

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK *PRECIPITATED CALCIUM  
CARBONATE* (PCC) UNTUK INDUSTRI FARMASI DAN  
MAKANAN DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000  
TON/TAHUN**



**HANI ANGGRAINI HUTAGAOL**

**1710017411026**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

**UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**AGUSTUS 2021**

## INTISARI

Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan dirancang dengan kapasitas produksi 100.000 Ton/Tahun. Pendirian pabrik PCC ini akan didirikan di Jl. By Pass, Batipuh Panjang, Padang, Sumatera Barat. Dasar dari pemilihan lokasi ini adalah dari analisa *Strength, Weakness Opportunities, and Threat* (SWOT) dari berbagai aspek, yaitu ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, utilitas, dan iklim Pabrik ini beroperasi selama 330 hari per tahun. Dengan bantuan ekstrak lidah buaya jenis kristal PCC yang akan di produksi adalah kristal aragonit yang baik di aplikasikan pada industri farmasi maupun makanan dan juga pembuatan kertas dan industri manufaktur. Pembuatan PCC di produksi dengan proses karbonasi dengan mengontakan bahan baku dengan CO<sub>2</sub> untuk memproduksi PCC. Alir proses secara umum adalah Ca<sup>2+</sup> yang ada pada kapur tohor diekstrak dengan bantuan H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub> agar membentuk Ca(OH)<sub>2(aq)</sub> pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dan dilanjutkan dengan pengontakan CO<sub>2(g)</sub> dengan Ca(OH)<sub>2(aq)</sub> untuk membentuk PCC pada *Plug Flow Bubble Reactor* (PFBR) yang merupakan modifikasi jenis reaktor *Plug Flow Reactor* (PFR). Keuntungan dari pendirian pabrik ini adalah selain dapat menjadi keuntungan (*profit*) dengan penggunaan PCC sebagai *filler* diberbagai industri. Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan jumlah investasi sebesar US\$ 3.915.327 yang diperoleh dari pinjaman bank 50% dan modal sendiri 50%. Laju Pengembalian Modal (ROR) sebesar 59%, waktu pengembalian modal (POT) adalah 3 tahun dan Titik Impas (BEP) sebesar 38%.



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI - UNIVERSITAS BUNG HATTA  
Kampus III - Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK *PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE* (PCC)  
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**

**OLEH :**

Hani Anggraini Hutagaol  
(1710017411026)

Disetujui oleh :  
Pembimbing

**Ellyta Sari, S.T, M.T**

Diketahui oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan

Jurusan Teknik Kimia

Ketua



**Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T**

**Dr. Firdaus, S.T, M.T**

## KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera Bagi Kita Semua

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus, karena telah memberikan berkat dan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu, sehingga pada kesempatan ini penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pra Rancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate (PCC)* Untuk Industri Farmasi dan Makanan dengan Kapasitas Produksi 100.000 Ton/ Tahun.

Adapun tujuan penulisan Proposal Tugas Akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Pembuatan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang.
3. Ibu Ellyta Sari, S.T, M.T., selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian proposal tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang telah memberi dukungan moral dan material, serta selalu membimbing penulis baik secara lisan maupun tindakan, yang selalu menasihati penulis dan memberikan arahan – arahan semenjak masa kanak – kanak, hingga saat ini.
6. Kepada Eko Kurniawan Azwir selaku partner Tugas Akhir penulis. Berkat bantuan dan kerja kerasnya sehingga T.A ini dapat diselesaikan.
7. Rekan-rekan di Teknik Kimia 17 sekalian yang telah mendukung dan menyemangati penulis hingga saat ini, serta telah memberikan pelajaran –

pelajaran hidup besar dan pengalaman – pengalaman menarik yang akan selalu penulis kenang dari semester I hingga semester VIII ini.

8. Rekan-rekan di Teknik Kimia sekalian yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat atau hanya sekedar membagi canda dan tawa.
9. Kepada member BTS yang telah menyemangati penulis sampai saat ini.
10. Kepada SMANSA BDG angkatan 2014 yang telah memberikan pengalaman – pengalaman yang berkesan semasa masa SMA penulis dan telah membantu penulis dalam membentuk karakter diri hingga saat ini. Semoga teman – teman selalu sehat dan sukses selalu kedepannya kelak, serta dapat selalu memberikan manfaat kepada masyarakat.
11. Serta penulis berterimakasih kepada teman – teman yang tidak dapat penulis sebutkan sat per satu..

Penulis menyadari proposal tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca demi perbaikan proposal ini. Semoga proposal tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Terima Kasih.

Padang, Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>INTISARI .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Kapasitas .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Kebutuhan Pasar Indonesia dan ASEAN untuk Precipitated Calcium Carbonate (PCC) .....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	4
1.2.3 Kapasitas Minimum dari Pabrik yang Telah Berdiri .....	5
1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik PCC .....	5
<b>1.3 Lokasi Pabrik.....</b>	<b>6</b>
1.3.1 Alternatif Lokasi I (Burneh, Bangkalan, Jawa Timur) .....	6
1.3.2 Alternatif Lokasi II (Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat).....	9
1.3.3 Alternatif Lokasi III (Cilacap, Jawa Tengah) .....	12
1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik .....	15
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Tinjauan Umum.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Tinjauan Proses .....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Pembuatan PCC dari Batu Marmer (Sumber CaO) dan Ekstrak Lidah Buaya (Jimoh, 2017) .....	19
2.2.2 Pembuatan PCC dari Limbah Marmer (Sumber CaO) (Erdogan. N, 2017) .....	
2.2.3 Pembuatan PCC dari Steelmaking Slag (Teir, Sebastian, 2016) .....	21
2.2.4 Pemilihan Proses Perancangan Pabrik Precipitated Calcium Carbonate (PCC) .....	24
<b>2.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan .....</b>	<b>25</b>

2.3.1	Bahan Baku Utama Pembuatan <i>Precipitated Calcium Carbonate</i> (PCC) .....	25
2.3.2	Bahan Baku Pendukung .....	27
2.3.3	Produk .....	28
<b>2.4</b>	<b>Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....</b>	<b>29</b>
2.4.1	Bahan Baku .....	29
2.4.2	Produk .....	30
<b>BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES .....</b>		<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Deskripsi Proses dan Flowsheet .....</b>	<b>31</b>
3.1.1	Tahapan Proses.....	31
3.1.2	Blok Diagram .....	31
<b>3.2</b>	<b>Deskripsi Proses dan Flowsheet .....</b>	<b>33</b>
3.2.1	Deskripsi Proses .....	33
3.2.2	Flowsheet Proses Produksi.....	36
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI .....</b>		<b>37</b>
4.1	Neraca Massa .....	37
4.2	Neraca Energi.....	46
<b>BAB V UTILITAS.....</b>		<b>50</b>
5.1	Unit Penyediaan Listrik.....	50
5.2	Unit Pengadaan Air .....	50
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>		<b>63</b>
6.1	Spesifikasi Peralatan Utama.....	63
6.2	Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	73
<b>BAB VII TATA KETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP .....</b>		<b>81</b>
7.1	Tata Letak Pabrik .....	81
7.2	Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....	85
<b>BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>		<b>91</b>
8.1	Bentuk Perusahaan .....	91
8.2	Struktur Organisasi.....	91
8.3	Tugas dan Wewenang .....	93
8.4	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	97

8.5	Sistem Kerja .....	97
8.6	Jumlah Karyawan.....	98
8.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	99
<b>BAB IX ANALISA EKONOMI.....</b>		<b>102</b>
9.1	<i>Total Capital Investment</i> .....	102
9.2	Biaya Produksi ( <i>Total Production Cost</i> ).....	103
9.3	Harga Jual ( <i>Total Sales</i> ) .....	103
9.4	Tinjauan Kelayakan Pabrik .....	103
<b>BAB X TUGAS KHUSUS .....</b>		<b>106</b>
10.1	Pendahuluan .....	106
10.2	Ruang Lingkup Rancangan .....	107
10.3	Rancangan .....	107
<b>BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>144</b>
11.1	Kesimpulan .....	144
11.2	Saran.....	145
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Kebutuhan <i>Precipitated Calcium Carbonate</i> (PCC) di Indonesia .....	3
<b>Tabel 1.2</b> Data Kebutuhan PCC di Negara ASEAN .....	4
<b>Tabel 1.3</b> Data Ketersediaan Bahan Baku Batu Kapur di Indonesia.....	4
<b>Tabel 1.4</b> Data Ketersediaan Bahan Baku Karbon Dioksida di Indonesia.....	5
.....	
<b>Tabel 1.5</b> Data Ketersediaan Bahan Baku Lidah Buaya di Indonesia.....	5
<b>Tabel 1.6</b> Kapasitas Pabrik PCC yang telah berdiri di Dunia .....	5
<b>Tabel 1.7</b> Analisa SWOT daerah Burneh, Bangkalan, Jawa Timur.....	7
<b>Tabel 1.8</b> Analisa SWOT daerah Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat.....	10
<b>Tabel 1.9</b> Analisa SWOT daerah Cilacap, Jawa Tengah.....	13
<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan dari Tinjauan Proses .....	23
<b>Tabel 2.2</b> Data MSDS Kalsium Hidroksida (Kapur Tohor).....	25
<b>Tabel 2.3</b> Data MSDS Batu Kapur ( <i>Limestone</i> ).....	26
<b>Tabel 2.4</b> Data MSDS Magnesium Oksida .....	26
<b>Tabel 2.5</b> Data MSDS Silikon Monoksida .....	27
<b>Tabel 2.6</b> Data MSDS dari Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	27
<b>Tabel 2.7</b> Data Sifat Fisik dan Kimia Lidah Buaya.....	28
<b>Tabel 2.8</b> Data Sifat Fisik dan Kimia dari <i>Precipitated Calcium Carbonate</i> (PCC).....	28
<b>Tabel 2.9</b> Spesifikasi Kalsium Oksida (CaO) .....	29
<b>Tabel 2.10</b> Spesifikasi Lidah Buaya.....	29
<b>Tabel 2.11</b> Spesifikasi CO <sub>2</sub> .....	29
<b>Tabel 2.12</b> Spesifikasi PCC.....	30
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa Conveyor Belt Washing (CBW).....	38
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa Mixer Cutting Machine.....	39
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa Rotary vacuum Filter (RVF).....	39
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa Storage CaO .....	40
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa CSTR.....	41
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa Vibrating Screen.....	41

<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa PFBR.....	42
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa Filter Press (FP).....	43
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa Rotary Dryer .....	44
<b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa Ball Mill.....	45
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Massa Vibrating Screen 2 .....	45
<b>Tabel 4.12</b> Neraca Energi MCM .....	47
<b>Tabel 4.13</b> Neraca Energi Cooler .....	47
<b>Tabel 4.14</b> Neraca Energi CSTR .....	48
<b>Tabel 4.15</b> Neraca Energi PFBR .....	49
<b>Tabel 4.16</b> Neraca Energi Rotary Dryer.....	49
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Listrik.....	50
<b>Tabel 5.2</b> Kebutuhan Air Proses.....	50
<b>Tabel 5.3</b> Kebutuhan Air Sanitasi .....	51
<b>Tabel 5.4</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	51
<b>Tabel 5.5</b> Kebutuhan <i>Steam</i> .....	51
<b>Tabel 5.6</b> Total Kebutuhan Air.....	51
<b>Tabel 5.7</b> Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia.....	52
<b>Tabel 5.8</b> Persyaratan Air Umpan <i>Boiler</i> .....	56
<b>Tabel 5.9</b> Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada <i>Boiler</i> .....	58
<b>Tabel 5.10</b> Resin yang Digunakan .....	59
<b>Tabel 6.1</b> Spesifikasi <i>Continuous Washer Conveyor</i> .....	63
<b>Tabel 6.2</b> Spesifikasi <i>Mixer Cutting Machine</i> .....	63
<b>Tabel 6.3</b> Spesifikasi Pompa (P-1031) .....	64
<b>Tabel 6.4</b> Daya Pompa pada Peralatan Proses.....	64
<b>Tabel 6.5</b> Spesifikasi <i>Rotary Vacuum Filter</i> .....	65
<b>Tabel 6.6</b> Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> .....	65
<b>Tabel 6.7</b> Spesifikasi <i>Cooler (C-1071)</i> .....	66
<b>Tabel 6.8</b> Spesifikasi Gudang Penyimpanan CaO.....	66
<b>Tabel 6.9</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyour (SC-1091)</i> .....	67
<b>Tabel 6.10</b> Spesifikasi Penyimpanan CaO (ST-1062).....	68

<b>Tabel 6.11</b> Spesifikasi CSTR(R-2101).....	68
<b>Tabel 6.12</b> Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> (VS-2111) .....	69
<b>Tabel 6.13</b> Spesifikasi PFBR (R-2102).....	70
<b>Tabel 6.14</b> Spesifikasi <i>Storage PFBR</i> (ST-2063).....	70
<b>Tabel 6.15</b> <i>Filter Press</i> .....	71
<b>Tabel 6.16</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....	72
<b>Tabel 6.17</b> Spesifikasi <i>Ball Mill</i> (BM-3151).....	72
<b>Tabel 6.18</b> Spesifikasi Pompa Air Sungai.....	73
<b>Tabel 6.19</b> Daya Pompa pada Peralatan Utilitas .....	74
<b>Tabel 6.20</b> Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai (BP-1101).....	74
<b>Tabel 6.21</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum (TP-2201) .....	75
<b>Tabel 6.22</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor (TP-2202)	
<b>Tabel 6.23</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit (TP-2203) .....	75
<b>Tabel 6.24</b> Spesifikasi Unit Pengolahan <i>Raw Water</i> (BPR-2102) .....	75
<b>Tabel 6.25</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-2301).....	76
<b>Tabel 6.26</b> Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih (BP-2103)	
<b>Tabel 6.27</b> Spesifikasi <i>Softener Tank</i> (ST-3401) .....	78
<b>Tabel 6.28</b> Spesifikasi Tangki Air Demin (TD-3501).....	78
<b>Tabel 6.29</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-3601).....	79
<b>Tabel 6.30</b> Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-3701) .....	79
<b>Tabel 6.31</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-3801).....	80
<b>Tabel 8.1</b> Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i> .....	98
<b>Tabel 8.2</b> Karyawan <i>Non Shift</i> .....	98
<b>Tabel 8.3</b> Karyawan <i>Shift</i> .....	99
<b>Tabel 9.1</b> Biaya Komponen TCI.....	103
<b>Tabel 9.2</b> Biaya Komponen <i>Manufacturing Cost</i> .....	103
<b>Tabel 9.3</b> Laba Kotor dan Laba Bersih.....	104
<b>Tabel 10.1</b> Pompa.....	140
<b>Tabel 10.2</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	141
<b>Tabel 10.3</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> .....	142
<b>Tabel 10.4</b> Spesifikasi PFBR (R-2102).....	142
<b>Tabel 10.5</b> <i>Vibrating Screen</i> .....	143

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Impor PCC dari Tahun 2014 hingga 2019.....	3
<b>Gambar 1.2</b> Burneh, Bangkalan, Jawa Timur .....	6
<b>Gambar 1.3</b> Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat .....	9
<b>Gambar 1.4</b> Cilacap, Jawa Tengah .....	12
<b>Gambar 2.1</b> PCC dengan Kristal Kalsit.....	17
<b>Gambar 2.2</b> PCC dengan Kristal Aragonit .....	18
<b>Gambar 2.3</b> PCC dengan Kristal Vaterit .....	18
<b>Gambar 2.4</b> Pembuatan PCC dari Batu Marmer (Sumber CaO) dan Ekstrak Lidah Buaya.....	19
<b>Gambar 2.5</b> Produksi PCC dari Limbah Produksi Marmer (Sumber CaO) .....	20
<b>Gambar 2.6</b> Produksi PCC dari Steelmaking Slag (Sumber CaO).....	21
<b>Gambar 2.7</b> Rancangan Blok Diagram Proses Pembuatan Pabrik PCC yang digunakan .....	24
<b>Gambar 3.1</b> Blok Diagram Proses Pembuatan PCC Untuk Industri Farmasi dan Makanan.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Flowsheet Produksi PCC Untuk Industri Farmasi dan Makanan ...	37
<b>Gambar 5.1</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi .....	53
<b>Gambar 5.2</b> Proses Pengolahan Raw Water .....	54
<b>Gambar 5.3</b> Lapisan Kerak pada Pipa .....	58
<b>Gambar 5.4</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Air Proses.....	58
<b>Gambar 7.1</b> Tata Letak Lingkungan Pabrik PCC.....	83
<b>Gambar 7.2</b> Tata Letak Alat Pabrik PCC.....	84
<b>Gambar 7.3</b> <i>Safety Helmet</i> .....	88
<b>Gambar 7.4</b> <i>Safety Belt</i> .....	89
<b>Gambar 7.5</b> <i>Boot</i> .....	89
<b>Gambar 7.6</b> <i>Safety Shoes</i> .....	89
<b>Gambar 7.7</b> <i>Safety Gloves</i> .....	89
<b>Gambar 7.8</b> <i>Ear Plug</i> .....	90
<b>Gambar 7.9</b> <i>Safety Glasses</i> .....	90
<b>Gambar 7.10</b> <i>Respirator</i> .....	90
<b>Gambar 7.11</b> <i>Face Shield</i> .....	90

<b>Gambar 7.12</b> <i>Rain Coat</i> .....	90
<b>Gambar 9.1</b> Grafik <i>Break Event Point (BEP)</i> .....	105
<b>Gambar 10.1</b> Pompa Sentrifugal.....	107
<b>Gambar 10.2</b> Screw Conveyor.....	117
<b>Gambar 10.3</b> <i>Cooler</i> .....	118
<b>Gambar 10.4</b> Plug Flow Bubble Reactor (PFBR).....	123
<b>Gambar 10.5</b> <i>Vibrating Screen</i> .....	130

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gas CO<sub>2</sub> merupakan salah satu gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer berkorelasi positif dengan peningkatan jumlah pembakaran bahan bakar fosil. Selain dihasilkan dari sektor transportasi, bahan bakar fosil juga dihasilkan oleh sektor industri. Indonesia, sebagai salah satu negara berkembang di dunia, memiliki tingkat emisi karbon dioksida yang tinggi dengan angka 1.515.949 MT pada tahun 2016 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017). Dengan emisi karbon dioksida yang tinggi ini, pemanfaatan limbah CO<sub>2</sub> dapat digunakan dalam pembuatan PCC dan akan menjadi salah satu upaya dalam memanfaatkan karbon dioksida yang dapat berbahaya bagi manusia dan dapat mengurangi laju pemanasan global (*global warming*).

Seluruh industri yang berpotensi menjadi mangsa pasar PCC seperti industri kertas, cat, polimer, makanan dan minuman, serta farmasi kerap mengalami pertumbuhan. Berdasarkan kajian, sampai tahun 2022, rata-rata pertumbuhan industri tersebut sekitar 3,4% per tahun (Badan Pusat Statistik, 2019). Kebutuhan PCC di Indonesia sedikit terpenuhi dengan adanya produksi PCC dalam negeri yang hanya dapat memenuhi kebutuhan di industri kertas sedangkan sebagian besar industri seperti pada industri farmasi dan makanan masih mengandalkan impor dari luar negeri.

*Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) merupakan senyawa kimia rumus CaCO<sub>3</sub> yang digunakan sebagai *filler* atau bahan pencampur pada berbagai perindustrian. Bentuk kristal PCC yang berbeda dari jenis kalsium karbonat lainnya menjadikan sifat fisik pada PCC juga berbeda, seperti densitas, luas permukaan, dan kemampuan absorpsinya. Berbeda dengan jenis kalsium karbonat lainnya, PCC memiliki harga yang lebih tinggi dikarenakan tingkat kemurnian yang tinggi dan ukuran partikel PCC yang kecil (skala mikro) dan sangat halus. Dengan keistimewaan karakteristik yang dimilikinya, pemakaian PCC dalam industri menjadi semakin luas. Salah satunya PCC telah digunakan sebagai aditif pada

makanan dan obat-obatan seperti suplemen kalsium, pengobatan osteoporosis, dan pengobatan pasien gagal ginjal. Ukuran partikel  $\text{CaCO}_3$  yang kecil akan meningkatkan penyerapan beberapa mineral, meningkatkan retensi kalsium dan kekuatan tulang (Elble et al., 2013).

Selain gas  $\text{CO}_2$  bahan baku utama yang diperlukan dalam pembuatan PCC berupa batuan karbonat atau biasa disebut sebagai batu kapur yang nantinya akan di olah menjadi kapur tohor atau batu kapur yang telah terkalsinasi, dengan rumus senyawa  $\text{CaO}$ . Potensi batu kapur di Indonesia sangat besar dan hampir merata di seluruh Indonesia mencapai 28,678 milyar ton, sebagian besar cadangan batu kapur berada di Sumatera Barat dengan kisaran cadangan 23,23 milyar ton atau hampir 81,02% (Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Pertambangan, 2017).

Selain batu kapur dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), bahan baku lainnya yang diperlukan adalah lidah buaya. Lidah buaya digunakan sebagai aditif diindustri kosmetik maupun farmasi. Ekstrak lidah buaya berfungsi untuk untuk mengendalikan morfologi PCC, menghilangkan efek toksik pada PCC serta meningkatkan kelarutan  $\text{CaO}$  dalam air, sehingga didapatkan PCC yang berkualitas tinggi dengan menghasilkan bentuk kristal PCC yaitu kalsit dan aragonit (Jimoh et al., 2019).

Oleh sebab itu, dikembangkan metode yang lebih efisien dengan tidak menggunakan bahan kimia yang berbahaya dan ramah lingkungan dengan adanya penambahan ekstrak lidah buaya, sehingga mendapatkan bentuk kristal PCC yang diinginkan serta memiliki tingkat kemurnian yang tinggi sehingga aman digunakan diindustri makanan dan farmasi.

Selain itu pendirian pabrik PCC ini juga mampu membuka lapangan pekerjaan untuk mengurangi angka pengangguran di Indonesia yang mencapai 6,88 juta jiwa pada bulan Februari tahun 2020 (Badan Pusat Statistik), yang mana dengan pendirian pabrik PCC ini dapat meningkatkan kondisi ekonomi masyarakat di Indonesia.

## **1.2 Kapasitas**

Pada penentuan kapasitas produksi untuk pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC), terdapat beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan.

Pertimbangan ini meliputi kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas minimum dari pabrik yang telah ada.

### 1.2.1 Kebutuhan Pasar Indonesia dan ASEAN untuk *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)

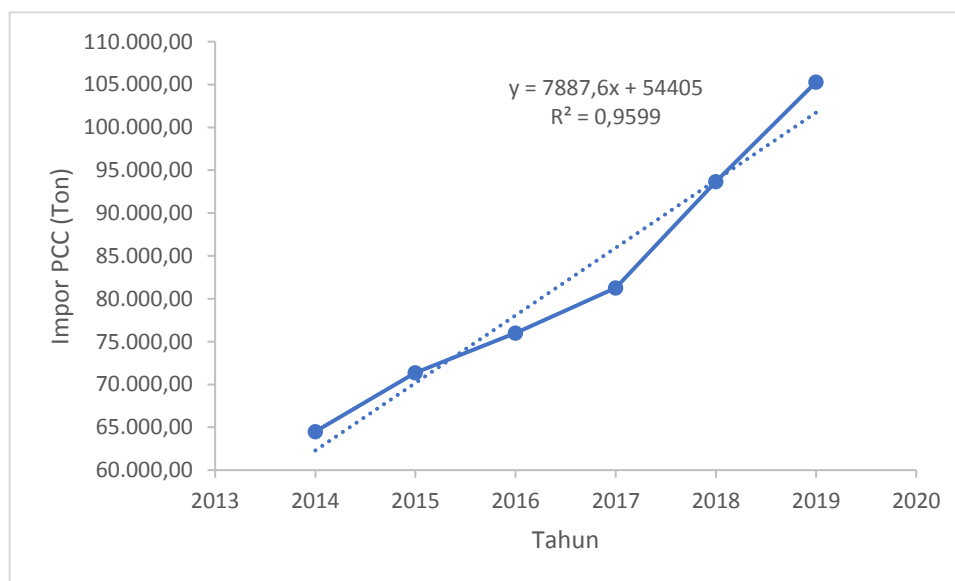
Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Ekonomi dan Perdagangan di dapatkan data kebutuhan PCC di Indonesia, dimana setiap tahun mengalami peningkatan dikarenakan kebutuhan yang besar. Kebutuhan PCC di Indonesia setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Kebutuhan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) di Indonesia

Kebutuhan <i>Precipitated Calcium Carbonate</i> (PCC) di Indonesia (Ton/Tahun)	Tahun
64.505,24	2014
71.368,55	2015
75.991,07	2016
81.255,23	2017
93.654,88	2018
105.293,65	2019

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Ekonomi dan Perdagangan Indonesia

Pada Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa kebutuhan PCC di Indonesia mulai dari tahun 2014 sampai 2019 setiap tahun mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dari data diatas, didapatkan grafik regresi linear yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Impor PCC dari Tahun 2014 hingga 2019



Dari Gambar 1.1 didapatkan persamaan regresi linear  $y = 7887,6x + 54405$  dimana “x” adalah tahun. Pabrik akan didirikan pada tahun 2026, maka didapatkan kebutuhan impor PCC di Indonesia pada tahun 2026 adalah 149.056,20 Ton.

Selain mengetahui kebutuhan Indonesia akan PCC, mengetahui kebutuhan PCC di negara-negara *Association of Southeast Asian Nations* (ASEAN) juga dapat mengetahui konsumen luar negeri terhadap PCC yang akan di produksi. Kebutuhan PCC dari berbagai negara di ASEAN dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Data Kebutuhan PCC di Negara ASEAN

No.	Negara	Kebutuhan ASEAN akan PCC (Ton)	
		2018	2019
1.	Indonesia	93.654,88	105.293,65
2.	Myanmar	58.079,14	65.599,23
3.	Philipina	48.503,65	49.323,17
4.	Singapura	30.652	32.638,48
5.	Malaysia	27.940,12	37.078,95

Sumber: UN Comtrade

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pada perancangan pabrik PCC ini, terdapat tiga bahan baku utama yang digunakan, yang pertama adalah kapur tohor (CaO) yang merupakan hasil olahan batu kapur yang ketersediaannya melimpah di Indonesia, yang kedua adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan yang ketiga adalah Lidah Buaya yang ketersediaannya juga melimpah di indonesia. Untuk data daerah penghasil kapur tohor (CaO) di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Data Ketersediaan Bahan Baku Batu Kapur di Indonesia

No.	Daerah	Ketersedian Bahan Baku (Ton)
1.	Sumatera Barat	12.191.000
2.	Jawa Timur	29.117,73
3.	Jawa Tengah	42.000

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Pertanian dan Pertambangan

Ketersediaan bahan baku karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) didapatkan dari pabrik-pabrik yang menghasilkan CO<sub>2</sub> di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Data Ketersediaan Bahan Baku Karbon Dioksida di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Wilayah	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	PT Semen Padang	Sumatera Barat	920.000
2.	PT. Petrokimia Gresik	Jawa Timur	172.180
3.	PT. Pertamina RU IV Cilacap	Jawa Tengah	84.900

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Pertanian dan Pertambangan

Sedangkan untuk ketersediaan bahan baku lidah buaya yang ada di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Data Ketersediaan Bahan Baku Lidah Buaya di Indonesia

No.	Daerah	Ketersediaan Bahan Baku (Ton)
1.	Pontianak	9.219,481
2.	DIY	149,4
3.	Jawa Timur	132,85
4.	Sumatera Barat	3.644

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Pertanian dan Hortikultular

### 1.2.3 Kapasitas Minimum dari Pabrik yang Telah Berdiri

Dalam penentuan kapasitas pabrik, hal penting yang harus di perhatikan selain ketersediaan bahan baku dan kebutuhan pasar adalah kapasitas pabrik yang telah ada, baik di dalam negeri maupun diluar negeri. Hal ini guna untuk memperkirakan kapasitas pendirian pabrik agar tidak terlalu jauh berbeda dari kapasitas pabrik yang telah ada. Kapasitas pabrik dapat dilihat pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Kapasitas Pabrik PCC yang telah berdiri di Dunia

No	Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Omya Indonesia	Indonesia	36.000
2.	Guangzhou Billion Peak Chemical Technology Co., Ltd	China	250.000
3.	PT. Bumi Kencana Chemical Industry	Indonesia	24.000

Sumber: Alibaba.com

### 1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik PCC

Dengan mempertimbangkan kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang telah berdiri, di dapatkan kesimpulan bahwa di Indonesia

kapasitas produksi pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) yang ideal adalah 100.000 Ton/Tahun.

### 1.3 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting. Dalam pemilihan lokasi pabrik digunakan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities* dan *Threat*) yang akan disusun dalam bentuk tabel sebagai acuannya.

#### 1.3.1 Alternatif Lokasi I (Burneh, Bangkalan, Jawa Timur)

Burneh merupakan kawasan yang terletak di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur, yang dapat dilihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Burneh, Bangkalan, Jawa Timur  
Sumber : maps.google.com

Analisa SWOT lokasi Burneh, Bangkalan, Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 1.7.

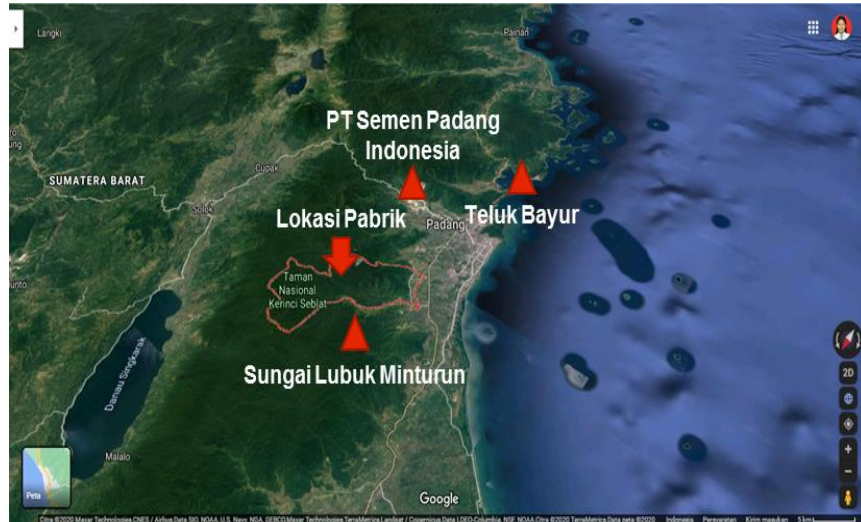
Tabel 1.7 Analisa SWOT daerah Burneh, Bangkalan, Jawa Timur

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
Lokasi 1 (Burneh, Bangkalan, Jawa Timur)	• Bahan baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan penyedia bahan baku :               <ol style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> yang didapat dari PT. Petrokimia Gresik dengan potensi 172.180 ton</li> <li>Bahan baku batu kapur/ Kapur Tohor didapat dari Bukit Jaddih, Bangkalan, dengan potensi 29.117 ton</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarak pabrik dari pensuplai bahan baku CO<sub>2</sub> cukup jauh</li> <li>Kualitas CaO yang rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan baku CO<sub>2</sub> yang melimpah</li> <li>Dapat bekerja sama dengan PT Petrokimia Gresik dalam pemanfaatan gas buang CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempertahankan kualitas CaO</li> <li>Bekerja sama dengan pihak ketiga</li> </ul>
	• Pemasaran	Transportasi pemasaran melalui darat, dan laut. <ol style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan pelabuhan teluk lamong</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemasaran PCC dalam kota tidak terlalu menguntungkan, dikarenakan jumlah pabrik pengguna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kesempatan untuk memasarkan produk di pulau Jawa jadi lebih mudah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peningkatan pemasaran untuk ekspor maupun dalam negeri</li> </ul>

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
			bahan PCC yang tidak ada		
• Utilitas	• Terdapat sungai (Sungai Sbr. Pocong)	• Debit air sungai yang fluktuatif	• Listrik dapat diperoleh dengan menggunakan tenaga turbin	• Potensi tercemarnya air sungai disekitar.	
• Tenaga Kerja	• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar.	• Ketersediaan tenaga kerja dalam negeri yang sedikit, dikarenakan telah banyak terbagi ke pabrik lainnya yang ada di kota Surabaya dan Gresik	• Tersedia rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik.	• Perusahaan yang lebih mapan bisa menawarkan gaji yang lebih tinggi.	
• Kondisi Daerah	• Tempat bangun pabrik tersedia luas.	• Curah hujan yang tinggi	• Jauh dari keramaian kota	• Persaingan dengan pabrik yang lain	

### 1.3.2 Alternatif Lokasi II (Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat)

Lubuk Minturun, Koto Tangah, merupakan kawasan yang terletak di Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia, dapat dilihat pada Gambar 1.3.



**Gambar 1.3** Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat

Sumber : maps.google.com

Analisa SWOT lokasi Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Analisa SWOT daerah Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
Lokasi 2 (Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat)	• Bahan baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyedia bahan baku batu kapur terbesar berada di Sumatera barat Dengan produksi batu kapur mencapai 10 juta ton</li> <li>• Gas CO<sub>2</sub> yang didapat dari PT. Semen Padang</li> <li>• Hasil panen lidah buaya banyak terdapat di Kab. Padang Pariaman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebahagian besar batu kapur berada di bawah monopoli P.T Semen Padang</li> <li>• Kualitas CaO masih rendah yang disebabkan oleh tambang konvensional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bisa menggunakan alternatif batu kapur yang terdapat di padang panjang, solok, dan daerah sekitar kota padang , dengan potensi batu kapur rata-rata mencapai 5 juta ton lebih</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekerja sama dengan pihak ke tiga</li> <li>• Meningkatkan dan menjaga kualitas dari CaO yang berasal dari tambang konvensional</li> </ul>
	• Pemasaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportasi pemasaran melalui darat, udara, dan laut.</li> <li>• Transportasi laut bisa melalui Pelabuhan Teluk Bayu dengan jarak 18 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasaran PCC dalam kota tidak terlalu menguntungkan, dikarenakan jumlah pabrik pengguna bahan PCC yang tidak ada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat memfokuskan pemasaran pada tingkatan ekspor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan pemasaran untuk ekspor luar negeri maupun dalam negeri</li> </ul>

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
• Utilitas	• Terdapat sungai yang besar disekitar lokasi ( sungai lumin )	• Kualitas air yang rendah	• Arus air sungai lumin	• Meminimalisir pencemaran pada air sungai	
	• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar. • Dapat diperoleh dari mahasiswa universitas yang ada di kota Padang	• Kualitas masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja dengan <i>grade</i> masih minim	• Tersedia rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik.	• Menarik perhatian calon pegawai yang cenderung mendaftar ke perusahaan BUMN daerah seperti P.T Semen Padang	
	• Tempat bangun pabrik tersedia luas.	• Daerah yang rawan oleh gempa bumi	• Jauh dari keramaian kota sehingga pencemaran udara ke masyarakat dapat di minimalisir	• Pendirian pabrik yang harus ekstra teliti dan tangguh untuk mencegah kerusakan parah jika sewaktu – waktu terjadi gempa bumi	



### 1.3.3 Alternatif Lokasi III (Cilacap, Jawa Tengah)

Cilacap terletak di Jawa Tengah. Cilacap sendiri dapat dilihat pada Gambar 1.4.



**Gambar 1.4** Cilacap, Jawa Tengah

Sumber : maps.google.com

Analisa SWOT lokasi Cilacap, Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Analisa SWOT daerah Cilacap, Jawa Tengah

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
Lokasi 3 (Cilacap, Jawa Tengah)	• Bahan baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan bahan baku gas CO<sub>2</sub>, dan tidak mengeluarkan biaya dalam pembelian CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jauh dari bahan baku batu kapur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribusi CO<sub>2</sub> bisa lebih hemat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu membangun jalur pipa untuk bahan baku CO<sub>2</sub></li> <li>Mempertahankan ketersediaan bahan baku di lokasi industri cilacap</li> </ul>
	• Pemasaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan pelabuhan teluk penyu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumen berada diluar kawasan industri cilacap,jawa tengah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjadi pabrik penyuplai terbesar untuk produk PCC di indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bekerja sama dengan pihak ketiga di bidang transportasi produk</li> </ul>
	• Utilitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan sungai Donan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kualitas air sungai donai masih rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bisa bekerja sama dengan PLN sekitar dalam <i>sector</i> penyediaan listrik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu pengolahan lebih untuk menghasilkan kualitas air sesuai standar industri</li> </ul>
	• Tenaga Kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu melakukan pelatihan bagi tenaga kerja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kemungkinan untuk mendapatkan pekerja-pekerja kompeten dari pulau jawa cukup besar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tingginya nilai upah tenaga kerja</li> </ul>

Alternatif Lokasi Pabrik	Variabel	Internal		Eksternal	
		<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
		(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kondisi Daerah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baik untuk penyimpanan produk PCC jangka panjang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curah hujan cukup tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kecepatan angin dapat dimanfaatkan dalam tenaga listrik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berdekatan dengan laut sehingga rawan bencana alam seperti tsunami</li> </ul>

#### 1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Dari ketiga data lokasi alternatif yang telah di jelaskan kelebihan dan kelemahannya masing – masing melalui analisa SWOT, maka di putuskan bahwa untuk pendirian pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) akan didirikan di Lubuk Minturun, Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat. Hal ini mengacu dengan kapasitas bahan baku yang besar dan diikuti oleh hasil analisa SWOT yang mendukung di lokasi tersebut yaitu:

- Sumber bahan baku CO<sub>2</sub> didapat dari PT. Semen Padang dengan emisi 920.000 ton/tahun pada tahun 2019
- Bahan baku CaO dekat dengan lokasi yang akan didirikan
- Memiliki lahan pertanian lidah buaya dekat dengan pabrik
- Transportasi laut bisa melalui Pelabuhan Teluk Bayur
- Terdapat sungai di dekat pabrik (Terdapat Sungai Lumin)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

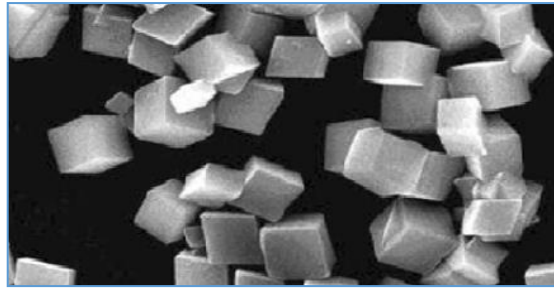
#### **2.1 Tinjauan Umum**

PCC berasal dari batuan kapur dengan 50% komposisinya berasal dari mineral karbonat (Jimoh et al., 2017). *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. PCC banyak digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) di industri-industri kimia seperti industri kertas, cat, dan farmasi dan juga pasta gigi. Untuk menutupi kebutuhan PCC yang meningkat tiap tahunnya, Indonesia mengimpor PCC dalam jumlah yang cukup besar. Ini adalah suatu hal yang memprihatinkan mengingat Indonesia merupakan penghasil batu kapur yang sangat potensial dengan kandungan CaO lebih dari 50%, dan saat ini hanya dimanfaatkan untuk industri pembuatan semen dan pupuk. Peningkatan pemanfaatan CaO untuk PCC dengan mereaksikan dengan CO<sub>2</sub>, merupakan prospek yang menjanjikan dimasa yang akan datang.

Penelitian tentang pembuatan PCC ini telah banyak dilakukan, namun pada penelitian sebelumnya banyak menggunakan teknologi yang kurang praktis dan efisien serta terdapat banyak menggunakan zat atau bahan kimia yang hasil akhirnya dapat menjadi racun bagi penggunaannya, sehingga tidak dapat digunakan pada industri makanan dan farmasi. Oleh sebab itu, dikembangkan metode yang lebih efisien, murah, tidak menggunakan bahan kimia yang berbahaya dan ramah lingkungan dengan penambahan ekstrak lidah buaya untuk meningkatkan kelarutan CaO didalam air dan juga sebagai agent pengubah bentuk kristal (morfologi) dan ukuran partikel PCC sehingga mendapatkan bentuk kristal PCC yang diinginkan serta memiliki tingkat kemurnian yang tinggi sehingga aman digunakan diindustri makanan dan farmasi.

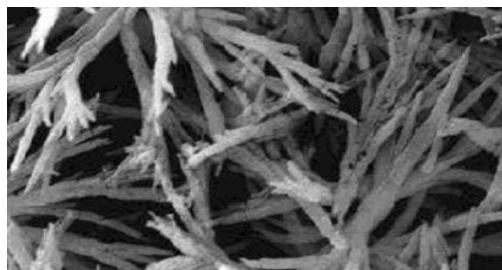
Ekstrak lidah buaya memiliki gel *mucilaginous* dengan antiprotozoal, anti inflamasi, pelindung UV, dan sifat imunomodulator (Huang et al., 2007). Sifat menyusut dari lidah buaya dapat mempengaruhi ukuran partikel PCC dan membatasi ukurannya hingga rentang nanometrik.

PCC mempunyai tiga poliform yaitu kalsit, vaterit, dan aragonit. Masing-masing morfologi mempunyai sifat yang berbeda. PCC dengan kristal kalsit merupakan yang paling efisien, *non-toxic*, dan memiliki kestabilan pada nilai termodinamikanya dibandingkan PCC jenis kristal lainnya (Jimoh et al., 2017). Akan tetapi, jenis kristal PCC ini memiliki fase terlarut pada rentang temperatur 0 dan 90<sup>0</sup>C di banding jenis kristal lainnya. Jenis ini digunakan sebagai *filler* atau bahan tambahan pada plastik, dimana PCC jenis kalsit ini mampu untuk mereduksi energi permukaan. PCC berjenis kalsit ini banyak digunakan di perindustrian di karenakan hasil akhir yang di dihasilkan lebih mengkilap dan lebih bagus. Kristal PCC kalsit ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



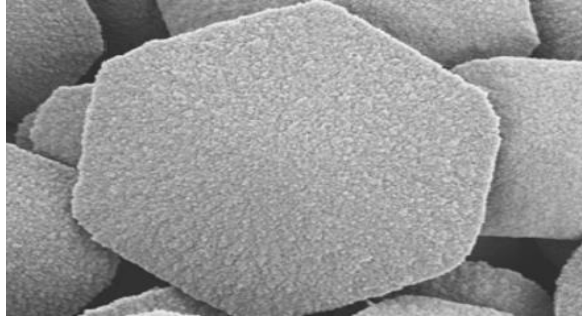
**Gambar 2.1** PCC dengan Kristal Kalsit  
Sumber : Jimoh et.al, 2017

PCC berjenis kristal aragonit merupakan jenis PCC yang memiliki tingkat stabilitas termodinamika yang stabil pada rentang temperatur tertentu. Struktur aragonit berbentuk jarum-jarum dan ukurannya lebih kecil daripada kalsit dan vaterit. Jenis ini memiliki indeks refraksi yang sedikit lebih baik dari PCC berjenis kalsit. Hal ini menjadikan PCC dengan kristal arganit menjadi *filler* yang lebih baik dibanding dengan PCC dengan kristal kalsit (Jimoh et al., 2017). Kristal PCC dengan jenis aragonit ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** PCC dengan Kristal Aragonit  
Sumber : Jimoh et.al, 2017

PCC dengan jenis kristal vaterit merupakan jenis PCC yang paling tidak stabil secara termodinamika. Pada keadaan standar dan tergantung pada kondisi geografisnya, vaterit akan berubah menjadi kalsit sampai kristal vateritnya menghilang. Bentuk kristal PCC vaterit dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** PCC dengan Kristal Vaterit  
Sumber : Jimoh et al, 2017

Pada produksi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) di perlukan bahan baku berupa kapur tohor ( $\text{CaO}$ ), dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Serta dalam beberapa metode digunakan pelarut yang berguna untuk meningkatkan kelarutan kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) agar di dapatkan hasil PCC yang optimal.

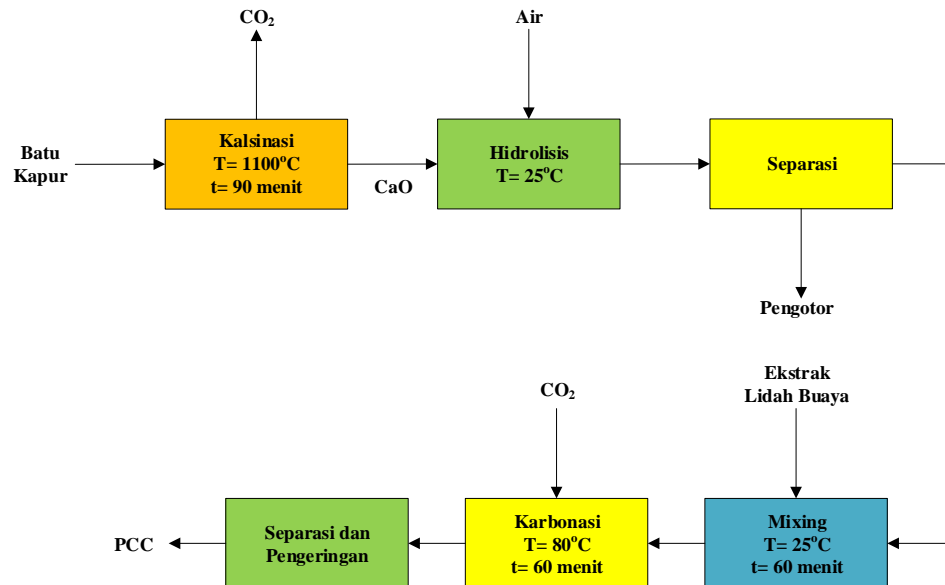
## **2.2 Tinjauan Proses**

Pemilihan proses dalam perancangan pabrik PCC sangatlah penting. Hal ini akan berdampak pada ke optimalan produksi PCC ini, serta dapat menghemat pengeluaran modal yang dikeluarkan.

Sebelum menentukan pilihan proses yang akan di implementasikan pada pendirian pabrik PCC, mempelajari proses-proses yang telah ada merupakan hal yang sangat penting. Proses-proses tersebut memiliki ke unggulan serta kelemahannya masing-masing, begitu juga dengan kecocokan pada pabrik PCC yang akan didirikan.

### **2.2.1 Pembuatan PCC dari Batu Marmer (Sumber $\text{CaO}$ ) dan Ekstrak Lidah Buaya (Jimoh, 2017)**

Pada proses ini pembuatan PCC dengan bahan baku batu marmer dan menggunakan ekstrak lidah buaya sebagai pelarutnya. Blok diagram proses ini pada tekanan 1 atm dapat dilihat pada Gambar 2.4.



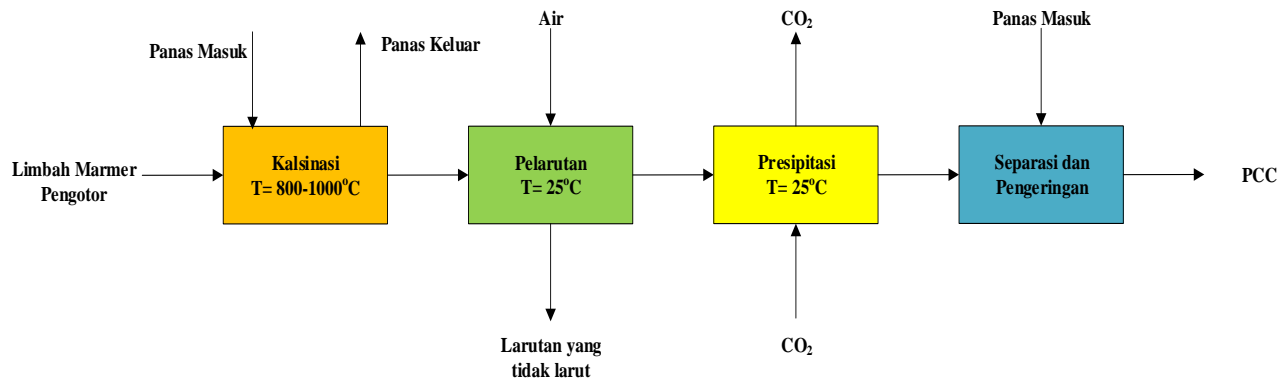
**Gambar 2.4** Pembuatan PCC dari Batu Marmer (Sumber CaO) dan Ekstrak Lidah Buaya  
Sumber: Jimoh et al, 2017

Pada Gambar 2.4 diketahui memiliki lima langkah utama yang digunakan dalam produksi PCC ini. Pertama batu marmer dikalsinasi dengan suhu  $1100^{\circ}\text{C}$  selama 90 menit lalu CaO yang didapatkan dihidrolisis dengan air dan didapatkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Setelah itu dilakukan separasi untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada larutan (*slurry*) tersebut. Selanjutnya larutan tersebut kemudian dicampurkan dengan ekstrak lidah buaya pada suhu ruangan. Disini, terdapat dua parameter temperatur yang digunakan, tergantung pada jenis PCC apa yang akan di produksi. Untuk memproduksi PCC dengan struktur kristal kalsit, digunakan karbonasi pada temperatur  $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk membentuk aragonit digunakan temperatur  $60\text{-}80^{\circ}\text{C}$ . Pada proses ini didapatkan jenis PCC kalsit dan aragonit dengan konversi sebesar 99%.

### 2.2.2 Pembuatan PCC dari Limbah Marmer (Sumber CaO) (Erdogan. N, 2017)

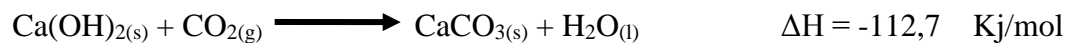
Pada proses kedua ini digunakan limbah bubuk marmer sebagai bahan bakunya. Pada proses ini, tidak digunakan pelarut khusus seperti garam ammonium. Blok diagram prosesnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.





**Gambar 2.5** Produksi PCC dari Limbah Produksi Marmer (Sumber CaO)  
Sumber : Erdogan. N, 2017

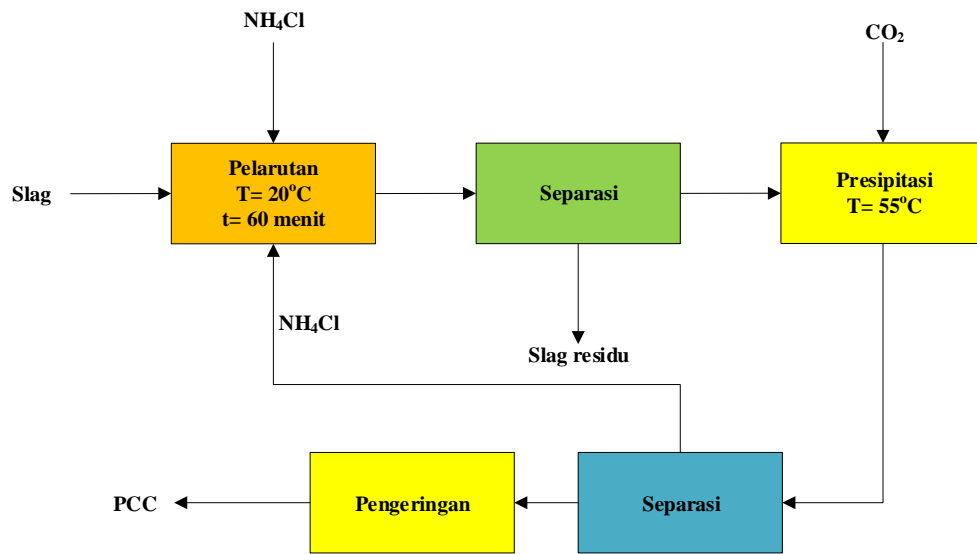
Pada Gambar 2.5 diketahui juga bahwa terdapat empat proses utama dalam pembuatan PCC dari limbah marmer ini. Disini data penting yang dapat diketahui adalah temperatur pada pelarutan dan pretisipasi yang sama yakni sekitar 25<sup>0</sup>C, dimana hasil produksi dari proses ini adalah jenis PCC berkrystal kalsit. Reaksi yang terjadi adalah



Hal lainnya yang berbeda disini adalah keutamaan pH untuk mendapatkan waktu presipitasi yang sempurna, dimana pH awal larutan Ca(OH)<sub>2</sub> yang memasuki reaktor PCC adalah 12,5 yang akan turun menjadi 8 pada saat proses pretisipasi telah selesai. Hasil yang didapat pun pada proses kedua ini adalah konversi CaCO<sub>3</sub> (PCC) yang mencapai 92,5 %.

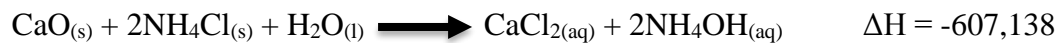
### 2.2.3 Pembuatan PCC dari *Steelmaking Slag* (Sumber CaO) (Teir, Sebastian, 2016)

Pada proses ketiga ini bahan baku yang digunakan yaitu *steelmaking slag*. Pelarut yang digunakan yaitu larutan Ammonium Klorida (NH<sub>4</sub>Cl), fungsi ammonium klorida untuk mengekstrak kalsium (Ca) yang terkandung di dalam bahan baku (*steelmaking slag*). Alasan *steelmaking slag* dapat atau bias dijadikan bahan baku pembuatan PCC yaitu kandungan kalsium (Ca) yang terdapat pada *steelmaking slag* cukup tinggi yaitu 51,4% (Sebastian-dkk,2016). Sehingga *steelmaking slag* berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan PCC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada blok diagram pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Produksi PCC dari Steelmaking Slag (Sumber CaO)  
Sumber : Teir, 2016

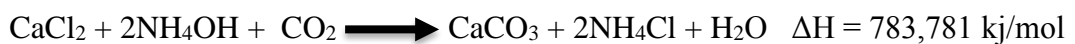
Pada Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa proses pembuatan PCC dimulai dengan persiapan bahan baku yaitu *steelmaking slag* dan pelarut ammonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). *Steelmaking slag* diekstraksi dengan pelarut  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di dalam ekstraktor dengan temperatur  $20^\circ\text{C}$  selama 60 menit. Untuk memperluas kontak antara bahan baku dengan pelarut digunakan pengaduk dengan kecepatan putar 200 rpm. Pelarut  $\text{NH}_4\text{Cl}$  mengekstrak kalsium yang ada pada bahan baku dengan



reaksi sebagai berikut:

Setelah dilakukan proses ekstraksi selama satu jam, produk atau hasil keluaran dari ekstraktor berupa *slurry*. *Slurry* kemudian dipompakan menuju tahap filtrasi, untuk memisahkan padatan dan bahan yang tidak ikut bereaksi sehingga didapatkan larutan kalsium yang masih tercampur dengan pelarut ammonium klorida. Filter yang digunakan yaitu dengan ukuran  $1 \mu\text{m}$  sehingga untuk memaksimalkan filtrasi sehingga tidak ada padatan yang lolos tersaring. Setelah proses penyaringan selesai, larutan kalsium yang bercampur dengan pelarut dipompakan ke tangki penampung, untuk penampung sementara sebelum masuk ke proses selanjutnya.

*Slurry* yang sudah bebas dari padatan dan material yang tidak bereaksi dipompakan menuju reaktor karbonasi. Pada reaktor ini *slurry* akan dikontakkan dengan gas karbon dioksida. Proses pengontakan *slurry* dengan gas karbon dioksida dilakukan selama satu jam dengan temperatur  $20^\circ\text{C}$  dan  $55^\circ\text{C}$ . Fungsi temperatur pada tahap karbonasi ini yaitu untuk menghasilkan produk PCC yang diinginkan. Untuk menghasilkan PCC jenis calcite temperatur yang digunakan yaitu  $20^\circ\text{C}$ , sedangkan untuk menghasilkan PCC jenis aragonite temperatur yang digunakan yaitu  $55^\circ\text{C}$ . Reaksi yang terjadi didalam reaktor karbonasi sebagai



berikut :

Setelah satu jam bereaksi hasil dari karbonasi dipompakan ke filtrasi, untuk memisahkan  $\text{CaCO}_3$  (PCC) dari pelarut. PCC yang tersaring masuk ke tahap pengeringan. Tujuan pengeringan ini untuk menghasilkan bubuk atau kristal PCC.

Sedangkan pelarut dari filter 2 di *recycle* kembali tahap ekstraksi supaya penggunaan ammonium klorida lebih hemat.

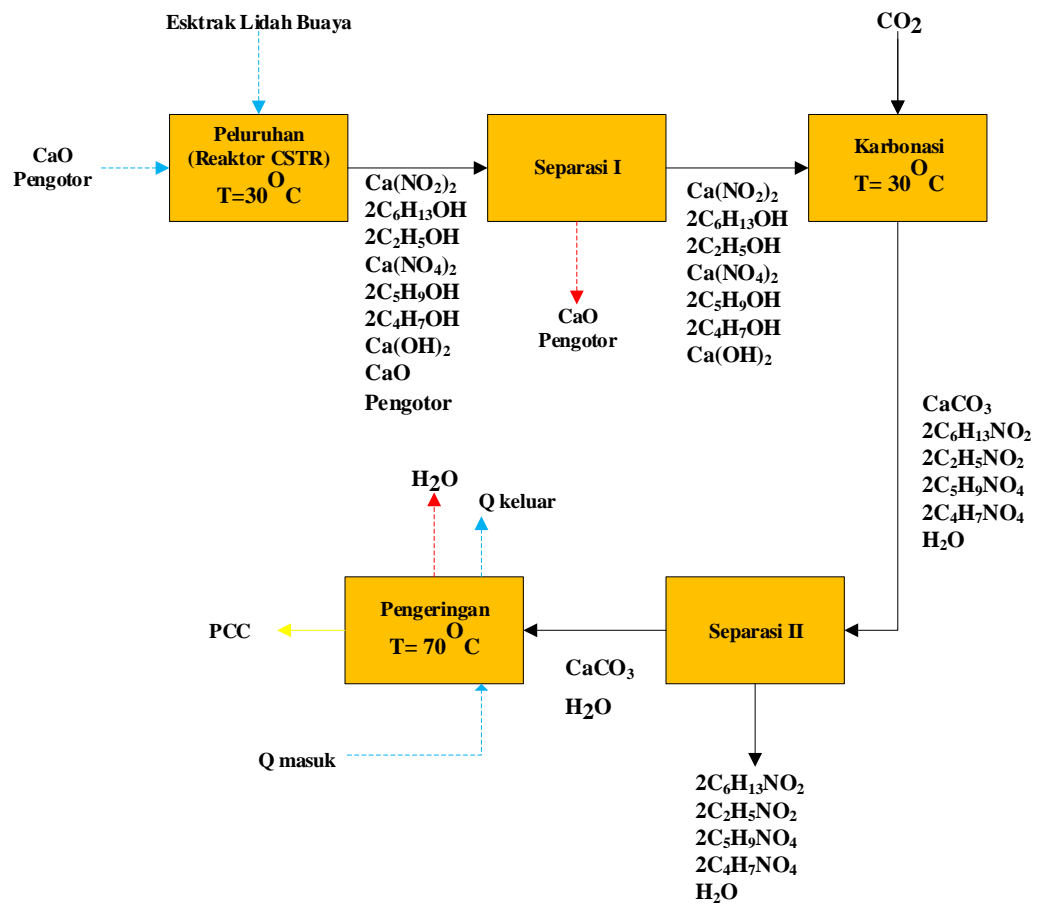
#### 2.2.4 Pemilihan Proses Perancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)

Setelah meninjau beberapa proses yang telah ada didapatkan perbandingan antar proses yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Perbandingan dari Tinjauan Proses

No	Nama Proses	Temperatur Proses (°C)	Perbedaan Antar Proses	Jenis PCC	Konversi PCC yang Dihasilkan (%)
1.	Onimisi A. Jimoh, et al, 2017	20-30 Atau 60-80	Adanya tahap pemurnian	Kalsit Aragonit	99
2.	Erdogan. N, et al, 2017	25	Tidak ada tahap recycle	Kalsit	92,5
3.	Tier, et al, 2016	30	Adanya tahap recycle	Kalsit Aragonit	81,2

Setelah mempelajari dan membandingkan ketiga proses diatas, maka diputuskan untuk menggunakan proses I (Onimisi A. Jimoh, et al, 2017) sebagai acuan dalam merancang pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC), dengan rancangan blok diagram yang akan digunakan pada tekanan 1 atm dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Rancangan Blok Diagram Proses Pembuatan Pabrik PCC yang digunakan

Gambar 2.7 merupakan blok diagram yang digunakan dalam perancangan pabrik PCC. Blok diagram tersebut bereferensi pada proses 3 dimana pelarut yang digunakan adalah ekstrak lidah buaya. Alasan pemilihan tersebut karena tidak menggunakan bahan kimia yang berbahaya dan ramah lingkungan dengan adanya penambahan ekstrak lidah buaya serta kemampuan kandungan lidah buaya dalam pembuatan PCC pada ukuran kristal dan jenis kristal yang dihasilkan sehingga mendapatkan produk PCC yang memiliki tingkat kemurnian yang tinggi sehingga aman digunakan diindustri makanan dan farmasi.

Disamping itu temperatur yang digunakan adalah  $25\text{-}30^\circ\text{C}$  dengan dasar penggunaan energi yang tidak terlalu besar, sehingga penghematan menjadi lebih baik.

### 2.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan

Dari proses yang telah dipilih, didapatkan bahan-bahan baku yang diperlukan dalam pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC), yang harus diketahui lebih lanjut sifat fisik dan kimianya guna sebagai peringatan keamanan dan agar mengetahui perlakuan apa yang sebaiknya digunakan dalam menangani bahan baku tersebut.

#### 2.3.1 Bahan Baku Utama Pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)

Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) adalah Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) yang dapat di peroleh dari kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) yang merupakan hasil pengolahan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). Secara umum, komposisi batu kapur tidak hanya terdiri dari  $\text{CaO}$  dan  $\text{CaCO}_3$  saja, akan tetapi juga terdapat senyawa lainnya seperti  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam jumlah kecil.

##### a. Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ).

Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) merupakan hasil olahan dari batu kapur (*limestone*) yang telah di kalsinasi dan biasa disebut sebagai kapur tohor. Berikut merupakan sifat fisik dan kimia kapur tohor menurut MSDS yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Data MSDS Kalsium Hidroksida (Kapur Tohor)

Variabel	Nilai	Satuan
Rumus Kimia	$\text{CaO}$	
Berat Molekul	56,08	g/mol
Fasa	Padat (Bubuk)	
Bau	Tidak berbau	
pH	12,5	
Titik Lebur	2572	$^{\circ}\text{C}$
Titik Didih	2850	$^{\circ}\text{C}$
Kelarutan	Bereaksi dengan air	
Warna	Putih	
Entalphy ( $\Delta\text{H}$ )	-635	kJ/mol
Entropy ( $\Delta\text{S}$ )	40	J/mol.K

Sumber : MSDS, 2018

##### b. $\text{CaCO}_3$ pada Batu Kapur (*Limestone*)

$\text{CaCO}_3$  merupakan senyawa yang biasa terdapat pada batu kapur dan merupakan bahan baku pembuatan kapur tohor untuk memproduksi PCC. Berikut

merupakan sifat fisik dan kimia batu kapur menurut MSDS yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Data MSDS Batu Kapur (*Limestone*)

Variabel	Nilai	Satuan
Rumus Kimia	CaCO <sub>3</sub>	
Berat Molekul	100,09	g/mol
Fasa	Padat	
Bau	Tidak berbau	
pH	7 – 9,5	
Titik Lebur	825	°C
Titik Didih	-	°C
Kelarutan	0,0013	g/L
Warna	Putih	
Entalphy ( $\Delta H$ )	-1207	kJ/mol
Entropy ( $\Delta S$ )	93	J/mol.K

Sumber : MSDS, 2018

#### c. Magnesium Oksida

Magnesium Oksida merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada batu kapur dengan jumlah yang sedikit. Jika kandungan Magnesium pada batuan karbonat tinggi maka batuan yang terbentuk adalah dolomit. Berikut merupakan sifat fisik dan kimia dari magnesium oksida menurut MSDS yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Data MSDS Magnesium Oksida

Variabel	Nilai	Satuan
Rumus Kimia	MgO	
Berat Molekul	40,30	g/mol
Fasa	Padat/Bubuk	
Bau	Tidak berbau	
pH	10,5 (50 g/L, T = 20°C)	
Titik Lebur	2803	°C
Titik Didih	3600	°C
Kelarutan	Tidak larut dalam air	g/L
Warna	Putih	
Entalphy ( $\Delta H$ )	-601,8	kJ/mol
Entropy ( $\Delta S$ )	26,9	J/mol.K

Sumber : MSDS, 2018

#### d. Silikon Monoksida

Silikon monoksida merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada batu kapur dalam jumlah sedikit. Silikon monoksida dalam persebarannya di alam, banyak terdapat sebagai pasir dan kuarsa. Berikut merupakan data fisik dan kimia dari silikon monoksida menurut MSDS yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Data MSDS Silikon Monoksida

Variabel	Nilai	Satuan
Rumus Kimia	SiO	
Berat Molekul	44,08	g/mol
Fasa	Padat/Bubuk	
Bau	-	
pH	6-8	
Titik Lebur	1710	<sup>o</sup> C
Titik Didih	2230	<sup>o</sup> C
Kelarutan	Tidak larut dalam air	g/L
Warna	Putih/Kekuningan	
Entalphy ( $\Delta H$ )	-911	kJ/mol
Entropy ( $\Delta S$ )	42	J/mol.K

Sumber : MSDS, 2018

#### e. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas buang dari setiap makhluk hidup di bumi, dan CO<sub>2</sub> juga dapat bersumber dari hasil pembakaran dan hasil pengolahan gas alam. CO<sub>2</sub> dapat berbahaya jika terhirup pada volume yang banyak. Dimana CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan penyempitan aliran pernafasan dan mengakibatkan pengasaman pada pH darah. Berikut merupakan sifat fisik dan kimia karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menurut MSDS dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Data MSDS dari Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Variabel	Nilai	Satuan
Berat Molekul	44,01	g/mol
Fasa	Gas ( 1 atm )	
Bau	Tidak berbau	
pH	3,7	
Titik Beku	-57	<sup>o</sup> C
Titik Didih	-78,5	<sup>o</sup> C
Kelarutan	1,45	g/L
Warna	Tidak berwarna	
Densitas	1,98 (gas)	g/L

Sumber : MSDS, 2018

### 2.3.2 Bahan Baku Pendukung

Bahan baku pendukung merupakan bahan baku yang digunakan untuk dapat meningkatkan keefektifitasan reaksi seperti kelarutan.

#### a. Lidah Buaya

Lidah buaya (*Aloe vera*) adalah sejenis tumbuhan yang digunakan sebagai penyubur rambut, penyembuh luka, dan untuk perawatan kulit. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, manfaat tanaman lidah buaya berkembang sebagai bahan baku industri farmasi dan kosmetik.



Berikut merupakan sifat fisik dan kimia Lidah Buaya dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7** Data Sifat Fisik dan Kimia Lidah Buaya

Sifat Fisik		Sifat Kimia
Massa Molekul	147,13g mol <sup>-1</sup>	Larut dalam air, NaOH.
Titik Lebur	247-249 °C	Tidak larut dalam etanol, HCl, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .
Massa Jenis	1,538 g/cm <sup>-3</sup>	Sedikit larut dalam NaCl jenuh.
Titik isoelektrik	3,22	Bersifat asam pH 4-5
Konstanta Keasaman (pKa)	2,16	
	9,58	
Bersifat Lendir		
Berwarna Bening		

Sumber: Wikipedia.org

### 2.3.3 Produk

#### a. *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)

PCC terbentuk dari hasil pengolahan batu kapur. Berikut merupakan sifat fisik dan kimia dari PCC dapat dilihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8** Data Sifat Fisik dan Kimia dari *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)

Sifat Fisik		Sifat Kimia
Warna	Putih	Larut dalam air membentuk Ca(OH) <sub>2</sub>
Bentuk	Bubuk, granula	
Titik didih	2850 °C	
Titik leleh	2575 °C	
Densitas	3,25-3,37 g/cc	
Bau	Tidak berbau	
Kelarutan	1,19 g/l (25 °C)	
Berat molekul	56,07 g/mol	

Sumber: Wikipedia.org

## 2.4 Spesifikasi Bahan Baku Dan Produk

Spesifikasi bahan baku dan produk adalah sebagai berikut:

### 2.4.1 Bahan Baku

#### a. Spesifikasi CaO

Spesifikasi kalsium oksida dapat dilihat pada Tabel 2.9.

**Tabel 2.9** Spesifikasi Kalsium Oksida (CaO)

Komponen	Spesifikasi
Massa Molar	50,07 g/mol

Temperatur	30°C
Tekanan	1 atm
Bentuk	Bongkahan/ serbuk
Warna	Putih hingga kuning/coklat pucat
Kadar CaO	95 %
Kadar MgO	1,60 %
Kadar SiO <sub>2</sub>	1,80 %
Kadar Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,80 %
Kadar Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20 %
Kadar S	0,028 %

Sumber: Wikipedia.org

b. Spesifikasi Lidah Buaya

Spesifikasi lidah buaya dapat dilihat pada Tabel 2.10.

**Tabel 2.10** Spesifikasi Lidah Buaya

Komposisi	Jumlah
Air	21 %
Asam Glutamat	1 %
Asam Aspartat	1 %
Glisin	3 %
Leusin	3 %
Ampas	70 %

Sumber: Djubaedah, 2003

c. Spesifikasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Spesifikasi senyawa karbon dioksida dapat dilihat pada Tabel 2.11.

**Tabel 2.11** Spesifikasi CO<sub>2</sub>

Komponen	Specification		
Kemurnian	<i>Minimum</i>	99,9	% v/v
Kandungan air	<i>Maximum</i>	50	Ppm v/v
THC (CH <sub>4</sub> )	<i>Maximum</i>	50	Ppm v/v
Oksigen	<i>Maximum</i>	30	Ppm v/v
Nitrogen	<i>Maximum</i>	80	Ppm v/v
Argon	<i>Maximum</i>	1	Ppm v/v
Halogen (Cl)	<i>Maximum</i>	0,5	Ppm w/w
Partikulat	<i>Maximum</i>	10	Ppm w/w
Hidrogen	<i>Maximum</i>	5	Ppm v/v
Total Shulpur (S)	<i>Maximum</i>	0,1	Ppm v/v
Acidity (HCl)	Pass JECFA test		

Sumber: airproducts.co.id

## 2.4.2 Produk

### a. Spesifikasi PCC

Spesifikasi PCC dapat dilihat pada Tabel 2.12.

**Tabel 2.12** Spesifikasi PCC

<b>Komponen</b>	<b>Farmasi</b>	<b>Makanan</b>
Warna	Bright White	Bright White
Kemurnian	98%	98%
Bentuk kristal	Calsite	Calsite
Whiteness	92%	94%
Ukuran partikel	1-2 $\mu\text{m}$	1-2 $\mu\text{m}$
Residu 325 Mesh	1 %	1 %
pH	-	0,5-9,5
Alkali bebas	-	-
Kadar air	1%	1%

Sumber: Alibaba.com

## BAB III

### TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES

#### 3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram

##### 3.1.1 Tahapan Proses

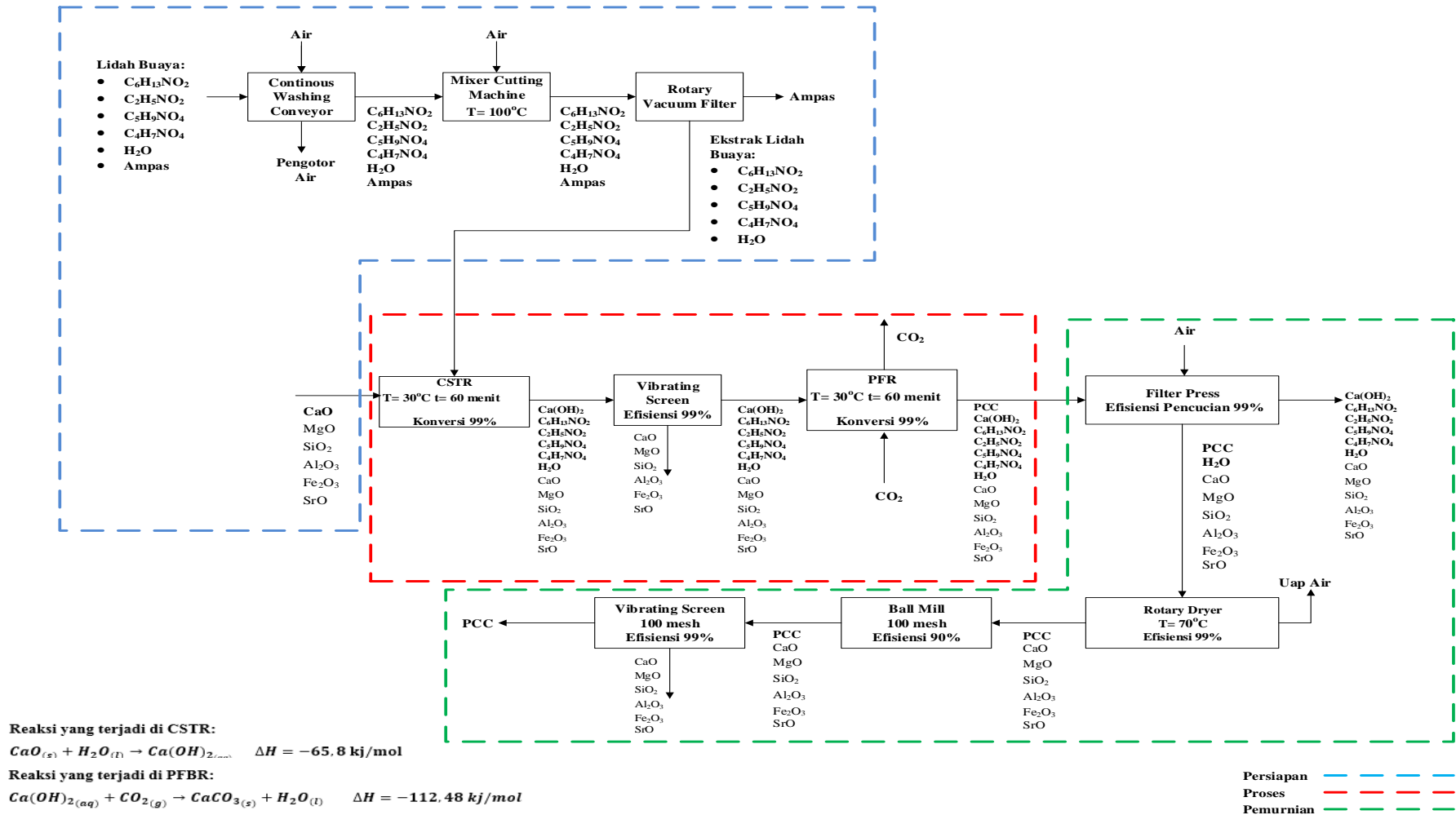
Produksi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dari kapur tohor yang diperoleh dari masyarakat. Tahap awal yang digunakan adalah pelarutan CaO dengan lidah buaya yang telah direbus terlebih dahulu dengan air. Selanjutnya hasil tersebut akan direaksikan dengan CO<sub>2</sub> untuk menghasilkan CaCO<sub>3</sub> atau PCC. Serta untuk dapat mengetahui kualitas PCC yang di produksi maka PCC juga akan dianalisa secara berkala.

Tahapan proses yang digunakan untuk memproduksi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) antara lain.

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Proses
3. Pemurnian dan produk

##### 3.1.2 Blok Diagram

Blok diagram proses pembuatan PCC dari kapur tohor dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Blok Diagram Proses Pembuatan PCC Untuk Industri Farmasi dan Makanan

## 3.2 Deskripsi Proses dan *Flowsheet*

### 3.2.1 Deskripsi Proses

#### A. Tahap Persiapan Bahan Baku

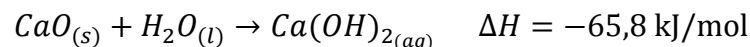
Lidah Buaya yang diterima dari masyarakat dilakukan pencucian di *Continuous Washer Conveyor* (CWC-1011) untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada lidah buaya tersebut. Selanjutnya dicacah sekaligus dilakukan perbusan menggunakan *Mixer Cutter Machine* (MCM-1021) yang ditransportasikan menggunakan. Ekstrak lidah buaya yang telah didapatkan kemudian disaring menggunakan *Rotary Vacuum Filter* (RVF-1041) untuk memisahkan filtrat dengan ampas lidah buaya, filtrat yang didapat kemudian dipompakan ke dalam *Cooler* (C-1071) untuk dilakukan pendinginan. Setelah itu filtrat dipompa ke Reaktor *CSTR* (R-2101).

Kapur tohor dengan spesifikasi yang telah ditentukan disimpan didalam *Ware House* (WH-1081) yang selanjutnya dipindahkan ke *Storage Tank* (ST-1062) dengan menggunakan *Screw Conveyor* (SC-1091).

#### B. Tahap Proses

Pada tahapan ini, larutan Ekstrak lidah buaya dan CaO yang telah di persiapan, di reaksikan direaktor *Continued Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan kode alat (R-2101). Ekstrak lidah buaya yang telah dilarutkan di pompakan ke dalam CSTR (R-2101) sedangkan CaO di transportasikan dengan *Screw Conveyor* (SC-1091).

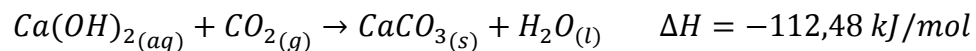
Pada reaktor CSTR terjadi reaksi sebagai berikut :



Reaksi berlangsung selama satu jam dalam reaktor R-2101, dengan tujuan agar konversi dapat terbentuk dengan baik. Reaksi pada R-2101 terjadi pada temperatur 30°C dan pada tekanan 1 atm. Reaktor juga harus terus diaduk agar penghomogenan bahan terjadi dengan cepat dan agar tidak terjadi pengendapan dari CaO sisa yang dapat menimbulkan penyumbatan nantinya. Hasil dari reaktor CSTR tersebut disaring menggunakan *Vibrating Screen* (VS-2111). Setelah itu CaO yang tidak larut

ditransportasikan menggunakan *Belt Conveyor* (BC-2052) kedalam *Storage Tank* (ST-2063).

Selanjutnya, produk hasil filtrasi di alirkan dengan menggunakan Pompa (P-2034) menuju *Plug Flow Bubble Reactor* (PFBR) dengan kode alat R-2102. Pada reaktor ini, hasil dari R-2102 akan dikontakan dengan CO<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut :



Reaksi pengontakan dengan gas CO<sub>2</sub> berlangsung selama satu jam dan terjadi pada temperatur 30°C dan dengan tekanan 1 atm. Pada reaktor PFBR ini terjadi reaksi pembentukan PCC yang merupakan produk utama.

### C. Tahap Penyaringan

Pada tahap ini, hasil produk PCC yang telah di reaksikan pada reaktor R-2102 akan di filter sekaligus dilakukan pencucian dengan menggunakan *Filter Press* (FP-3131) dengan tujuan untuk mengambil padatan PCC yang terbentuk pada reaksi.

### D. Tahap Pemurnian

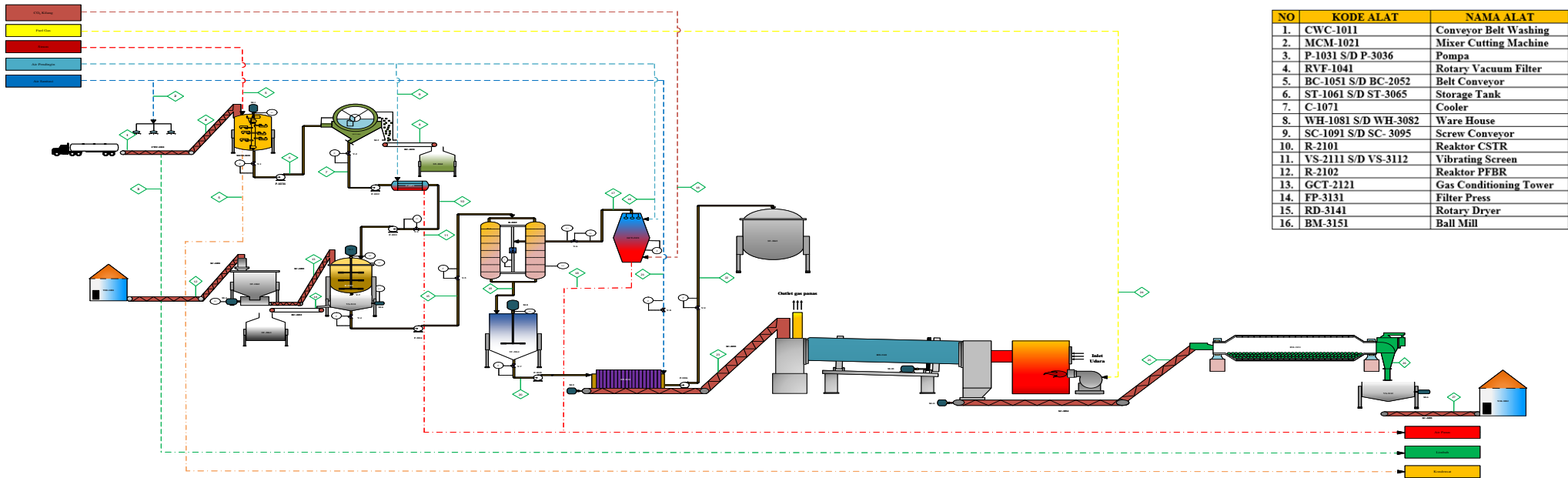
Hasil penyaringan dari FP-3131 ini akan dikeringkan dengan menggunakan *Rotary Dryer* (RD-3141). Pada RD-3141 ini, PCC basah akan di keringkan dengan temperatur operasi 70°C. Pada tahap pemurnian ini kadar air akhir pada produk PCC akan mencapai <1%. Hasil dari RD-3131 ditransportasikan menggunakan *Screw Conveyor* (SC-3094) kedalam *Ball Mill* (BM-3151) untuk dilakukan penghalusan dengan ukuran 325 *mesh*. Setelah itu produk PCC dilakukan penyaringan dengan alat *Vibrating Screen* (VS-3112). Produk yang dihasilkan kemudian ditransportasikan menggunakan *Screw Conveyor* (SC-3095) lalu kemudian disimpan kedalam *Ware House* (WH-3082).

### **3.2.2. *Flowsheet* Proses Produksi**

*Flowsheet* Pra-rancangan pabrik PCC Untuk Industri Farmasi dan Makanan dengan kapasitas produksi 100.000 Ton per tahun dapat dilihat pada Gambar 3.2



**PRARANCANGAN PABRIK *PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE (PCC)* UNTUK INDUSTRI FARMASI DAN MAKANAN DENGAN KAPASITAS 100.000 TON PER TAHUN**



Aliran	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
<b>Tom-Jam</b>																													
<b>Komponen</b>	25.02			13.012																									
Lubuk Batu	1.738																												
Pengotor		86.940	82.222	4.342																									
H <sub>2</sub> O					99.066																								
Elektrik					14.251,60	113.317,60																							
Lubuk Batu																													
Ampas					23.112,40	23.112,40																							
CaO							1.339,60	7099,4	72,3	6,7																			
MgO							477,8	477,8	474	4,8																			
SiO <sub>2</sub>							243,3	243,3	249,9	2,4																			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							188,8	188,8	188,8	1,7																			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							43,40	43,40	43	0,4																			
SiO							246,7	246,7	258,1	2,6																			
Ca(OH) <sub>2</sub>											94,4																		
CO <sub>2</sub>																													
CaCO <sub>3</sub>																													
Steam																													
Air Pendingin																													
Udara Panas																													
<b>Total (kg)</b>	34760	86.940	84289	37987	27.278,70	136433	113.317,60	23.112,40	379.434,60	113.317,60	8690	8690	1.448,30	433.382,60	2.478,0	439.804	439.804	433.182,10	849918,7	11237,4		2.899,20			2.899,20				
<b>Temperatur (°C)</b>	30	30	30	100	122	100	100	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Titikdidih (°C)</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

<b>DIGAMBAR</b>	Hani Angraini Hutagaol 1710017411026	<b>TANDA TANGAN</b>
	Eko Kurniawan Azwir 1710017411027	
<b>DIPERIKSA DAN DISETUJUI</b>	Ellyta Sari, S.T., M.T Pembimbing	

Gambar 3.2 Flowsheet Produksi PCC Untuk Industri Farmasi dan Makanan

## BAB IV

### NERACA MASSA DAN ENERGI

Neraca massa dan neraca energi merupakan keterangan yang dapat menunjukkan banyaknya massa dan panas yang masuk, keluar dan terakumulasi pada setiap peralatan proses. Neraca massa dan neraca energi ini berguna untuk menentukan spesifikasi dan ukuran dari peralatan yang digunakan.

#### 4.1 Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa pada Lampiran A, diperoleh neraca massa sebenarnya untuk masing-masing peralatan yang digunakan.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi} &= 100.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 100.000 \frac{\text{Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}} \\ &= 12 \frac{\text{Ton}}{\text{Jam}} = 12.632,06 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}\end{aligned}$$

$$\text{Operasi Pabrik} = 330 \text{ hari}$$

Persamaan umum neraca massa:

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} + \{\text{massa yang dihasilkan}\} - \{\text{massa yang terkonsumsi}\} = \{\text{massa yang terakumulasi}\}$$

Untuk neraca massa dengan reaksi menjadi:

Asumsi : keadaan steady state dan yang terakumulasi = 0

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} + \{\text{massa yang dihasilkan}\} - \{\text{massa yang terkonsumsi}\} = 0$$

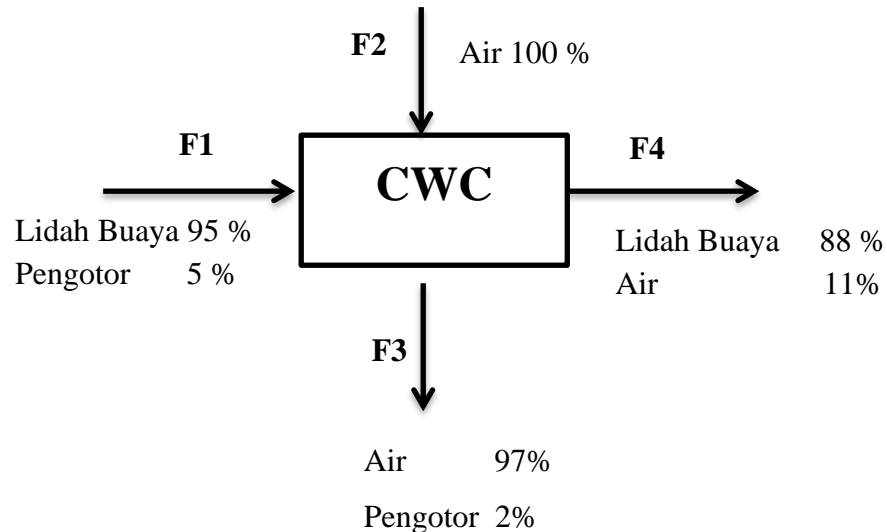
Untuk neraca massa tanpa reaksi menjadi :

Asumsi : keadaan steady state

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} = 0$$

#### 4.1.1 Continuous Washing Conveyor (CWC-1011)

Fungsi : sebagai tempat pencucian lidah buaya dengan menambahkan air proses.



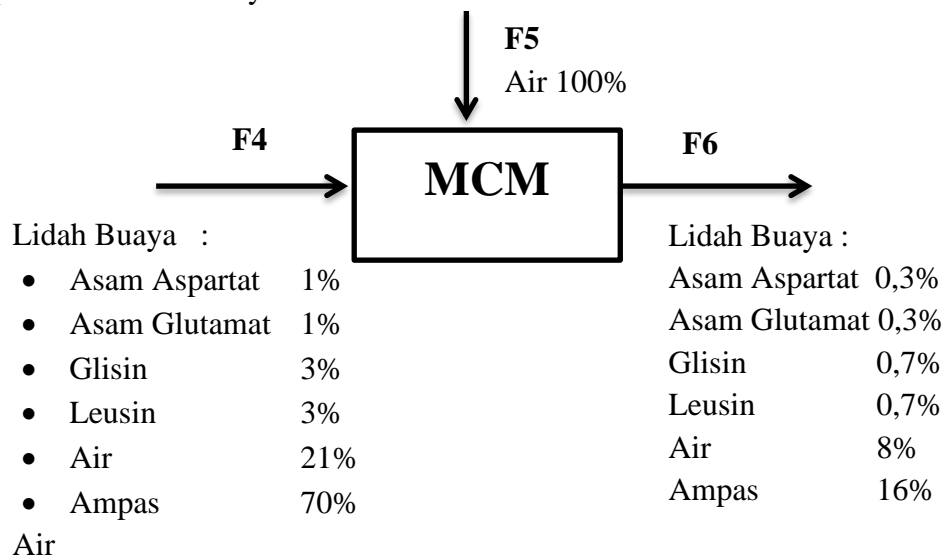
Untuk tabel neraca massa pada *continous washing conveyor* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Neraca Massa *Continous Washing Conveyor* (CWC-1011)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F1	F2	F3	F4
Lidah Buaya	33.022	-	-	33.022
Air	-	86.900	82555	4.345
Pengotor	1.738	-	1.738	-
<b>Sub Total</b>	<b>34.760</b>	<b>86.900</b>	<b>84.293</b>	<b>37.367</b>
<b>Total</b>	<b>121.660</b>		<b>121.660</b>	

#### 4.1.2 Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Fungsi : sebagai tempat pencacahan lidah buaya sekaligus tempat perebusan lidah buaya



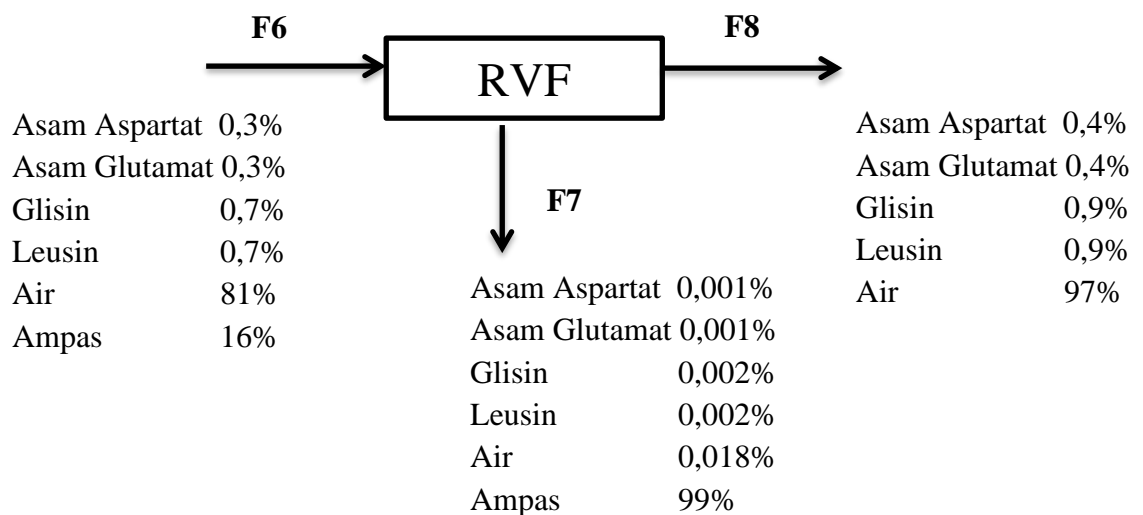
Untuk tabel neraca massa pada MCM dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Neraca Massa Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F4	F5	F6
Asam Aspartat	462,31	-	462,31
Asam Glutamat	462,31	-	462,31
Glisin	1.023,68	-	1.023,68
Leusin	1.023,68	-	1.023,68
Air	11.279,62	<b>99.066</b>	11.279,62
Ampas	23.115,4	-	23.115,4
<b>Sub Total</b>	<b>37.367</b>	<b>99.066</b>	<b>136.433</b>
<b>Total</b>		<b>136.433</b>	<b>136.433</b>

#### 4.1.3 Rotary Vacum Filter (RVF-1041)

Fungsi : untuk memisahkan ampas dari ekstrak lidah buaya.

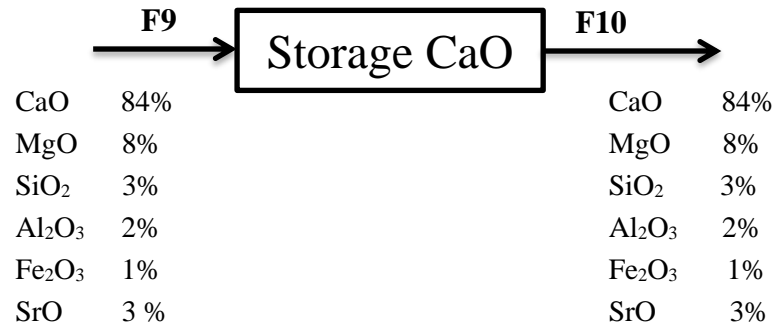


**Tabel 4.3** Neraca Massa Rotary vacuum Filter (RVF-1041)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F6	F7	F8
Asam Aspartat	462,31	0,00017	462,31
Asam Glutamat	462,31	0,00017	462,31
Glisin	1.023,68	0,00039	1.023,68
Leusin	1.023,68	0,00039	1.023,68
Air	11.279,62	0,042	11.0345,58
Ampas	23.115,4	23.115,4	-
<b>Sub Total</b>	<b>136.433</b>	<b>23.115,44</b>	<b>113.317,56</b>
<b>Total</b>	<b>136.433</b>	<b>136.433</b>	

#### 4.1.4 Storage CaO (ST-1062)

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan CaO.

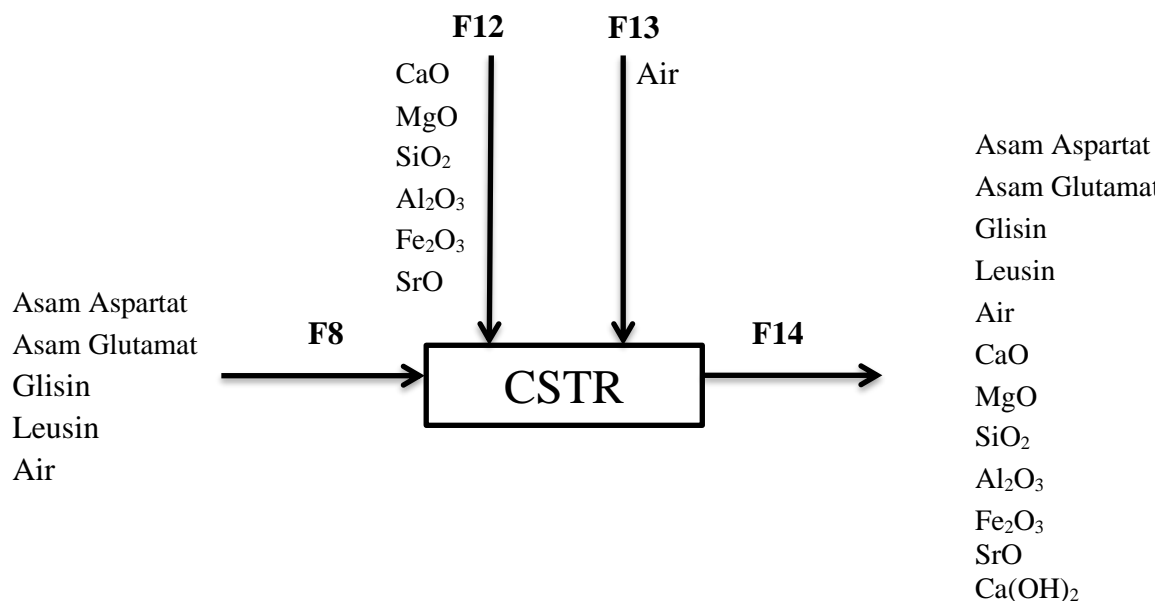


**Tabel 4.4** Neraca Massa Storage CaO (ST-1062)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	F4	F5
CaO	7.299,6	7.299,6
MgO	677,82	677,82
SiO <sub>2</sub>	243,32	243,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	165,11	165,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,45	43,45
SrO	260,7	260,7
<b>Sub Total</b>	<b>8.690</b>	<b>8.690</b>
<b>Total</b>	<b>8.690</b>	<b>8.690</b>

#### 4.1.5 Reactor CSTR (R-2101)

Fungsi : untuk mereaksikan CaO dengan H<sub>2</sub>O.

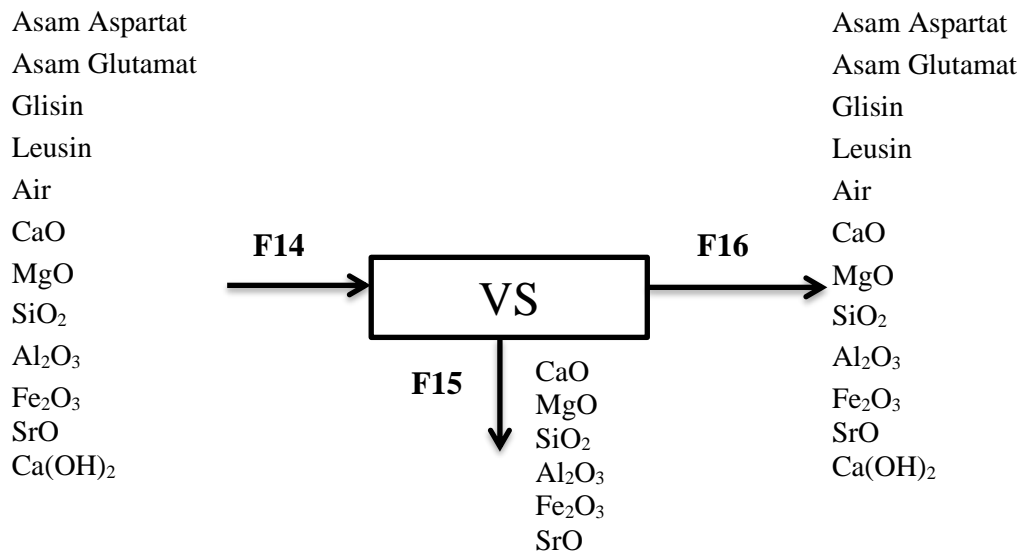


**Tabel 4.5** Neraca Massa CSTR (R-2101)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)			Keluar (Kg/Jam)
	F8	F12	F13	F14
Asam Aspartat	462,3	-	-	462,3
Asam Glutamat	462,32	-	-	462,3
Glisin	1.023,7	-	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	-	1.023,7
Air	11.0345,6	-	312840	420.865,6
CaO	-	7.299,6	-	72,996
MgO	-	677,82	-	677,82
SiO <sub>2</sub>	-	243,32	-	243,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	165,11	-	165,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	43,45	-	43,45
SrO	-	260,7	-	260,7
Ca(OH) <sub>2</sub>	-	-	-	9.537,5
<b>SUB TOTAL</b>	<b>113.317,6</b>	<b>8.690</b>	<b>312840</b>	<b>434.847,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>434.847,56</b>			<b>434.847,56</b>

#### 4.1.6 Vibrating Screen (VS-2111)

Fungsi : untuk memisahkan CaO yang tidak larut di Reaktor CSTR.

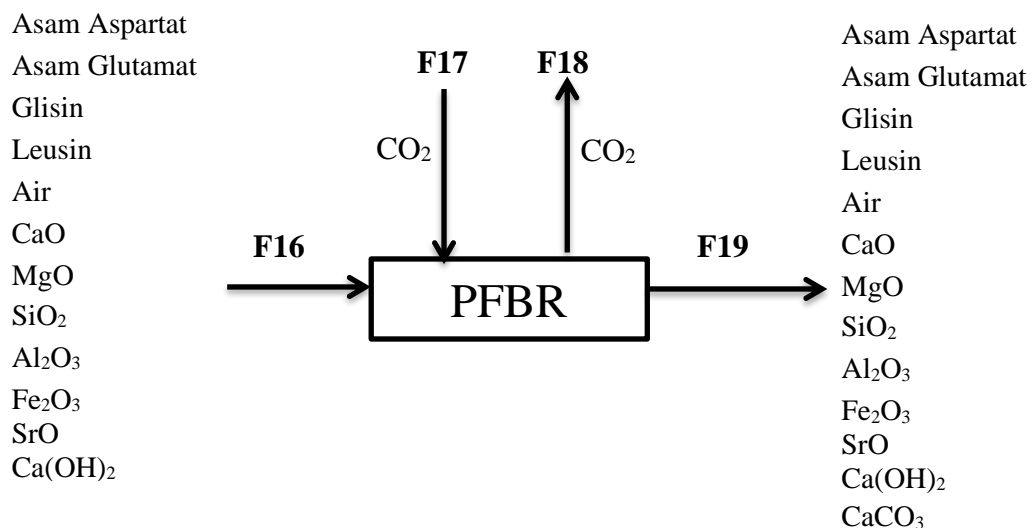
**Tabel 4.6** Neraca Massa Vibrating Screen (VS-2111)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F14	F15	F16
Asam Aspartat	462,3	-	462,3
Asam Glutamat	462,3	-	462,3
Glisin	1.023,7	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	1.023,7

Air	420.865,6	-	420.865,6
CaO	72,996	72,27	0,73
MgO	677,82	671,04	6,78
SiO <sub>2</sub>	243,32	240,89	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	165,11	163,46	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,45	43,02	0,43
SrO	260,7	258,09	2,61
Ca(OH) <sub>2</sub>	9.537,5	-	9.537,52
<b>SUB TOTAL</b>	<b>434.838,54</b>	<b>1.448,76</b>	<b>433.389,77</b>
<b>TOTAL</b>	<b>434.839</b>	<b>434.839</b>	

#### 4.1.7 Reactor PFBR (R-2102)

Fungsi : sebagai tempat pereaksian hasil dari CSTR dengan gas CO<sub>2</sub> untuk mendapatkan PCC.



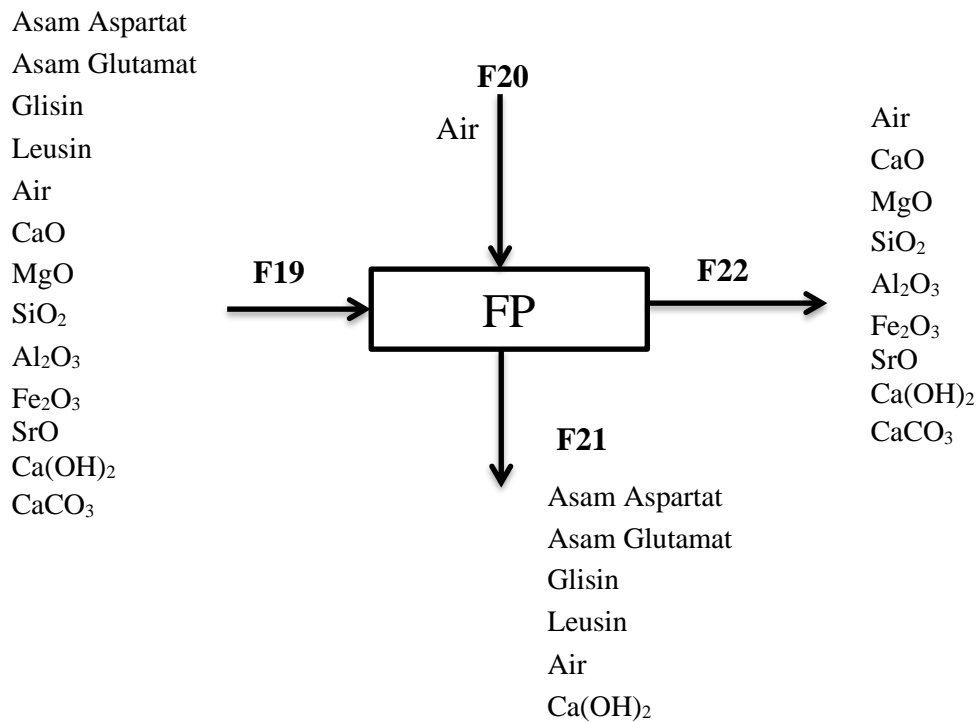
**Tabel 4.7** Neraca Massa PFBR (R-2102)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F16	F17	F18	F19
Asam Aspartat	462,3	-	-	462,3
Asam Glutamat	462,3	-	-	462,3
Glisin	1.023,7	-	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	-	1.023,7
Air	420.865,64	-	-	423.162,38
CaO	0,73	-	-	0,73
MgO	6,78	-	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	-	0,43
SrO	2,61	-	-	2,61

Ca(OH) <sub>2</sub>	9.537,52	-	-	95,38
CO <sub>2</sub>	-	5.670,96	56,71	-
CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	12.759,65
<b>Sub Total</b>	<b>433.389,77</b>	<b>5.670,96</b>	<b>56,71</b>	<b>439.004,02</b>
<b>Total</b>	<b>439.060,73</b>		<b>439.060,73</b>	

#### 4.1.8 Filter Press (FP-3131)

Fungsi : Untuk menyaring Padatan CaCO<sub>3</sub>.



**Tabel 4.8** Neraca Massa Filter Press (FP-3131)

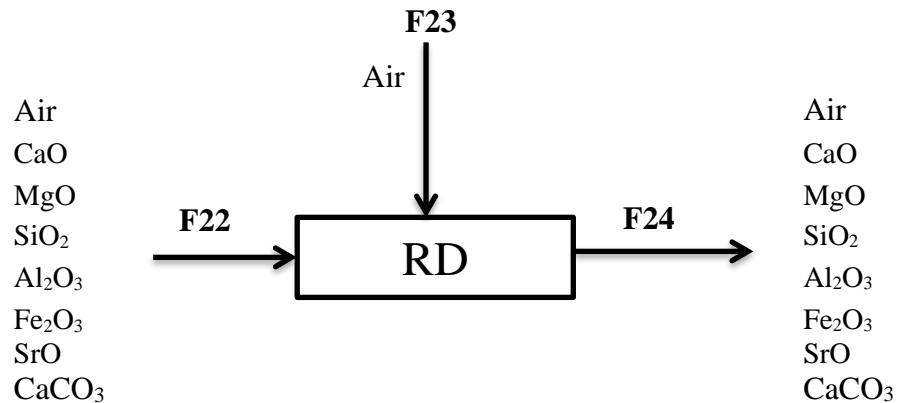
Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F19	F20	F21	F22
Asam Aspartat	462,3	-	462,3	-
Asam Glutamat	462,3	-	462,3	-
Glisin	1.023,7	-	1.023,7	-
Leusin	1.023,7	-	1.023,7	-
Air	423.162,38	412.925,56	827.727,06	8.360,88
CaO	0,73	-	-	0,73
MgO	6,78	-	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	-	0,43
SrO	2,61	-	-	2,61
Ca(OH) <sub>2</sub>	95,38	-	95,38	-
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	-	-	12.759,65



<b>Sub Total</b>	<b>439.004,02</b>	<b>412.925,56</b>	<b>830.794,42</b>	<b>21.135,17</b>
<b>Total</b>	<b>851.930</b>		<b>851.930</b>	

#### 4.1.9 Rotary Dryer (RD-3141)

Fungsi : menghilangkan atau menguapkan kandungan air didalam produk PCC.

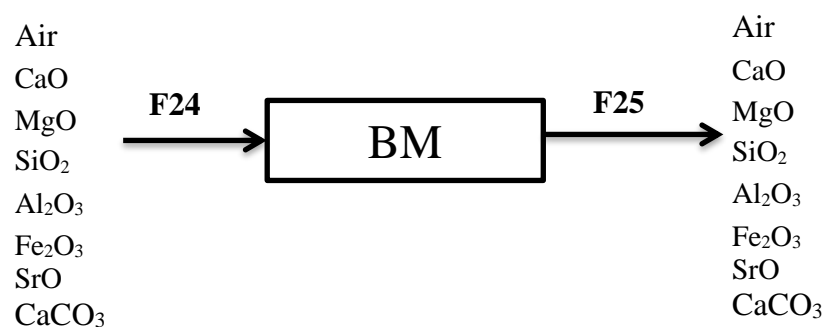


**Tabel 4.9** Neraca Massa Rotary Dryer (RD-3141)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F22	F23	F24
Air	8.360,88	8.277,27	83,61
CaO	0,73	-	0,73
MgO	6,78	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	0,43
SrO	2,61	-	2,61
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	-	12.759,65
<b>SUB TOTAL</b>	<b>21.135,17</b>	<b>8.277,27</b>	<b>12.857,9</b>
<b>TOTAL</b>	<b>21.135,17</b>	<b>21.135,17</b>	

#### 4.1.10 Ball Mill (BM-3151)

Fungsi : Untuk Mengecilkan ukuran PCC.

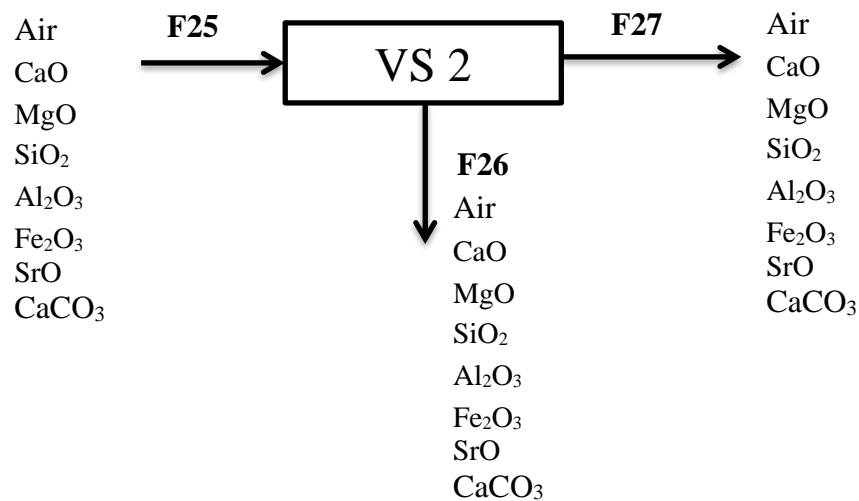


**Tabel 4.10** Neraca Massa Ball Mill (BM-3151)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	F24	F25
Air	83,61	83,61
CaO	0,73	0,73
MgO	6,78	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,43
SrO	2,61	2,61
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	12.759,65
<b>Total</b>	<b>12.857,9</b>	<b>12.857,9</b>

#### 4.1.11 Vibrating Screen 2 (VS-3112)

Fungsi : Untuk menyaring pengotor pada PCC.

**Tabel 4.11** Neraca Massa Vibrating Screen 2 (3112)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F25	F26	F27
Air	83,61	82,77	0,84
CaO	0,73	0,72	0,0073
MgO	6,78	6,71	0,068
SiO <sub>2</sub>	2,43	2,401	0,024
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	1,63	0,017
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,43	0,004
SrO	2,61	2,58	0,03
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	127,59	12.632,06
<b>Sub Total</b>	<b>12.857,89</b>	<b>225,86</b>	<b>12.633,04</b>
<b>Total</b>	<b>12.857,89</b>	<b>12.857,89</b>	

## 4.2 Neraca Energi

Persamaan umum neraca energi yaitu:

$$\{\text{energi masuk}\} - \{\text{energi keluar}\} = \{\text{energi yang terakumulasi}\}$$

$$\sum_{\text{masuk}}^{\text{stream}} M(u + ek + ep + pv) - \sum_{\text{keluar}}^{\text{stream}} M(u + ek + ep + pv) - Q + Ws = \Delta E$$

Dimana :

M : massa	ep : energi potensial
u : energi dalam	p : tekanan
ek : energi kinetik	v : volume

rumus diatas dapat disingkat apabila  $h = u + pv$ , maka :

$$\sum_{\text{masuk}}^{\text{stream}} M(h + ek + ep) - \sum_{\text{keluar}}^{\text{stream}} M(h + ek + ep) - Q + Ws = \Delta E$$

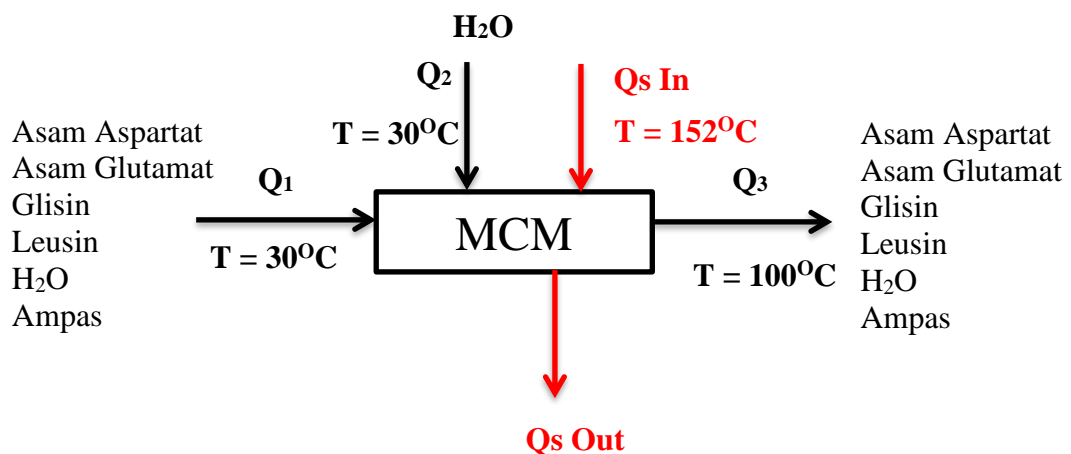
Apabila keadaan steady state maka  $ek, ep$  dan  $\Delta E = 0$ , persamaan menjadi :

$$\sum_{\text{masuk}}^{\text{stream}} Mh - \sum_{\text{keluar}}^{\text{stream}} Mh - Q + Ws = 0$$

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran B, diperoleh neraca energi masing-masing peralatan yang digunakan sebagai berikut.

### 4.2.1 Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Fungsi : sebagai tempat pencacahan lidah buaya sekaligus tempat perebusan lidah buaya.



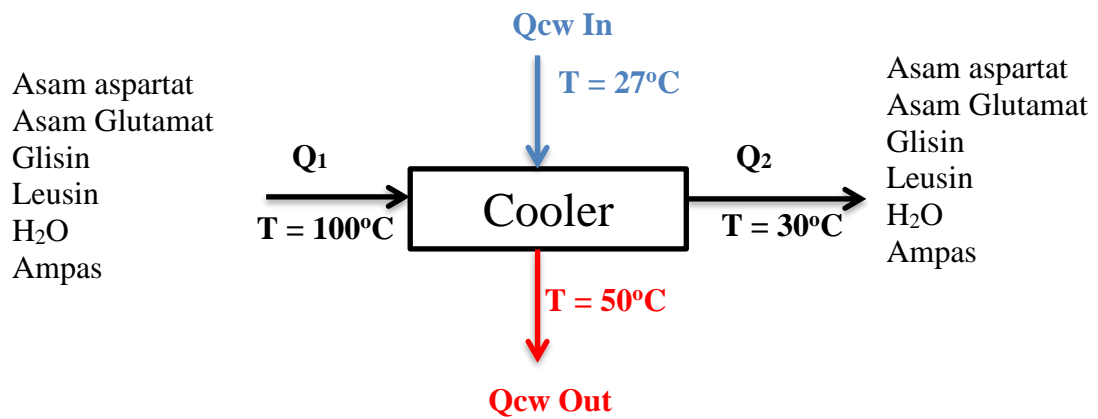
Untuk tabel neraca energi dari MCM dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12** Neraca Energi MCM (1021)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	83.939	-
Q <sub>2</sub>	160.812	-
Q <sub>3</sub>	-	3.662.012
Q <sub>sin</sub>	4.456.599	-
Q <sub>sout</sub>	-	1.039.338
<b>TOTAL</b>	<b>4.701.350</b>	<b>4.701.350</b>

#### 4.2.2 Cooler (C-1071)

Fungsi : untuk mendinginkan Ekstrak lidah buaya.



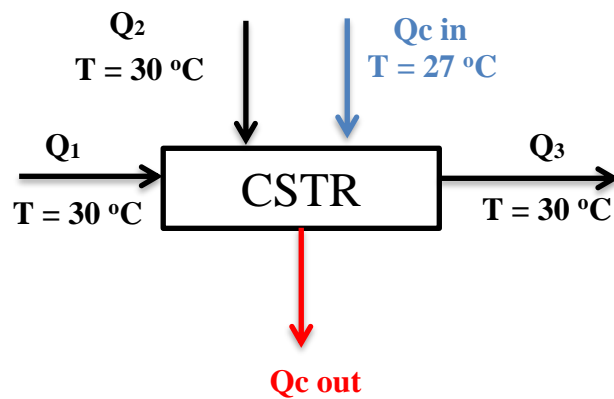
Untuk tabel neraca energi dari Cooler dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Neraca Energi Cooler (C-1071)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	3.009.809,78	0
Q <sub>2</sub>	0	201.270,88
Q <sub>cw in</sub>	244.220,77	0
Q <sub>cw out</sub>	0	3.052.759,68
<b>TOTAL</b>	<b>3.254.031</b>	<b>3.254.031</b>

#### 4.2.3 Reaktor CSTR (R-2101)

Fungsi : untuk mereaksikan CaO dengan H<sub>2</sub>O



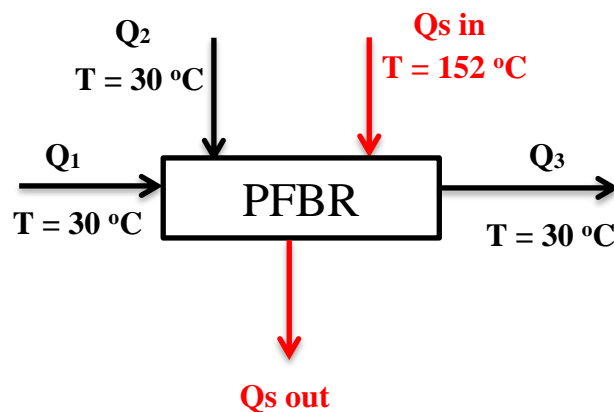
Untuk tabel neraca energi dari CSTR dapat dilihat pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14** Neraca Energi CSTR (R-2101)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	201.270,88	-
Q <sub>2</sub>	45.128,36	-
Q <sub>3</sub>	-	766.248,72
Q <sub>r</sub>	880.296,36	-
Q <sub>c in</sub>	31.343,21	-
Q <sub>c out</sub>	-	391.790,08
<b>TOTAL</b>	<b>1.158.039</b>	<b>1.158.039</b>

#### 4.2.4 Reaktor PFBR (R-2012)

Fungsi : sebagai tempat pereaksian hasil dari CSTR dengan gas CO<sub>2</sub> untuk mendapatkan PCC.



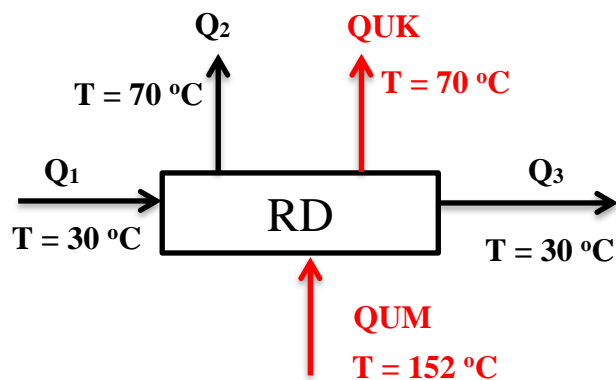
Untuk tabel neraca energi dari PFBR dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15** Neraca Energi PFBR (R-2102)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	761.765	-
Q <sub>2</sub>	11.473	-
Q <sub>3</sub>	-	725.032
Q <sub>r</sub>	(634.186)	-
Q <sub>s in</sub>	764.204	-
Q <sub>s out</sub>	-	178.222
<b>TOTAL</b>	<b>903.254</b>	<b>903.254</b>

#### 4.2.5 Rotary Dryer (RD-3141)

Fungsi : menghilangkan atau menguapkan kandungan air didalam produk PCC.



Untuk tabel neraca energi dari Rotary Dryer dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.16** Neraca Energi Rotary Dryer (RD-3141)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q1	28.865	-
Q2	-	54.075
Q3	-	15.429
Qum	62.940	-
Quk	-	22.302
<b>TOTAL</b>	<b>91.805</b>	<b>91.805</b>

## BAB V

### UTILITAS

Utilitas yang diperlukan pada prarancangan pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) untuk pabrik farmasi dan makanan dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun ini meliputi :

#### 5.1 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) direncanakan untuk non proses (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain) dan keperluan proses seperti menggerakkan pompa, penerangan dan peralatan instrumentasi. Sumber pengadaan listrik untuk kebutuhan-kebutuhan tersebut diperoleh dari PLN. Total listrik yang dibutuhkan dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Kebutuhan Listrik

<b>Komponen</b>	<b>Kebutuhan (kW)</b>
Alat Proses	87,8
Pompa dan <i>Conveyor</i> Utama	55,5
Pompa Utilitas	33,7
Alat Utilitas	18,3
Penerangan	15
Kantor	15,8
<b>Total</b>	<b>226,1</b>
<b>Total x faktor keamanan (20%)</b>	<b>251,2</b>

#### 5.2 Unit Pengadaan Air

Air yang digunakan untuk pembuatan PCC terbagi empat, yaitu :

- Air proses, digunakan untuk alat Continuous Washing Conveyor, *Mixer Cutting Machine*, reaktor *CSTR*, dan *Filter Press*. Total air proses yang dibutuhkan dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Kebutuhan Air Proses

<b>Kebutuhan Air Proses</b>	<b>Kg/jam</b>
Pencucian	86.900
<i>Mixer Cutting Machine</i>	99.066
<i>CSTR</i>	312.840
<i>Filter Press</i>	412.926
<b>Total</b>	<b>911.732</b>

- Air sanitasi, digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain). Kebutuhan air sanitasi dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Kebutuhan Air Sanitasi

<b>Kebutuhan Air sanitasi</b>	<b>Kebutuhan (kg/jam)</b>
Perumahan	624,59
Perkantoran	104,10
Laboratorium	30
Poliklinik	30
Pemadam kebakaran	50
Masjid dan kantin	50
<b>Total</b>	<b>889</b>

- Air pendingin, digunakan untuk alat *cooler*. Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Kebutuhan Air Pendingin

<b>Kebutuhan Air Pendingin</b>	<b>Kg/jam</b>
Cooler	75.224
CSTR	9.654
<b>Total</b>	<b>84.879</b>

- *Steam* digunakan untuk *mixer cutting machine*, CSTR, dan PFBR. Kebutuhan *steam* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Kebutuhan *Steam*

<b>Kebutuhan Steam</b>	<b>Kg/jam</b>
Mixer Cutting Machine	6.791
PFBR	1.164
<b>Total</b>	<b>7.955</b>

Maka total kebutuhan air dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Total Kebutuhan Air

<b>Kebutuhan Air</b>	<b>Kg</b>
Air Pendingin	84.879
Air Proses	911.732
Air Umpan Boiler	7.955
Air Sanitasi	889
<b>Total</b>	<b>1.005.454</b>



### 5.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang mengandung mineral dan tidak mengandung kotoran atau bakteri. Air sanitasi digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid / musholla, kantin dan lain-lain). Karena air ini berhubungan langsung dengan kesehatan, maka air sanitasi harus memenuhi standar kualitas sebagai berikut :

1. Syarat fisika, yaitu:

- Suhu : di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mg SiO<sub>2</sub> / liter

2. Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air, seperti PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> dan logam-logam berat lainnya yang beracun.
- Syarat bakteriologis

Air sanitasi tidak mengandung kuman maupun bakteri terutama bakteri patogen. Untuk memenuhi persyaratan ini, setelah proses penjernihan harus diberi tambahan desinfektan seperti khlor cair atau kaporit.

Pada Tabel 5.1 menyajikan ambang batas kandungan unsur atau senyawa kimia dalam air bagi kesehatan manusia.

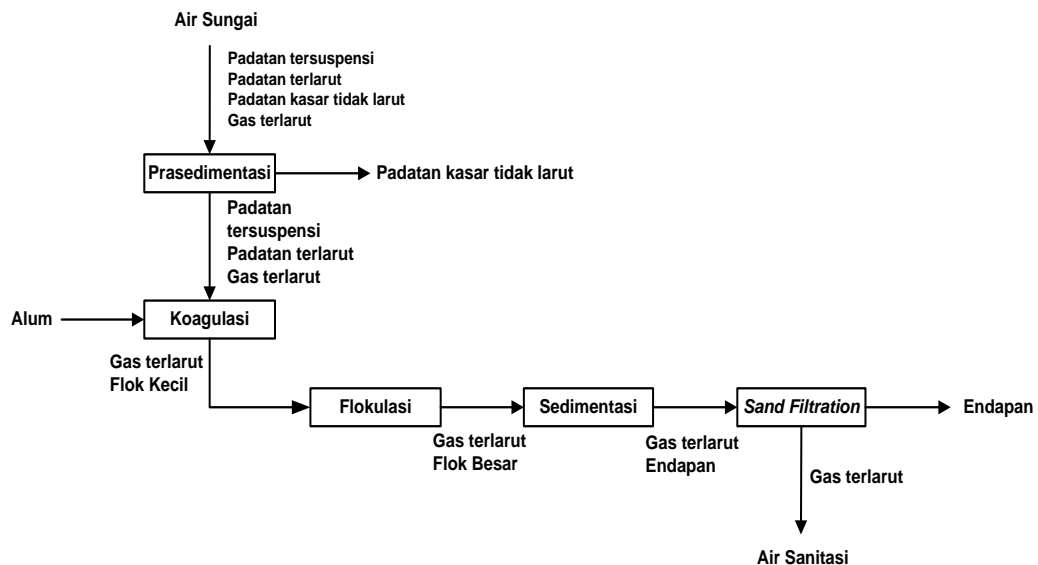
**Tabel 5.7** Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia

Karakteristik	Ambang Batas Alamiah (ppm)	Ambang Batas yang Disarankan (ppm)
Timbal	0,1	0,05
Fluorida	1,5	0,7 – 1,20
Arsenik	0,05	0,01
Selenium	0,05	-
Kromium	0,05	-
Tembaga		1,0
Besi		0,3
Magnesium		125

Seng		5
Klorida		250
Sulfat		250
Senyawa fenol		0,001
Padatan total		
<i>Desirable</i>		500
<i>Permitted</i>		1000
Karbonat normal (CaCO <sub>3</sub> )		120
Alkalinitas Kesadahan Berlebih		35
pH (25°C)		10,6
Akil Benzen Sulfonat		0,5
Ekstrak Karbon		0,2
Kloroform		0,01
Sianida		0,05
Mangan		45
Nitrat		

Sumber : Kegiatan Industri dan Dampaknya Bagi Lingkungan

Pengolahan air sanitasi dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini.



**Gambar 5.1** Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi

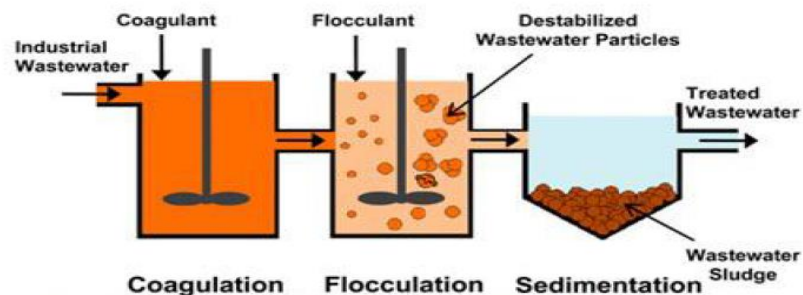
#### a. Proses Prasedimentasi

Air sungai sebelum dikirim ke unit utilitas, dipisahkan terlebih dahulu dari kotoran yang berupa zat padat kasar yang terapung dengan cara memasang saringan disekitar *suction* pompa pengambil air (P-1/PM-101), lalu dipompakan dan

dialirkan ke bak penampung (P-2/V-101). Pada proses presedimentasi ini diharapkan dapat mengendapkan air baku sebanyak 20%.

### b. Proses Pengolahan *Raw Water*

Air dari bak penampungan (P-2/V-101) dialirkan ke bak pengolahan *raw water* (P-11/AB-101) yang terdiri dari empat buah bak, yaitu bak pembentukan koagulan/*Mixing Chamber*, bak pembentukan flok-flok/*Flocculation Chamber*, bak sedimentasi/*Sedimentation Chamber*, bak penampungan limbah air bersih/*Float Chamber*.



*Ilustrasi proses koagulasi dan flokulasi limbah cair dari industri.*

**Gambar 5.2** Proses Pengolahan *Raw Water*

Bak pengolahan *raw water* (P-11/AB-101) berfungsi untuk menghilangkan padatan terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan *raw water* terbagi menjadi tiga tahap :

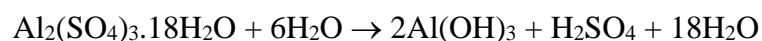
#### 1) Proses koagulasi

Air dari bak penampungan (P-2/V-101) dialirkan ke bak pembentukan koagulan, pada bak ini diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- Larutan Alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ )

Bahan kimia ini untuk menggabungkan beberapa molekul melalui penetralan muatan.

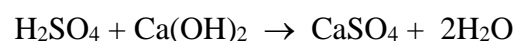
Reaksi yang terjadi :



- Larutan Kapur Tohor ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Bahan ini digunakan untuk menetralkan air yang dihasilkan pada unit pengendapan sehingga memperoleh nilai pH=7.

Reaksi yang terjadi :



- Larutan *Calcium Hypochlorite* ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )

Penambahan  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  berfungsi sebagai :

- Desinfektan berfungsi membunuh bakteri yang terdapat dalam air.
- Menghilangkan senyawa nitrogen dalam air, terutama amoniak.
- Mengontrol rasa, bau, dan warna.
- Meminimalkan  $\text{H}_2\text{S}$ .
- Meminimalkan Mn & Fe.
- Mengontrol alga & lumut.
- Sebagai bahan pendukung koagulasi

## 2) Proses Flokulasi

Proses flokulasi, yaitu penggabungan flok-flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses flokulasi juga bisa dipercepat dengan penambahan zat kimia tertentu (flokulan aid), seperti  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Faktor utama yang mempengaruhi keefektifan koagulasi dan flokulasi air adalah tingkat kekeruhan air, padatan tersuspensi, pH, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, serta dosis koagulan.

Pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi sebesar 60-90%, BOD sebesar 40-70%, COD sebesar 30-60%, fosfor sebesar 70-90%, dan bakteri patogen yang menempel pada padatan tersuspensi sebesar 80-90% (U.S.EPA, 1987). Koagulan-koagulan yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak pembentukan flok. Pada bak ini dilengkapi dengan pengaduk yang berputar dengan lambat sehingga koagulan-koagulan saling bergabung membentuk flok-flok.

## 3) Proses Sedimentasi

Flok-flok yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak sedimentasi. Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan). Bak sedimentasi ini dilengkapi dengan *sludge scrapper* yang bertujuan untuk mengangkut lumpur agar lumpur lebih cepat keluar.

### c. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan kloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih.

Air bersih dari bak pengolahan *raw water* (P-11/AB-101) diteruskan ke *Sand Filter* (P-13/GMF-101), guna memisahkan kotoran-kotoran halus yang masih terdapat dalam air dan menghilangkan bau, rasa dan warna yang masih terdapat pada air tersebut. Penyaring yang digunakan pada *Sand Filter* (P-13/GMF-101) adalah pasir silika, karbon aktif, dan kerikil. Agar pasir tidak terikut didalam air, maka pada bagian bawah *Sand Filter* (P-13/GMF-101) diberi penyaring. Air yang keluar dari *Sand Filter* (P-13/GMF-101) ditampung pada tangki penampungan air bersih (P-14/V-105). Air bersih ini sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan *Demineralisasi* untuk mendapatkan air proses.

#### 5.2.2 Air Proses dan Air Umpan Boiler

Air baku ini yang berasal dari Sungai Batipuh Panjang sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan *Demineralisasi* untuk mendapatkan air proses dan air umpan boiler yang diharapkan memiliki spesifikasi sesuai dengan syarat air yang digunakan untuk umpan boiler dan air proses. Ketidaksesuaian kriteria air umpan boiler menurut standar kualitas, maka umpan boiler harus memenuhi standar kualitas yang tertera pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Persyaratan Air Umpan Boiler

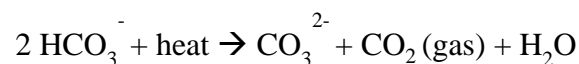
Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
Ph	Unit	10.5 – 11.5
Konduktivitas	µmhos/cm	5000, max
TDS	Ppm	3500, max
P – Alkalinity	Ppm	-
M – Alkalinity	Ppm	800, max
O – Alkalinity	Ppm	2.5 x SiO <sub>2</sub> , min
<i>Total Hardness</i>	Ppm	-
Silika	Ppm	150, max
Besi	Ppm	2, max

Phosphat residu	Ppm	20 – 50
Residu sulfat	Ppm	20 – 50
pH kondensat	Unit	8.0 – 9.0

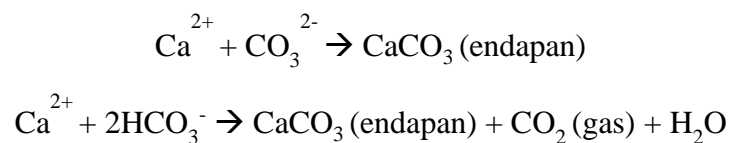
Sumber : PT.Nalco Indonesia

Selain itu air yang digunakan untuk umpan *boiler* harus bebas dari mineral-mineral atau unsur yang menyebabkan kesadahan air menjadi tinggi. Ion-ion seperti  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  akan menyebabkan tingginya kesadahan air disamping juga  $\text{Mn}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ . Ion-ion penyebab kesadahan ini harus dieliminasi sekecil mungkin sehingga konsentrasinya maksimum 0,05 ppm.

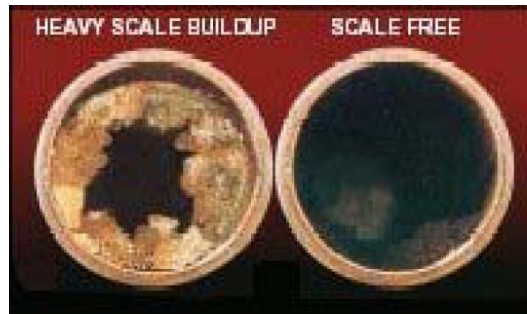
Air umpan *boiler* dengan tingkat kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan kerak pada pipa maupun *boiler* itu sendiri. Kerak ini akan terbentuk ketika ion-ion seperti  $\text{Ca}^{2+}$  bereaksi dengan anion yang secara alami terdapat di dalam air, seperti ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) yang merupakan hasil reaksi antara  $\text{CO}_2$  dengan air pada tekanan atmosfer. Ketika larutan yang mengandung  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  dipanaskan, endapan kalsium karbonat akan terbentuk sebagai hasil dari reaksi ion seperti di bawah ini.



Ion karbonat yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan ion kalsium menurut persamaan reaksi :



Endapan kalsium karbonat inilah yang akan menempel pada permukaan peralatan sehingga mengurangi efisiensi alat. Pipa yang sudah ditumbuhi kerak ini akan memberikan hambatan gesekan sehingga mengurangi laju alir air. Fenomena flokulasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini.



**Gambar 5.3** Lapisan Kerak pada Pipa

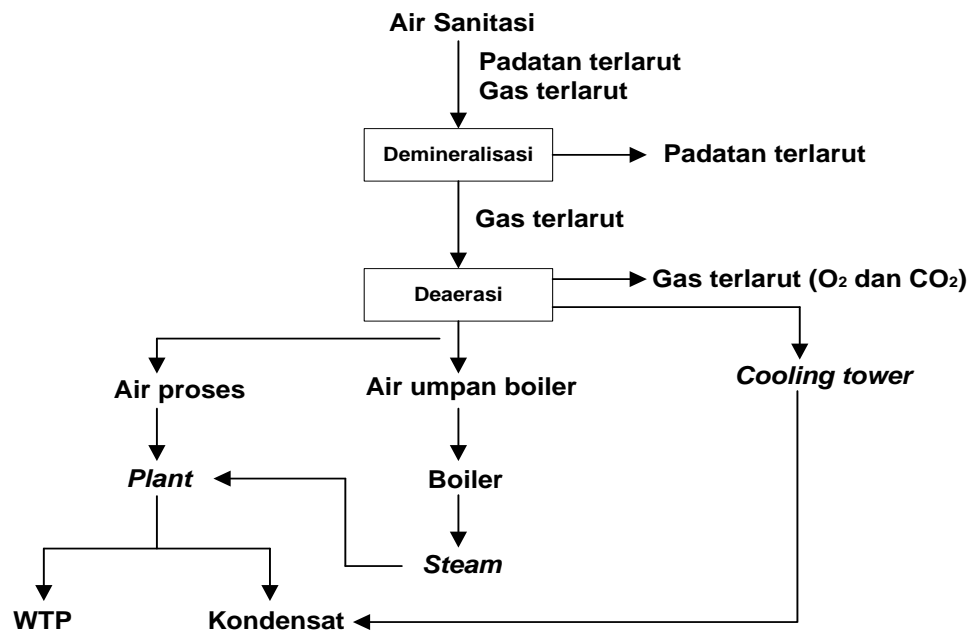
Selain itu, *boiler* dengan permukaan yang dilapisi oleh kerak juga akan mengalami penurunan efisiensi panas seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.9.

**Tabel 5.9** Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada *Boiler*

Ketebalan Lapisan Kerak (in)	Kehilangan Efisiensi Termal (%)
1/16	15
1/8	25
1/4	39
3/8	55
1/2	70

Sumber : Peairs, 2004

Proses pengolahan air proses dan air umpan boiler dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Blok Diagram Proses Pengolahan Air Proses

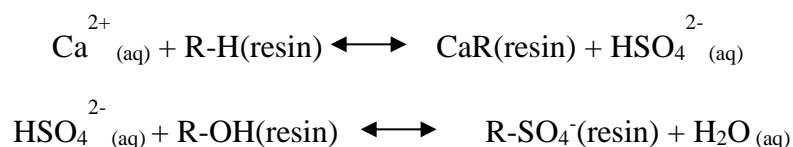
- **Demineralisasi (*Water Softener*)**

Untuk menanggulangi hal diatas maka diperlukan *pretreatment* atau pengolahan awal terhadap air umpan boiler berupa pelunakan air (*water softening*). Alat yang digunakan untuk menghilangkan kesadahan ini disebut dengan *water softener*. *Water softener* menggunakan prinsip kerja pertukaran ion. Pada proses ini, air dialirkan melalui unggun resin yang telah dijenuhkan terlebih dahulu dengan mengalirkan larutan *brine* (mengandung ion natrium) melewati unggun. Resin yang digunakan pada pertukaran air bebas mineral dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10** Resin yang Digunakan

	<b>Kation</b>	<b>Anion</b>
Jenis resin	Lewatit MonoPlus S 100	Lewatit MP 600 WS
Bentuk	<i>Gel type beads</i>	<i>Macroporous</i>
Volume	250 L	550 L
<i>Ionic form as shipped</i>	Na	Cl
<i>Functional group</i>	Asam sulfonat	Quarternary amine
Densitas	1.28 g/ml	1.1 g/ml
pH	0-14	0-14
Suhu	120°C	30°C
Regeneran	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCl, NaCl	NaOH
Konsentrasi regeneran	4-6%	2-4%

Proses pertukaran ion terjadi ketika ion penyebab kesadahan seperti Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> terikat pada resin dan melepaskan ion Na<sup>+</sup> ke dalam air menurut persamaan reaksi di bawah ini.

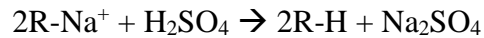


Kation lainnya, seperti ion Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> dan Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>, juga akan dihilangkan dari dalam air melalui proses ini. Air yang keluar selanjutnya ditampung pada *Demin Water Storage Tank* (DW-3501) dan dapat digunakan untuk air proses, air umpan boiler serta air pendingin.

Suatu resin penukar ion yang hanya dapat berlangung jika bahan penukar dapat menyediakan hidrogen atau hidroksida untuk menggantikan kation dan anion dari air mentah. Jika suatu kation dan anion tidak mampu lagi menukar, kation dan anion tersebut harus dikembalikan kepada keadaan awal melalui regenerasi.



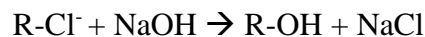
Regenerasi kation dilakukan dengan cara mengganti kembali ion  $H^+$  yang telah jenuh dengan mereaksikannya dengan  $H_2SO_4$ .



Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada proses regenerasi kation yaitu:

- *Backwash*, *backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- Pemberian *acid* step 1 yaitu dengan menginjeksikan  $H_2SO_4$  1,75%
- Pemberian *acid* step 2 yaitu dengan menginjeksikan  $H_2SO_4$  3,5%
- Pemberian *acid* step 3 yaitu dengan menginjeksikan  $H_2SO_4$  5,25%
- *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- *Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Regenerasi resin penukar anion sama dengan regenerasi kation, jika sudah jenuh maka dapat dikembalikan ke keadaan dengan menggunakan alkali. Soda kaustik dipakai sebagai penukar anion dari basa kuat.



Sama dengan regenerasi pada kation, pada anion juga terdapat beberapa tahapan. Tahap-tahap yang dilakukan pada proses regenerasi anion, yaitu :

- *Backwash*, *backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- *Preheat bed*.
- *Caustic injection* yaitu penambahan kaustik dengan cara menginjeksikan  $NaOH$  4%.
- *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- *Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Selama proses regenerasi, limbah air yang dihasilkan ditampung pada bak penampung regenerasi (neutral basin) untuk dinetralkan sebelum akhirnya dibuang ke sungai.

### 5.2.3 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini berfungsi memenuhi kebutuhan *steam* pabrik PCC, *steam* dihasilkan oleh *boiler* dan digunakan untuk keperluan proses.

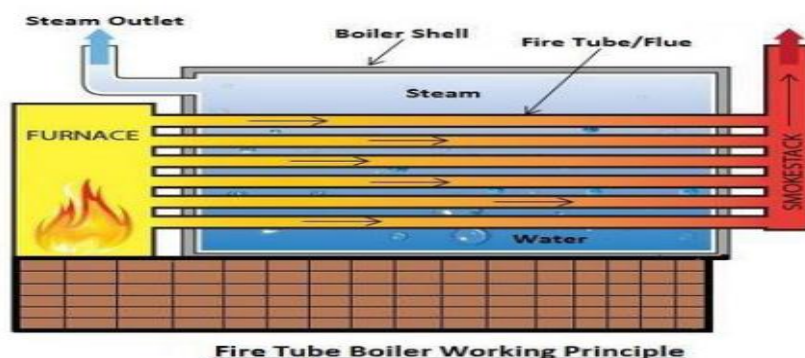
#### 5.2.3.1 *Deaerator* (D-3701)

Selain bebas dari ion-ion penyebab kesadahan, air umpan *boiler* juga harus bebas dari kandungan gas terlarut, seperti oksigen dan karbon dioksida. Keberadaan oksigen dan karbon dioksida terlarut di dalam air umpan *boiler* akan memicu terjadinya korosi pada perpipaan, *boiler*, dan peralatan lainnya. Pemisahan gas terlarut dari air umpan *boiler* ini dapat dilakukan dalam suatu alat *deaerator*. Proses pemisahan ini terjadi dengan menaikkan temperatur air umpan dimana kelarutan gas di dalam air akan berkurang seiring dengan peningkatan suhu air.

Air umpan *boiler* disemprotkan melalui *nozzle* dari bagian atas kolom yang terdiri atas *tray-tray*. Dari bagian bawah dialirkan *steam* dengan arah yang berlawanan dengan arah air umpan (*counterflow*). Kontak antara *steam* dengan air umpan pada *tray-tray* ini akan menaikkan temperatur air sehingga gas terlarut akan terpisah dan keluar melalui *gas vent*. Sementara itu, air yang bebas dari kandungan gas terlarut akan turun dan masuk ke dalam *storage tank* yang terletak di bagian bawah *deaerator* untuk kemudian dialirkan ke dalam *boiler*. Temperatur air keluar dari alat ini berkisar antara 102-104 °C. Air keluaran *deaerator* dialirkan ke *boiler* (P-18/SG-101) untuk menghasilkan uap atau *steam* yang dibutuhkan pada proses pabrik.

#### 5.2.3.2 *Boiler* (P-18/SG-101)

Air umpan *boiler* yang telah bebas dari kesadahan dan gas terlarut kemudian dialirkan ke dalam *steam boiler*. Jenis *boiler* yang digunakan adalah *fire tube boiler*.



**Gambar 5.4** Boiler Working Principle

Gas yang telah dipanaskan akan melewati *tube-tube* dan memanaskan air yang ada disekeliling *tube*. Energi panas yang dilepaskan gas diserap oleh air sehingga air mengalami perubahan dari fasa cair menjadi fasa uap (*saturated* atau *superheated steam*). *Steam* yang dihasilkan ini kemudian dikirim ke *plant* untuk digunakan pada unit digester. Kondensat yang dihasilkan kemudian dialirkan ke *deaerator* (DE-5201) kembali.

## BAB VI

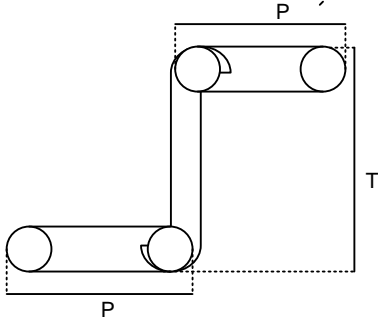
### SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran C diperoleh spesifikasi peralatan pada Prarancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) untuk Industri Farmasi dan Makanan dengan kapasitas 100.000 Ton/Tahun seperti diuraikan di bawah ini.

#### 6.1 Spesifikasi Peralatan Utama

##### 6.1.1 *Continuous Washer Conveyor* (CWC-1011)

**Tabel 6.1** Spesifikasi *Continuous Washer Conveyor*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Continuous Washer Conveyor</i>
Kode	CWC-1011
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengangkut sekaligus mencuci lidah buaya
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Apron conveyor with skirt</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30 °C
Panjang conveyor (P)	45,92 ft
Lebar conveyor (P)	3,43 ft
Kecepatan	10 ft/menit
Daya	3 HP

##### 6.1.2 *Mixer Cutting Machine* (MCM-1021)

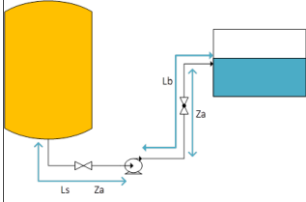
**Tabel 6.2** Spesifikasi *Mixer Cutting Machine*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Mixer Cutting Machine</i>
Kode	MCM-1021
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memperkecil ukuran lidah buaya sekaligus tempat perebusan lidah buaya untuk mendapatkan ekstrak lidah buaya

DATA DESIGN	
Gambar	
Temperatur	100°C
Kapasitas	22,85 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Tipe	Silinder vertikal dengan tutup dan alas elipsoidal
Diameter (D)	2,7 m
Tinggi (H)	5,6 m
Tebal slinder (ts)	0,008 m
Tebal elipsoidal (te)	0,008 m
Daya Cutter	6 HP
Diameter coil (Dc)	1,9 m
Keliling lilitan (k)	3,75 ft <sup>2</sup>
Jumlah lilitan (N)	40
Panjang coil (L)	2 m

### 6.1.3 Pompa (P-1031)

Tabel 6.3 Spesifikasi Pompa (P-1031)

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Kode	P-1031
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan ekstrak lidah buaya dari <i>mixer cutting machine</i> ke <i>rotary vacuum filter</i>
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif
Fasa bahan yang disimpan	Slurry
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Sentrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Kapasitas	1,8 ft <sup>3</sup> /s
Diameter optimum	7,2 in
Ukuran pipa	8 in Sch 40
OD pipa	8,625 in
ID pipa	7,981 in
Daya	9,6 HP

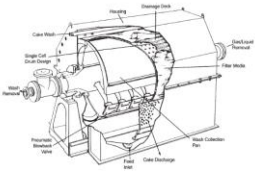
Tabel 6.4 Daya Pompa pada Peralatan Proses

Dari	Ke	Kode Pompa	Daya (HP)
RVF-1041	C-1071	P-1032	3
C-1071	R-2101	P-1033	3,2

VS-2111	R-2102	P-2034	14,3
ST-2064	FP-3131	P-3035	3
FP-3131	ST-2065	P-3036	9


#### 6.1.4 Rotary Vacuum Filter (RVF-1041)

**Tabel 6.5** Spesifikasi *Rotary Vacuum Filter*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Rotary Vacuum Filter</i>
Kode	RVF-1041
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan ampas dari ekstrak lidah buaya
Sifat bahan	Viskositas rendah
Fasa yang dipisahkan	Padat dan cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Rotary filter</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30°C
Luas area filtrasi	248,06 m <sup>2</sup>
Volume Drum	3,2 m <sup>3</sup>
Daya	8,1 Hp

#### 6.1.5 Belt Conveyor (BC-1051)

**Tabel 6.6** Spesifikasi *Belt Conveyor*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	BC-1051
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengangkut ampas lidah buaya ke storage
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Belt Conveyor</i>
Temperatur	30 °C
Panjang total	5 m
Lebar	0,36 m
Kecepatan	100 ft/menit
Daya	2 HP
Bahan Konstruksi	<i>Fabric, Rubber and Wire beads</i>

### 6.1.6 Cooler (C-1071)

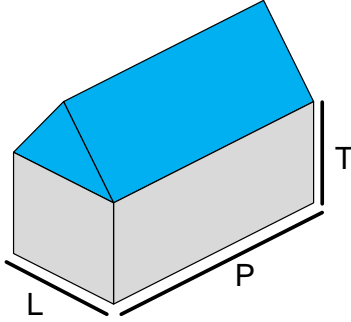
Tabel 6.7 Spesifikasi Cooler (C-1071)

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Cooler
Kode	C-1071
Jumlah	1 unit
Fungsi	Untuk mendinginkan ekstrak lidah buaya
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Tipe	Shell and Tube
Konstruksi	Stainless Steel (SA-240)
Surface area (A) ft <sup>2</sup>	300
Temperatur	80,6 °F
Overall Clean Coeficient, U <sub>c</sub> (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)	2.749,9
Overall Design Coeficient, U <sub>d</sub> (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)	435
Dirty Factor, R <sub>D</sub>	0,002
Pressure Drop, psi	10 psi

### 6.1.7 Gudang Penyimpanan (WH-1081)

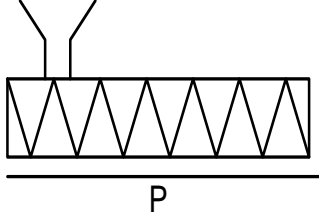
Tabel 6.8 Spesifikasi Gudang Penyimpanan CaO

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Gudang penyimpanan bahan CaO
Kode	WH-1081
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyimpan CaO
Lama Penyimpanan	4 hari
Fasa bahan yang disimpan	Padat
<b>DATA DESIGN</b>	

<p>Gambar</p>          <p>Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Kapasitas Panjang (P) Lebar (L) Tinggi (T)</p>	 <p><i>Ware House</i> Semen 30 °C 87,57 m<sup>3</sup> 7 m 9 m 2 m</p>
---	---

### 6.1.8 Screw Conveyor (SC-1091)

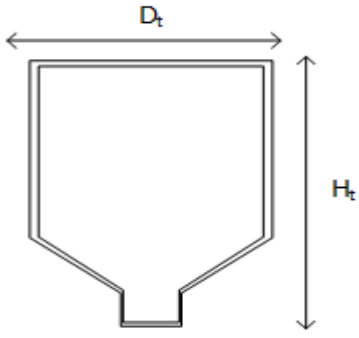
**Tabel 6.9** Spesifikasi *Screw Conveyour* (SC-1091)

SPESIFIKASI	
<p>Nama Kode Jumlah Fungsi  Sifat bahan Fasa bahan yang diangkut</p>	<p><i>Screw Conveyour</i> SC-1091 1 unit Mengangkut CaO dari storage CaO ke reaktor CSTR Tidak volatil, tidak korosif, higroskopis Padat</p>
DATA DESIGN	
<p>Gambar</p>          <p>Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Tinggi <i>conveyor</i> Lebar <i>conveyor</i> Tebal Dinding <i>conveyor</i> Kecepatan Daya</p>	 <p>Silinder Vertikal <i>Stainless Steel (SA-240)</i> 30 °C 1,1 m 0,73 m 0,003 m 40 rpm 4,8 HP</p>



### 6.1.9 Tangki Penyimpanan CaO (ST-1062)

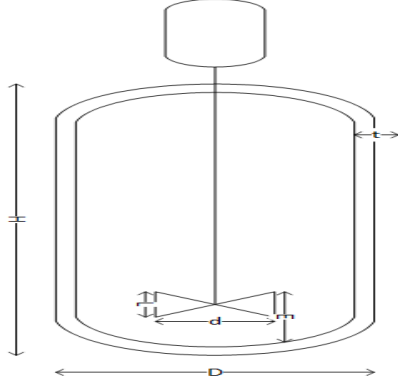
**Tabel 6.10** Spesifikasi Penyimpanan CaO (ST-1062)

SPESIFIKASI	
Nama	Menyimpan CaO
Kode	ST-1062
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyimpan bahan baku
Lama Penyimpanan	1 hari
Sifat bahan	Tidak korosif, tidak volatil
Fasa bahan yang disimpan	Padat
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silo dengan tutup datar dan alas konikal
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30 °C
Kapasitas	209,23 m <sup>3</sup>
Diameter (D)	6,24 m
Tinggi (H)	7,24 m
Tebal silinder (t <sub>s</sub> )	0,01 m
Tebal konikal (t <sub>k</sub> )	0,01 m

### 6.1.10 Reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (R-2101)

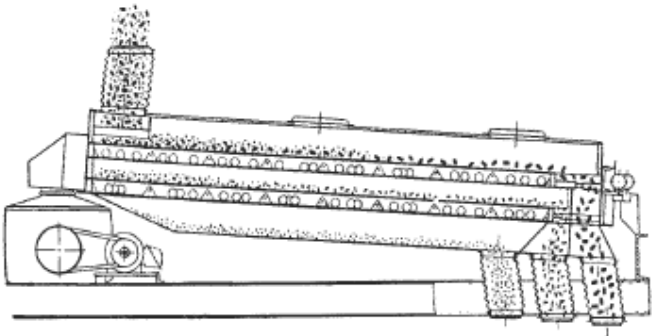
**Tabel 6.11** Spesifikasi CSTR(R-2101)

SPESIFIKASI	
Nama	Reaktor CSTR
Kode	R-2101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pembentukan Ca(OH) <sub>2</sub>
Lama reaksi	1 jam
Sifat bahan	Tidak korosif, volatil, tidak mudah terbakar
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Kapasitas Diameter silinder (D) Tinggi total (H <sub>t</sub> ) Tebal dinding silinder (t <sub>s</sub> ) Tebal elisoidal (t <sub>e</sub> ) Diameter pengaduk (d) Panjang pengaduk (L) Lebar Pengaduk (W) Tinggi pengaduk dari dasar tangki (H <sub>i</sub> ) Kecepatan putar impeller (N) Daya pengadukan (P)	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i> <i>Carbon Steel (SA-285 Grade A)</i> 30 °C 526,13 m <sup>3</sup> 7,2 m 13,5 m 0,01 m 0,01 m 2,4 m 0,6 m 0,5 m 0,8 m 0,4 rps 6,6 Hp

### 6.1.11 Vibrating Screen (VS-2111)

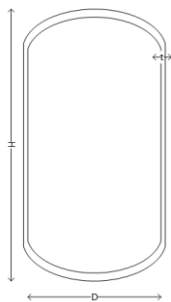
**Tabel 6.12** Spesifikasi *Vibrating Screen* (VS-2111)

SPESIFIKASI	
Nama Kode Jumlah Fungsi Sifat bahan Fasa bahan yang dialirkan	<i>Vibrating Screen</i> VS-2111 1 Untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut Tidak volatil, tidak korosif, higroskopis Padat
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>

Kapasitas	485,9 m <sup>3</sup>
Diameter	8,3 m
Tinggi	10,7 m
Tebal dinding silinder	0,01 m
Tebal dinding konikal	0,01 m
Luas Area	7200 in
Kecepatan	1200 Rpm
Daya motor	7,5 Hp

### 6.1.12 Reaktor *Plug Flow Bubble Reactor* (R-2102)

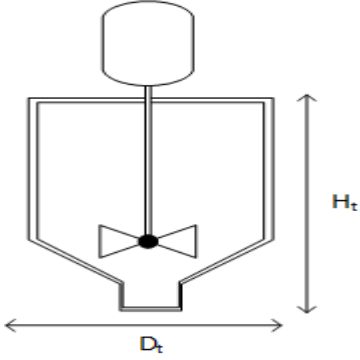
**Tabel 6.13** Spesifikasi PFBR (R-2102)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Plug Flow Bubble Reactor</i> (PFBR)
Kode	R-2102
Jumlah	2 unit
Fungsi	Tempat pembentukan PCC
Lama reaksi	1 jam
Sifat bahan	Korosif
Fasa bahan yang disimpan	Padat – Cair – Gas
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>elipsoidal</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30 °C
Kapasitas	558,29 m <sup>3</sup>
Diameter silinder (D)	7,3 m
Tinggi total (H <sub>t</sub> )	13,8 m
Tebal dinding silinder (t <sub>s</sub> )	0,01 m
Tebal dinding elipsoidal (t <sub>e</sub> )	0,01 m

### 6.1.13 Tangki Penyimpanan *Plug Flow Bubble Reactor* (ST-2063)

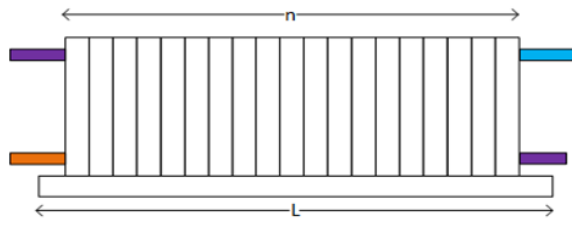
**Tabel 6.14** Spesifikasi *Storage PFBR* (ST-2063)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Storage PFBR</i>
Kode	ST-2063
Jumlah	1 unit
Fungsi	Sebagai storage sementara PFBR
Sifat bahan	Korosif

Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder dengan tutup datar dan alas konikal
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Kapasitas	446,65 m <sup>3</sup>
Diameter tangki (D)	8,32 m
Tinggi Tangki	9,3 m
Tebal silinder	0,01 m
Tebal konikal	0,01 m
Diameter impeller	2,8 m
Panjang impeler (L)	0,7 m
Kecepatan putar impeler (N)	0,22 rps
Daya (P)	2 Hp

#### 6.1.14 Filter Press (FP-3131)

Tabel 6.15 Filter Press

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Filter Press</i>
Kode	FP-3131
Jumlah	1
Fungsi	Memisahkan PCC dari ekstrak lidah buaya dan Air
Sifat Bahan	Korosif, tidak volatile
Fasa bahan yang dialirkan	Padat – Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Laju Alir	903,22 m <sup>3</sup> /jam
Porositas Bahan	0,4
Densitas cake	22.136,8 kg/m <sup>3</sup>
Tebal cake	0,95 m <sup>3</sup> /jam
Jumlah frame	17 unit

### 6.1.15 Rotary Dryer (RD-3141)


**Tabel 6.16** Spesifikasi Rotary Dryer

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Rotary Dryer
Kode	RD-3141
Jumlah	1
Fungsi	Mengeringkan PCC basah hingga kadar air <1%
Sifat Bahan	Korosif
Fasa bahan yang dialirkan	Padat ( <i>Slurry</i> )
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Tipe	Stainless Steel (SA-240)
Diameter	1 m
Panjang	1,5 m
Kecepatan Putar	24,9 Rpm
Temperatur Operasi	70°C
Daya Motor	0,1 Hp
Overall Heat Transfer (lb/ft <sup>2</sup> .h)	24,48
Jumlah Flight	16 buah

### 6.1.16 Ball Mill (BM-3151)

**Tabel 6.17** Spesifikasi Ball Mill (BM-3151)

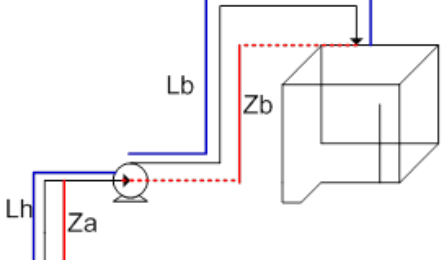
<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Bali Mill
Kode	BM-3151
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat mengecilkan ukuran bahan
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif, higroskopis
Fasa bahan yang disimpan	Padat
<b>DATA DESIGN</b>	

Gambar	Tampak Samping	Tampak Depan
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Tekanan design Kapasitas Kecepatan Putar Berat Bola Feeding size Ukuran Output Daya Motor (P)	 Silinder horizontal <i>Stainless Steel (SA-240)</i> 30°C 1 atm 10-300 Ton/jam 39,8 Rpm 2400 lbs 1-10 mm 325 mesh 10 Hp	

## 6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas

### 6.2.1 Pompa Air Sungai

**Tabel 6.18** Spesifikasi Pompa Air Sungai (P-1001)

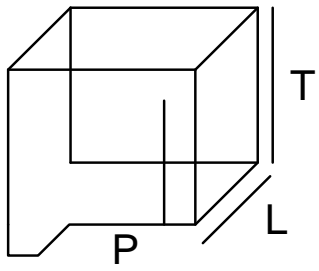
SPESIFIKASI	
Nama	Pompa Air Sungai
Kode	P-1001
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan air sungai ke bak penampung
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Laju alir volumetrik Ukuran pipa OD pipa ID pipa Daya	<i>Centrifugal pump (Commercial Steel Pipe)</i> 1,01 ft <sup>3</sup> /s 8 in sch 40 8,625 in 7,981 in 3 HP

**Tabel 6.19** Daya Pompa pada Peralatan Utilitas

Dari	Ke	Kode Pompa	Daya (HP)
BP-1101	BPR-2102	P-1002	3
TP-2201	BPR-2102	P-1003	4,5
TP-2202	BPR-2102	P-1004	3,8
TP-2203	BPR-2102	P-1005	4,1
BPR-2102	SF-2301	P-1006	4,1
SF-2301	BP-2103	P-1007	1,7
BP-2103	ST-3401	P-1008	2,8
ST-3401	TD-3501	P-1009	6,4
TD-3501	CT-3601	P-1010	3,7
TD-3501	DE-3701	P-1012	1
DE-3701	B-3801	P-1014	1

### 6.2.2 Bak Penampung Air Sungai

**Tabel 6.20** Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai (BP-1101)

SPESIFIKASI	
Nama	Bak Penampung Air Sungai
Kode	BP-1101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih
Bahan Konstruksi	Semen
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Persegi Panjang
Kapasitas	1.035 m <sup>3</sup>
Panjang	16,7 m
Lebar	11,1 m
Tinggi	5,6 m

### 6.2.3 Tangki Pelarutan Alum

**Tabel 6.21** Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum (TP-2201)

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Tangki Pelarutan Alum
Kode	TP-2201
Jumlah	1 unit
Bahan Material	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Fungsi	Tempat melarutkan alum
<b>DATA DESIGN</b>	
Tipe	Silinder vertikal dengan tutup dan alas datar
Kapasitas	5,9 m <sup>3</sup>
Diameter Tangki	1,9 m
Tinggi Tangki	4,3 m
Tebal Silinder	0,003 m
Tebal Elipsoidal	0,003 m
Daya	0,5 Hp

### 6.2.4 Tangki Pelarutan Kapur Tohor

**Tabel 6.22** Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor (TP-2202)

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	Tangki Pelarutan Kapur Tohor
Kode	TP-2202
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat melarutkan kapur tohor
Bahan Material	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
<b>DATA DESIGN</b>	
Tipe	Silinder vertikal dengan tutup dan alas datar
Kapasitas	0,65 m <sup>3</sup>
Diameter Tangki	0,9 m
Tinggi Tangki	3,3 m
Tebal Silinder	0,002 m
Tebal Elipsoidal	0,002 m
Daya	0,14 HP



### 6.2.5 Tangki Pelarutan Kaporit

**Tabel 6.23** Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit (TP-2203)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Kaporit
Kode	TP-2203
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat melarutkan kaporit
Bahan Material	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
DATA DESIGN	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
Kapasitas	1,7 m <sup>3</sup>
Diameter Tangki	1,2 m
Tinggi Tangki	3,9 m
Tebal Silinder	0,002 m
Tebal Elipsoidal	0,002 m
Daya	0,2 HP

### 6.2.6 Raw Water

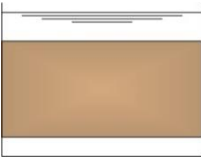
**Tabel 6.24** Spesifikasi Unit Pengolahan *Raw Water* (BPR-2102)

SPESIFIKASI	
Nama	Unit Pengolahan <i>Raw Water</i>
Kode	BPR-2102
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pencampuran, pembentukan dan pengendapan flok-flok yang terkandung dalam air
Bahan Konstruksi	Semen
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Persegi panjang
Kapasitas	2.218,5 m <sup>3</sup>
Panjang total	21,1 m
Lebar	14 m

Tinggi	7 m
--------	-----

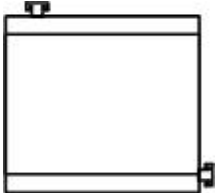
### 6.2.7 Sand Filter

**Tabel 6.25** Spesifikasi *Sand Filter* (SF-2301)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Sand Filter</i>
Kode	SF-2301
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menyaring sisa-sisa flok dalam air dari bak penampung berpelampung
Bahan Konstruksi	Beton Bertulang
DATA DESIGN	
Gambar	
Isian	Pasir, karbon aktif, kerikil
Kapasitas	1.037,8 m <sup>3</sup>
Tipe	Persegi panjang
Panjang	25 m
Lebar	16,7 m
Tinggi	8,3 m

### 6.2.8 Bak Penampung Air Bersih

**Tabel 6.26** Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih (BP-2103)

SPESIFIKASI	
Nama	Bak Penampungan Air Bersih
Kode	BP-2103
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan dari <i>sand filter</i>
Bahan Konstruksi	Beton
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Persegi panjang
Kapasitas	1.037,8 m <sup>3</sup>

Panjang	16,7 m
Lebar	11,1 m
Tinggi	5,6 m

### 6.2.9 Softener Tank

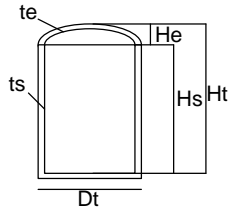
**Tabel 6.27** Spesifikasi *Softener Tank* (ST-3401)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Softener Tank</i>
Kode	ST-3401
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pertukaran kation dan anion dalam air dengan ion-ion dari resin
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240) with Safety blue exterior paint</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertical dengan tutup dan alas <i>elipsoidel</i>
Kapasitas	24.906,4 m <sup>3</sup> /jam
Tingkat Penghilangan Garam	2700 lb
Panjang	5,2 m
Lebar	3,4 m
Tinggi	3,1 m

### 6.2.10 Tangki Air Demin

**Tabel 6.28** Spesifikasi Tangki Air Demin (TD-3501)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Air Demin
Kode	TD-3501
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyimpanan air bersih bebas mineral

Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>dished</i>
Kapasitas	1.119,5 m <sup>3</sup>
Diameter	11,3 m
Tinggi	16,9 m
Tebal dinding	0,02 m
Tebal tutup	0,02 m

### 6.2.11 Cooling Tower

**Tabel 6.29** Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-3601)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Cooling Tower</i>
Kode	CT-3601
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan air sirkulasi yang telah dipakai untuk pendinginan
DATA DESIGN	
Tipe	<i>Induced draft cooling tower</i>
Diameter <i>tower</i>	9,9 m
Tinggi <i>tower</i>	14,8 m
Luas <i>tower</i>	277,7 ft <sup>2</sup>
Daya <i>fan</i>	10 hp

### 6.2.12 Deaerator


**Tabel 6.30** Spesifikasi *Deaerator* (DE-3701)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Deaerator</i>
Kode	DE-3701
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghilangkan gas terlarut dalam air umpan boiler
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240), Grade 55 C-Si</i>

DATA DESIGN	
Kapasitas	<i>Up to 30.000 lb/hr</i>
Tipe	<i>Duo-tank deaerator SM 30 D</i>
Panjang tangki	1,4 m
Diameter	0,4 m

### 6.2.13 Boiler

**Tabel 6.31** Spesifikasi *Boiler* (B-3801)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Boiler</i>
Kode	B-3801
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghasilkan steam
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240), Grade 55 C-Si</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Fire-tube boiler</i>
T fuel gas	175 °C
Panjang	5,9 m
Lebar	2,5 m
Tinggi	4,5 m
Tekanan operasi	10 bar

## **BAB VII**

### **TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP)**

Susunan peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan alir proses merupakan syarat penting dalam memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik atau desain secara terperinci pada masa mendatang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, tata letak peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberi informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat, sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pabrik didirikan.

#### **7.1 Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Tata letak suatu pabrik memainkan peranan yang penting dalam menentukan biaya produksi serta efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari.

Suatu rancangan pabrik yang rasional mencakup penyusunan area proses, *storage* (persediaan) dan area pemindahan/area alternatif (*area handling*) pada posisi yang efisien dan dengan melihat faktor-faktor sebagai berikut (*Timmerlaus*, 2004) :

- a. Urutan proses produksi dan kemudahan aksesibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lebih lanjut maka pada unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang telah ada sebelumnya.
- c. Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan

bakar), bengkel untuk pemeliharaan/perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya.

- d. Bangunan menyangkut luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- e. Pertimbangan kesehatan, keamanan dan keselamatan seperti kemungkinan kebakaran/ peledakan.
- f. Masalah pembuangan limbah.
- g. Alat-alat yang dibersihkan/dilepas pada saat *shut down* harus disediakan ruang yang cukup sehingga tidak mengganggu peralatan lainnya.
- h. Pemeliharaan dan perbaikan.
- i. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik harus dipertimbangkan dengan kemungkinan dari perubahan proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- j. *Service area* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Penyusunan tata letak peralatan proses, tata letak bangunan dan lain-lain akan berpengaruh secara langsung pada investasi modal, biaya produksi, efisiensi kerja dan keselamatan kerja. Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan seperti :

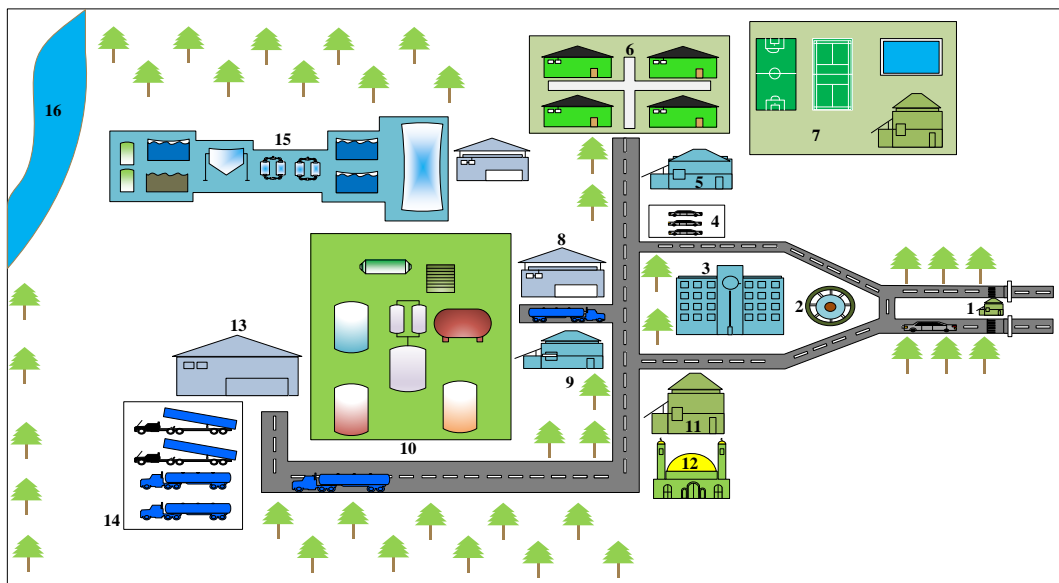
1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produk sehingga memudahkan proses material *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Menurunkan ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengefisienkan kerja semaksimal mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) untuk industri farmasa dan makanan ini direncanakan berdiri di Jl. By Pass, Batipuh Panjang, Padang, Sumatera Barat, dengan luas area 20 Ha dengan perincian sebagai berikut :

- Area Pabrik : 1 Ha
- Area Perumahan : 1 Ha

- Area Perkantoran : 0,5 Ha
- Area Fasilitas Olahraga : 0,5 Ha
- Area Pengolahan Limbah : 1 Ha
- Area Perluasan : 16 Ha

Tata letak lingkungan pabrik dan tata peralatan pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.1.



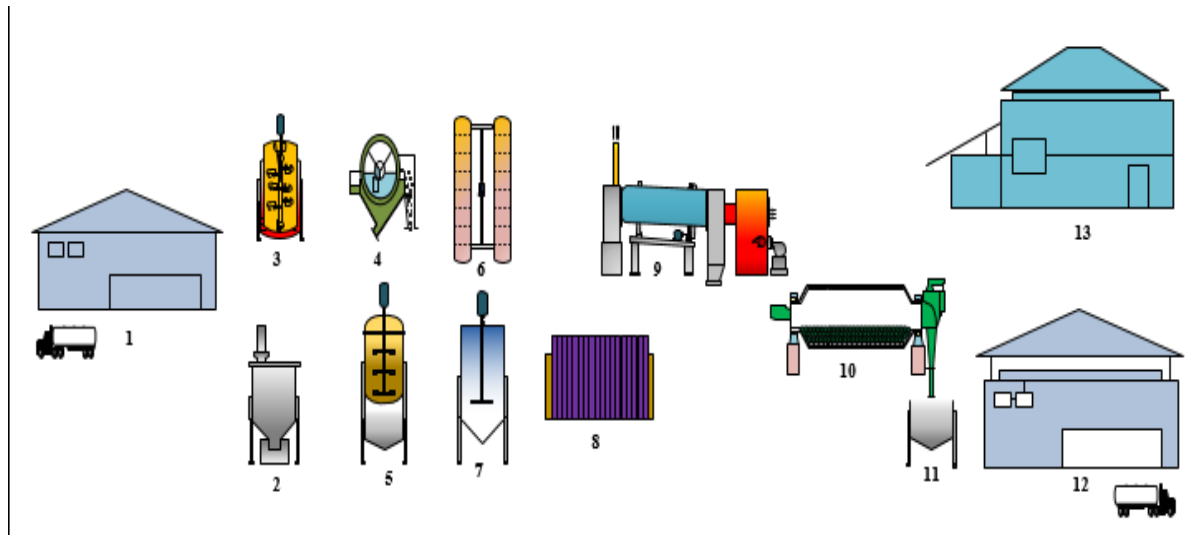
**Gambar 7.1** Tata Letak Lingkungan Pabrik PCC

Keterangan Gambar:

1. Pos Satpam
2. Taman
3. Kantor Pusat
4. Parkir
5. Koperasi
6. Area Perumahan
7. Gedung Olahraga
8. Ware House
9. Ruang Kontrol dan laboratorium
10. Area Pabrik
11. Kantin
12. Masjid



13. Ware House bahan baku
14. Parkir truk
15. Unit Utilitas
16. Sungai



**Gambar 7.2** Tata Letak Alat Pabrik PCC

Keterangan Gambar :

1. Ware House Bahan baku
2. Storage Tank CaO
3. *Mixer Cutting Machine*
4. *Rotary vacuum filter*
5. Reaktor CSTR
6. Reaktor PFBR
7. Storage Tank PCC
8. *Filter Press*
9. *Rotart Dryer*
10. *Ball mill*
11. *Vibrating screen*
12. Ware House Produk
13. Ruang Kontrol dan Laboratorium

## 7.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup

Suatu usaha perencanaan dalam pengaturan peralatan pabrik sehingga seluruh karyawan, masyarakat sekitar dan lingkungan terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh pabrik.

Dalam melaksanakan pekerjaan setiap karyawan perlu disiplin untuk menghindari bahaya yang mungkin terjadi. Dengan adanya keselamatan kerja suatu pabrik, berarti ada usaha untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, bebas dari kecelakaan, kehancuran dan kebocoran. Selain bahaya yang bersumber dari dalam pabrik, bahaya juga dapat berasal dari luar pabrik, seperti angin, gempa dan petir.

Usaha – usaha yang perlu diperhatikan untuk menanggulangi bahaya – bahaya yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :

1. Tangki dipilih yang tahan tekan, tahan korosi dan dilengkapi dengan *manhole* dan *handhole* untuk pemeriksaan dan pemeliharaan.
2. Memakai jaket untuk mencegah kebocoran pada suatu sistem pemipaan.
3. Pipa – pipa yang dialiri fluida panas dan beracun diberi warna kontras dan dipasang jauh dari tempat karyawan lewat.
4. Lampu – lampu penerangan pada pabrik harus dipasang memadai.
5. Kabel – kabel listrik pada daerah suatu proses diberi isolasi khusus yang tahan terhadap panas.
6. Bangunan – bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir.
7. Ventilasi udara untuk laboratorium dan ruang penyimpanan bahan kimia harus cukup, agar sirkulasi udara baik.
8. Sistem pemadaman kebakaran disesuaikan dengan jenis proses.
9. Pengontrolan harus diadakan secara periodik untuk semua peralatan dan instalasi pabrik.

### 7.2.1 Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan

Secara umum sebab terjadinya kecelakaan sebagai berikut :

1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.

Kecelakaan terjadi akibat :

- Kesalahan perencanaan.
  - Rusaknya peralatan.
  - Kesalahan waktu pembelian.
  - Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
  - Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.
2. Manusia (karyawan)
- Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) antara lain :
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
  - Ketidakcocokan karyawan dengan peralatan proses atau lingkungan kerja.
  - Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
  - Ketidakmampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.
3. Sistem manajemen
- Adapun kecelakaan yang disebabkan oleh sistem manajemen adalah :
- Kurangnya perhatian terhadap keselamatan kerja.
  - Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
  - Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan pabrik dan modifikasi pabrik.
  - Tidak mengadakan inspeksi peralatan.
  - Kurang perhatian pada sistem penganggulangan bahaya.

### **7.2.2 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja**

Untuk meningkatkan keselamatan kerja yang harus diperhatikan dahulu adalah perkiraan–perkiraan di daerah mana yang paling rawan dengan kecelakaan. Kemudian mengetahui jenis kecelakaan apa saja yang dapat terjadi.

Dilokasi pabrik PCC ini kemungkinan jenis kecelakaan yang terjadi adalah:

1. Kecelakaan karena ledakan dan kebakaran dapat terjadi terutama di area proses dan utilitas. Hal – hal yang perlu diperhatikan:
  - Cara pemasangan peralatan proses pabrik.
  - Kondisi operasi yang terjadi pada masing – masing alat.

- Pemeriksaan terhadap peralatan hendaknya dilakukan secara rutin.
- Menyediakan alat pemadam kebakaran serta alat penyelamatan yang baru.

## 2. Kecelakaan secara fisik

Kecelakaan ini terjadi karena :

### ➤ Benturan

Pencegahan dapat dilakukan dengan :

- Memberi pagar pembatas pada peralatan yang bergerak.
- Mewajibkan setiap karyawan memakai helm dan sepatu pengaman apabila masuk ke lokasi pabrik.

### 7.2.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia.

Semua jenis APD harus digunakan sebagaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar-benar sesuai dengan standar keselamatan kerja (K3L 'Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan').

Hukum yang mendasari adalah:

1. Undang-undang No.1 tahun 1970.
  - a) Pasal 3 ayat (1) butir f: Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat untuk memberikan APD
  - b) Pasal 9 ayat (1) butir c: Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
  - c) Pasal 12 butir b: Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
2. Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981
 

Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan alat pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.
3. Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982

Pasal 2 butir I menyebutkan memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja

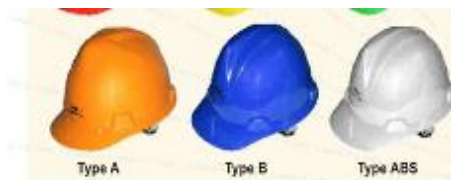
4. Permenakertrans No.Per.03/Men/1986

Pasal 2 ayat (2) menyebutkan tenaga kerja yang mengelola Pestisida harus memakai alat-alat pelindung diri yang berupa pakaian kerja, sepatu laras tinggi, sarung tangan, kacamata pelindung atau pelindung muka dan pelindung pernafasan.

#### 7.2.4 Macam-Macam Alat Pelindung Diri

##### 1. *Safety Helmet*

*Safety helmet* merupakan alat pelindung kepala yang melindungi kepala dari benda-benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.



**Gambar 7.2** *Safety Helmet*

##### 2. Tali Keselamatan (*safety belt*)

Berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat, dan lain-lain). Sehingga saat kita terjatuh, ada tali pengaman yang menyangga tubuh kita.



**Gambar 7.3** *Safety Belt*

##### 3. Sepatu Karet (*Boot*)

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan dilapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



**Gambar 7.4** *Boot*

#### **4. Sepatu Keselamatan (*Safety Shoes*)**

Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



**Gambar 7.5** *Safety Shoes*

#### **5. Sarung Tangan (*Gloves*)**

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan disesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.



**Gambar 7.6** *Safety Gloves*

#### **6. Penutup Telinga (*Ear Plug / Ear Muff*)**

Berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising. Sumbat Telinga Sumbat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara biasanya (komunikasi) tak terganggu.



**Gambar 7.7** *Ear Plug*

### 7. Kaca Mata Pelindung (*Safety Glasses*)

Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas) agar tidak terkena benda-benda.



**Gambar 7.8** *Safety Glasses*

### 8. Masker (*Respirator*)

Berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun, dsb).



**Gambar 7.9** *Respirator*

### 9. Pelindung wajah (*Face Shield*)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda).



**Gambar 7.10** *Face Shield*

### 10. Jas Hujan (*Rain Coat*)

Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



**Gambar 7.11** *Rain Coat*

## **BAB VIII**

### **ORGANISASI PERUSAHAAN**

Organisasi perusahaan adalah suatu proses yang menjadi tempat orang-orang berinteraksi untuk mencapai tujuan perusahaan. Organisasi merupakan hal yang penting untuk perusahaan, hal ini menyangkut keberhasilan dan efektivitas dalam peningkatan pendapatan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan.

#### **8.1 Bentuk Perusahaan**

Pada Pra Rancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonat* (PCC) untuk industri farmasi dan makanan ini, bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan ini didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut:

- a. Perseroan Terbatas adalah suatu badan hukum, artinya pemegang saham adalah pemilik dari perusahaan dan kekuasaan tertinggi pada rapat pemegang saham.
- b. Tanggung jawab dan wewenang pemegang saham terbatas karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan, sehingga pembagian hak dan wewenang antara pemegang saham dengan pelaksanaan perusahaan terlihat dengan jelas.
- c. Direktur perusahaan adalah orang yang dipandang mampu mengendalikan perusahaan sehingga diharapkan mampu mendapatkan keuntungan yang maksimal.
- d. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- e. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya salah satu pemegang saham, direksi beserta stafnya serta karyawan perusahaan.
- f. Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

#### **8.2 Struktur Organisasi**

Struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktivitas perusahaan dalam pencapaian keuntungan yang maksimal dan perkembangan perusahaan yang baik. Dalam pengelolaan perusahaan direncanakan memakai sistem *Line and staff*



*organization*. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa azas yang akan dijadikan pedoman, antara lain :

- Pembagian tugas dan wewenang yang jelas.
- Sistem *control* atas kerja yang telah dilaksanakan.
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis, dimana :

- Pimpinan yang terpusat pada satu tangan tidak akan menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam menjalankan tugas (adanya kesatuan komando).
- Kepala bagian merupakan orang yang ahli di bidangnya.
- Keputusan dapat dijalankan dengan cepat.

Ada dua kelompok penting yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

- Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok operasional produksi.
- Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang membantu tugas dari para Dewan Direksi dan Kepala Bagian.

Perusahaan dipimpin oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direksi.

Dalam kegiatan operasionalnya direksi dibantu oleh *staff* dan kepala departemen. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris yang merupakan wakil dari pemegang saham mayoritas sebagai badan tertinggi yang berkewajiban menentukan kebijaksanaan umum dan mengawasi jalan perusahaan.

### **8.3 Tugas dan Wewenang**

Pembagian tugas dan wewenang merupakan hal yang sangat penting dalam suatu kegiatan guna kelancaran operasi perusahaan. Adapun tugas dan wewenang tiap jabatan adalah sebagai berikut :

#### **8.3.1 Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Para pemilik saham sebagai pemilik perusahaan mempunyai kekuasaan tertinggi. Kekuasaan

tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUSP). Rapat umum tersebut mempunyai wewenang:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b. Menentukan gaji dari Dewan Komisaris
- c. Menyerahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.
- d. Evaluasi kinerja perusahaan

### **8.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris selaku pimpinan tertinggi yang diangkat oleh rapat pemegang saham untuk masa jabatan tertentu mempunyai tugas dan wewenang :

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah.
- Menilai dan menyetujui rencana direktur, target laba perusahaan, lokasi sumber-sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Mengawasi tugas-tugas direktur dan membantunya dalam hal yang penting.
- Sebagai wakil pemilik saham, dewan ini bertanggung jawab langsung kepada pemilik saham.

### **8.3.3 Direktur**

Direktur utama membawahi kepala bagian. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu:

- Melaksanakan kebijakan dewan komisaris
- Menyusun target laba perusahaan, lokasi sumber-sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Membuat keputusan serta membuat perjanjian kerjasama dan kontrak kerja dengan pihak luar organisasi.
- Menetapkan kebijakan umum dalam perencanaan dan pelaksanaan program perusahaan.
- Memberikan laporan kegiatan kepada dewan komisaris

### 8.3.4 Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

- Bertanggung jawab kepada direktur atas tugas yang diberikan untuk mencapai target yang telah direncanakan.
- Mengawasi kualitas dan kuantitas barang-barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.
- Menciptakan kerja sama yang baik dan menjamin keselamatan para karyawan dan memberikan saran-saran serta membuat laporan secara berkala kepada atasan.

Kepala bagian ini terdiri atas :

#### a. Bagian Keuangan dan Pemasaran

Bagian ini terbagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Bagian anggaran dan akuntansi, mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :
  - Mengelola anggaran pendapatan dan belanja perusahaan.
  - Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan.
  - Mengatur dan merencanakan pembelian barang investasi.
  - Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran dan pembelian bahan baku dan penjualan produk.
  - Membuat dan membukukan pemasukan dan pengeluaran perusahaan.
2. Bagian pemasaran mempunyai wewenang untuk melaksanakan pemasaran produksi. Bagian pemasaran mempunyai wewenang sebagai berikut :
  - Menentukan daerah-daerah pemasaran hasil produksi.
  - Meningkatkan hubungan kerjasama yang baik dengan perusahaan luar.

#### b. Bagian Logistik

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur penerimaan, pergudangan dan suplai bahan baku serta alat-alat yang merupakan kebutuhan produksi.

- Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat-alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi dua bagian, yaitu :

1. Perlengkapan

Tugasnya membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain-lain.

2. Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang-barang jadi, suku cadang, bahan-bahan kimia dan lain-lain.

**c. Bagian Administrasi dan Personalia**

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi empat, yaitu :

1. Bagian personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- Menerima dan memberhentikan tenaga kerja yang sesuai dengan kemampuan dan keahlian masing-masing.
- Memberikan penilaian terhadap prestasi karyawan.
- Memberikan latihan dan peningkatan bagi peningkatan mutu dan prestasi karyawan.

2. Bagian administrasi dan tata usaha

Bagian ini bertugas membuat dan mengatur kelancaran administrasi dalam perusahaan.

3. Bagian hubungan masyarakat

Bagian ini mempunyai tanggung jawab dalam mengelola hubungan dengan masyarakat dan izin-izin yang menyangkut perusahaan.

4. Bagian umum

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Memberikan pelayanan bagi semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas-fasilitas kesehatan.
- Bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan yang meliputi satuan pengamanan (satpam) dan pemadam kebakaran.

#### **d. Bagian Produksi**

Bagian produksi bertanggung jawab terhadap proses produksi, yaitu mengoperasikan peralatan atau mengendalikan proses terutama penyediaan utilitas, pengemasan, pengepakan produk dan perencanaan produksi yang akan datang. Bagian produksi dibagi dua bagian, kedua bagian ini mempunyai tanggung jawab sendiri-sendiri, diantaranya :

##### 1. Bagian Produksi

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Melaksanakan dan mengawasi operasi selama proses berlangsung.
- Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi.

##### 2. Bagian Utilitas

Bagian ini bertanggung jawab terhadap penyediaan air, listrik dan lain-lainnya yang berkaitan dengan kelancaran fungsional utilitas.

#### **e. Bagian Teknik**

Bagian ini bertanggung jawab memelihara semua peralatan fisik pabrik. Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu :

##### 1. Bagian teknik pemeliharaan mesin dan peralatan (*maintenance*), mempunyai wewenang :

- Mengawasi dan menyelenggarakan pemeliharaan peralatan.
- Melakukan perbaikan untuk kelancaran operasi.

##### 2. Bagian teknik umum

Bagian ini bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan-perbaikan fasilitas-fasilitas penunjang lainnya.

#### **f. Bagian Penelitian dan Pengembangan**

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu:

##### 1. Bagian pengendalian mutu

Mempunyai tugas :

- Membuat program dan melaksanakan suatu penelitian guna meningkatkan mutu produksi dan efisiensi proses produksi.
- Mengawasi pelaksanaan penelitian dan analisa hasil produksi.

##### 2. Bagian laboratorium

Mempunyai tugas dan wewenang :

- Melakukan analisa terhadap bahan baku yang terlibat dalam proses produksi.
- Melakukan analisa semua bahan yang terlibat untuk mengontrol proses produksi.

#### **8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji**

Pada pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) untuk industri farmasi dan makanan ini sistem gaji karyawan ditentukan berdasarkan tanggung jawab serta keahlian karyawan tersebut. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

##### **1. Karyawan tetap**

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan suatu keputusan direktur dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

##### **2. Karyawan harian**

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direktur tanpa surat keputusan direktur dan mendapat upah harian yang dibayar setengah bulan sekali sesuai dengan hari kerja.

##### **3. Karyawan tidak tetap (kontrak)**

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik saat diperlukan sesuai perjanjian yang disepakati dan diberhentikan sesuai masa kontrak kerja. Keselamatan seluruh karyawan selama jam kerja dijamin dengan asuransi tenaga kerja.

#### **8.5 Sistem Kerja**

Pabrik *Precipitated Calcium Carbonat* (PCC) untuk industri farmasi dan makanan ini beroperasi selama 330 hari setahun secara kontinyu dengan waktu kerja 24 jam sehari. Untuk menjaga kelancaran produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, masa waktu kerja dibagi dengan *shift* dan *non shift*.

##### **8.5.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift***

Waktu kerja untuk karyawan *non shift* dapat dilihat pada Tabel 8.1.

**Tabel 8.1** Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin s/d Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

**8.5.2** Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Pembagian jam kerja terdiri dari 3 *shift* dan 4 group, dimana 3 group melakukan *shift* sedangkan satu *shift* libur. Setiap group dikepalai seorang *foreman shift*. Pengaturan jam kerja *shift* ini adalah :

- *Shift 1* (Pagi) : jam 07.00 – 15.00
- *Shift 2* (Sore) : jam 15.00 – 23.00
- *Shift 3* (Malam) : jam 23.00 – 07.00

**8.6** Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada Pra Rancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonat* (PCC) dari kapur tohor ini dapat dilihat pada Tabel 8.2 dan Tabel 8.3.

**Tabel 8.2** Karyawan *Non Shift*

No	Jabatan	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	2
2.	Direktur Utama	1
3.	Kepala Bagian	4
4.	Karyawan Teknik Lingkungan	1
5.	Karyawan Akuntansi	3
6.	Karyawan produksi dan pemasaran	2
7.	Karyawan Administrasi dan manajemen	2
8.	Sekretaris	1
9.	Kepala satpam	1
10.	Sopir	2
11.	Dokter	1
12.	Perawat	2
<b>Jumlah</b>		<b>22</b>

**Tabel 8.3** *Karyawan Shift*

No	Jabatan	Operator
1.	Karyawan Produksi	36
2.	Karyawan Utilitas	6
3.	Karyawan Mesin (teknisi)	3
4.	Karyawan Laboratorium dan Pengendali Mutu	8
5.	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal	3
6.	Satpam	3
7.	Supervisor	2
8.	<i>Office boy</i>	4
<b>Jumlah</b>		<b>65</b>

### 8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial atau jaminan sosial adalah suatu bentuk pemberian penghasilan, baik dalam bentuk materi ataupun non materi, yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan untuk selama masa pengabdianya ataupun setelah berhenti karena pensiun atau karena lanjut usia dalam usaha pemenuhan kebutuhan, baik kebutuhan materi atau non materi, kepada para karyawan dengan tujuan untuk memberikan semangat atau dorongan kepada para karyawan (Wursanto, 2005). Jaminan sosial diberikan kepada karyawan, antara lain :

- a. Tunjangan
  - Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan.
  - Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
  - Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- b. Cuti
  - Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja setahun.
  - Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
  - Cuti mendadak diberikan kepada karyawan apabila terjadi hal-hal diluar dugaan.
- c. Perlengkapan kerja karyawan produksi



Perlengkapan kerja diberikan kepada karyawan berupa *safety shoes, safety earring, helm, pakaian, masker dan kacamata*.

d. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

e. Asuransi tenaga kerja (ASTEK)

Sesuai dengan yang telah diatur pada pasal 15 ayat 2 Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan transmigrasi Republik Indonesia No. PER.07/MEN/V/2010, premi Asuransi ditetapkan sebesar Rp. 400.000,- yang terdiri dari;

- a. Premi Asuransi TKI Pra Penempatan sebesar Rp. 50.000,-
- b. Premi Asuransi TKI Masa Penempatan sebesar Rp. 300.000,-
- c. Premi Asuransi TKI Purna Penempatan sebesar Rp. 50.000,-

PP No 84 Tahun 2013 menetapkan jaminan kesehatan bagi tenaga kerja.

Pasal 9 ayat (1) berbunyi, Sbb:

- (1). Besarnya iuran program jaminan sosial tenaga kerja, adalah :
  - a. Jaminan Kecelakaan kerja yang perincian besarnya iuran berdasarkan kelompok jenis usaha sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1, antara lain :
    - Kelompok I : 0,24% dari upah sebulan
    - Kelompok II : 0,54% dari upah sebulan
    - Kelompok III : 0,89% dari upah sebulan
    - Kelompok IV : 1,27% dari upah sebulan
    - Kelompok V : 1,74% dari upah sebulan
  - b. Jaminan Hari Tua, sebesar 5,70% dari upah sebulan
  - c. Jaminan Kematian, sebesar 0,30% dari upah sebulan
- (2). Iuran Jaminan Kecelakaan kerja dan Jaminan Kematian ditanggung sepenuhnya oleh pengusaha

- (3). Iuran Jaminan Hari Tua sebagaimana dimaksud dalam ayat (1). Huruf b, sebesar 3,70% ditanggung oleh pengusaha dan sebesar 2% ditanggung oleh tenaga kerja.

## **BAB IX**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi diperlukan untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik. Faktor-faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi adalah :

1. Investasi yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik sampai beroperasi yang dikenal dengan istilah *Total Capital Investment*.
2. Biaya produksi (*Total Production Cost*).
3. Harga jual produk yang dihasilkan.
4. Tinjauan kelayakan dari investasi yang disebut *Profitability Measure of Investment*.

Tinjauan kelayakan ini terdiri atas perhitungan laba kotor dan laba bersih, laju pengembalian modal (*Rate of Return*), waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*) serta titik impas (*Break Even Point*).

#### **9.1 *Total Capital Investment (TCI)***

*Total Capital Investment* adalah sejumlah modal yang ditanamkan/diresikokan untuk mendirikan pabrik sampai pabrik siap beroperasi. *Total Capital Investment* terbagi 2 yaitu :

a. *Fixed Capital Investment (FCI)*

*Fixed Capital Investment*/Investasi biaya tetap adalah modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik serta alat penunjang lainnya sehingga pabrik dapat beroperasi.

b. *Working Capital Investment (WCI)*

*Working Capital Investment*/Investasi biaya kerja adalah modal atau biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik sampai menghasilkan produk perdana. Biaya ini dimaksudkan untuk membiayai start up, gaji karyawan, pembelian bahan baku, pajak dan kebutuhan lainnya.

Berdasarkan perhitungan didapatkan *Total Capital Investment (TCI)* yang dapat dilihat pada Tabel 9.1.

**Tabel 9.1** Biaya Komponen TCI

No.	Komponen TCI	Biaya (\$)	Biaya (Rp.)
1.	<i>Fixed Capital Investment</i>	22.186.855	321.476.428.894
2.	<i>Work Capital Investment</i>	3.915.327	56.731.134.511
3.	<i>Total Capital Investment</i>	26.102.182	378.207.563.404

## 9.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Biaya Produksi (*Total Production Cost*) adalah biaya yang diperkirakan untuk menjalankan pabrik. Biaya produksi terbagi 2 yaitu:

### a. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing cost* adalah biaya yang berhubungan dengan produksi yang terdiri dari *Direct Production Cost*, biaya tetap (*Fixed Cost*) dan *Plant Overhead Cost*. Berdasarkan perhitungan, didapatkan harga *manufacturing cost* seperti pada Tabel 9.2.

**Tabel 9.2** Biaya Komponen *Manufacturing Cost*

No.	Komponen <i>Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (IDR)
1.	<i>Direct Production Cost</i>	297.194.227	4.306.195.750.508
2.	<i>Fixed Cost</i>	2.529.301	36.648.312.894
3.	<i>Plant Overhead Cost</i>	18.071.358	261.844.948.135

### b. *General Expenses (GE)*

*General expenses* adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan administrasi, distribusi, penjualan produk, penelitian dan pembiayaan lainnya. Berdasarkan perhitungan, *GE* yang didapatkan adalah US\$ 43.632.282 atau IDR 632.209.951.157. Sehingga diperoleh *Total Production Cost* sebesar US\$ 361.427.169 atau IDR 5.236.898.962.694.

## 9.3 Harga Jual (*Total Sales*)

Produk yang dihasilkan pada pabrik PCC ini adalah berupa PCC dengan tingkat kemurnian tinggi. Dengan harga pasaran US\$ 3,7 per kg nya. Sehingga didapatkan total penjualan sebesar US\$ 370.000.000 tiap tahunnya. Sementara itu biaya produksi dalam setahun adalah sebesar US\$ 267.807.591. Keuntungan yang didapat adalah sebesar US\$ 8.572.831.

## 9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik PCC dengan kapasitas produksi 100.000 Ton/Tahun dapat dilihat sebagai berikut.

a. Laba Kotor dan Laba Bersih

Laba adalah hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi total biaya produksi. Laba kotor adalah laba sebelum dikeluarkan pajak sedangkan laba bersih adalah laba yang diperoleh setelah dikeluarkan pajak. Berdasarkan perhitungan dapat diketahui dari Tabel 9.3.

**Tabel 9.3** Laba Kotor dan Laba Bersih

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (IDR)
1.	Laba Kotor	8.572.831	124.216.037.306
2.	Laba Bersih	7.501.227	108.689.032.643

b. Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return* / ROR) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai ROR sebesar 59 %. Hal ini menandakan bahwa pabrik PCC dengan kapasitas produksi 100.000 Ton/tahun layak untuk didirikan.

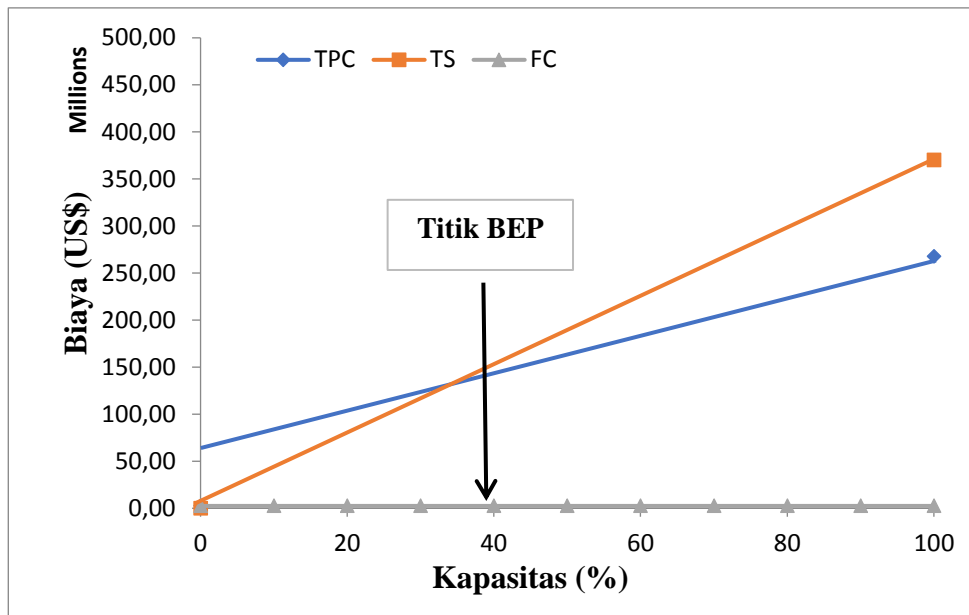
c. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time* / POT) merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal yang dipinjam.

Berdasarkan perhitungan, POT yang didapatkan adalah 3 tahun.

d. Titik Impas (*Break Event Point*)

Titik Impas (*Break Event Point* / BEP) atau yang lebih dikenal dengan sebutan titik impas merupakan suatu kondisi dimana hasil penjualan produk sama dengan biaya produksi. Berdasarkan perhitungan, didapatkan BEP sebesar 38 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada 38 % dari kapasitas produksi yang terjual di pasaran pabrik sudah bisa menutupi biaya produksi atau pabrik dinyatakan baru balik modal. Kurva BEP ini dapat dilihat pada Gambar 9.1.



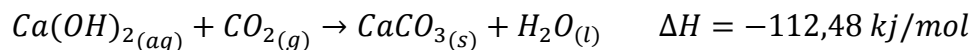
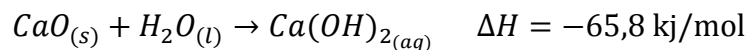
Gambar 9.1 Grafik *Break Event Point* (BEP)

## BAB X

### TUGAS KHUSUS

#### 10.1 Pendahuluan

Industri kimia merupakan industri yang mengolah bahan baku menjadi produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses kimia. Proses sintesa dalam pembuatan PCC menggunakan bahan baku kapur tohor yang direaksikan dengan air untuk membentuk produk  $\text{Ca(OH)}_2$ , kemudian direaksikan dengan  $\text{CO}_2$  menjadi PCC, lidah buaya sendiri berfungsi sebagai pengubah morfologi dan ukuran partikel PCC yang terbentuk. Reaksi yang terjadi sebagai berikut;



Perancangan pabrik PCC harus mempertimbangkan ketersediaan lahan dan bahan baku, pemilihan proses dan peralatan yang digunakan serta pemasaran hasil produksi. Tahapan proses produksi PCC meliputi perlakuan awal, unit sintesa, unit pemisahan, unit pemurnian dan pengemasan produk. Sebelum proses produksi berjalan, langkah awal yang terlebih dahulu dilakukan yaitu membuat rancangan peralatan proses yang digunakan.

Pada tugas khusus ini perancangan alat transportasi cairnya yaitu pompa, alat transportasi padatnya yaitu *Screw Conveyor* perancangan alat perpindahan panasnya yaitu *Cooler*, untuk reaktor yaitu PFBR dan alat pemisahannya yaitu *Rotary Dryer*.

Pompa merupakan alat transportasi cair, jenis yang digunakan yaitu pompa sentrifugal. Pada prarancangan ini pompa yang akan dirancang yaitu pompa yang mengalirkan hasil dari CSTR menuju PFBR. Selanjutnya yaitu *Screw Conveyor* yang berfungsi untuk mengangkut CaO dari Storage ke CSTR. Rancangan selanjutnya yaitu *Cooler* fungsinya yaitu untuk mendinginkan ekstrak lidah buaya dari *Rotary Vacuum Filter* ke CSTR. Alat selanjutnya yaitu PFBR, fungsinya yaitu untuk mereaksikan  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan  $\text{CO}_2$  sehingga menjadi produk yang diinginkan

yaitu PCC ( $\text{CaCO}_3$ ). Alat yang terakhir yaitu *Rotary Dryer*, fungsi dari alat ini yaitu untuk menghilangkan kadar air produk atau PCC sehingga kadar air PCC menjadi kecil dari 1 %.

## 10.2 Ruang Lingkup Rancangan

Perancangan peralatan proses yang digunakan dalam produksi PCC terdiri atas rancangan reaktor, alat transportasi, perancangan alat perpindahan panas dan rancangan peralatan pemisah. Reaktor merupakan tempat terjadinya reaksi kimia dalam proses produksi PCC, alat transportasi fluida cair berupa pompa, alat transportasi padat berupa *screw conveyor*, alat perpindahan panas meliputi rancangan *cooler*, serta rancangan *rotary dryer* sebagai alat pemisah. Rancangan lengkap peralatan proses dapat dilihat pada sub bab rancangan.

## 10.3 Rancangan

### 10.3.1 Pompa

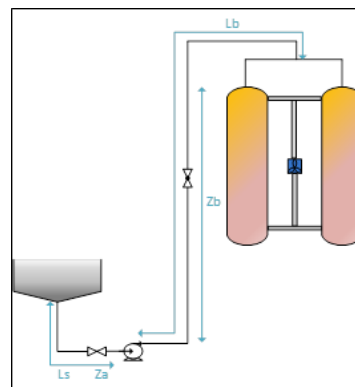
Fungsi : Mengalirkan larutan CSTR ke PFBR

Tipe : *Centrifugal Pump*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.1** Pompa Sentrifugal

Daya pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$



Atau

$$\eta W_p = \left( \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left( \frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = 79\%$$

(Peters, Fig. 14.37)

Data :

- Laju alir massa, m : 433.389,8  $\frac{kg}{jam}$   
: 955.451,1  $\frac{lb}{jam}$
- Densitas,  $\rho$  : 978,01  $kg/m^3$   
: 61,06  $lb/ft^3$
- Viskositas,  $\mu$  : 0,000022  $lb/ft.hr$
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk,  $Z_a$  : 0 m = 0 ft
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar,  $Z_b$  : 9 m = 29,52 ft
- Panjang pipa hisap,  $L_s$  : 3,6 m = 11,7 ft
- Panjang pipa buang,  $L_d$  : 14 m = 47 ft
- Faktor keamanan 10%

PROCESS DESIGN DEVELOPMENT 37

TABLE 6  
Factors in equipment scale-up and design

Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	>100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	>100:1	20
Centrifugal pumps	No	Discharge head	Flow rate Power input Impeller diameter	>100:1 >100:1 10:1	10

(Peter's, Tabel 6)

Laju alir volumetrik,  $Q_v$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{m}{0,9} \\
 &= \frac{955.451,1 \text{ lb/jam}}{0,9} \\
 &= 481.544,2 \text{ lb/jam} \\
 &= 133,8 \text{ lb/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \frac{Q_p}{\rho} \\
 &= \frac{133,8 \text{ lb/s}}{61,05 \text{ lb/ft}^3} = 2,19 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

### Diameter optimum, $D_{opt}$

Asumsi aliran turbulen

making design estimates:

For turbulent flow ( $N_{Re} > 2100$ ) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3,9 q_f^{0,45} \rho^{0,13} \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 D_{opt} &= 3,9 * Q_v^{0,45} * \rho^{0,13} && \text{(Peter, Hal 496 Pers 14.15)} \\
 &= 3,9 * (2,19)^{0,45} * (61,05)^{0,13} \\
 &= 7,5 \text{ in} = 8 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan App 5 Mc. Cabe, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut :

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	8 in sch 40	
OD	8,625 in = 0,72 ft	8,625 in = 0,72 ft
ID	7,981 in = 0,67 ft	7,981 in = 0,67 ft
a''	0,3474 ft <sup>2</sup>	

## Kecepatan aliran, V

$V_a = V_b$ , karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a''}$$

$$= \frac{2,19 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 6,31 \text{ ft/dt}$$

$$\frac{V^2}{2g_c} = \frac{(6,31)^2}{2 \times 32,17} = 0,62 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

## Bilangan Reynolds, $N_{Re}$

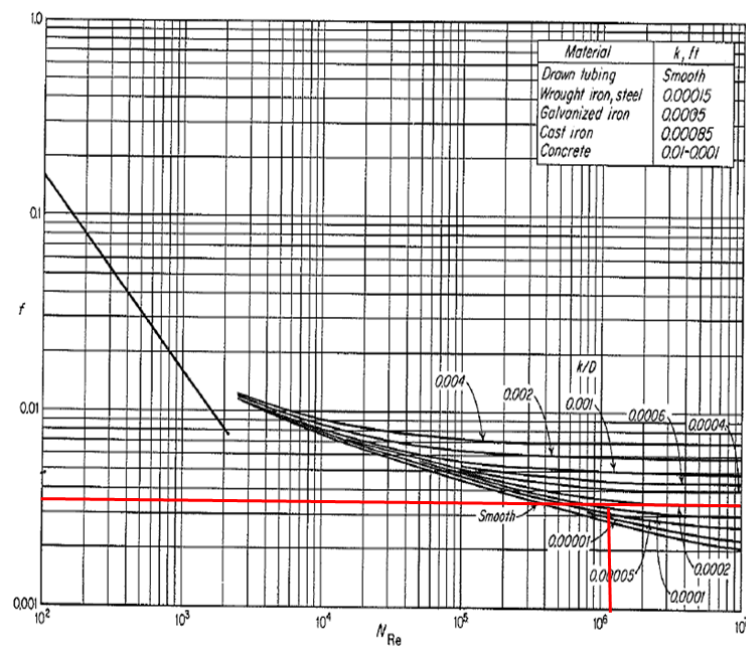
**SIGNIFICANCE OF DIMENSIONLESS GROUPS.**<sup>23</sup> The three dimensionless groups in Eq. (9.14) may be given simple interpretations. Consider the group  $nD_a^2\rho/\mu$ . Since the impeller tip speed  $u_2$  equals  $\pi D_a n$ ,

$$N_{Re} = \frac{nD_a^2\rho}{\mu} = \frac{(nD_a)D_a\rho}{\mu} \propto \frac{u_2 D_a \rho}{\mu} \quad (9.17)$$

(Mc. Cabe Hal 249)

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

$$= \frac{61,05 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 6,31 \frac{\text{ft}}{\text{dt}} \times 0,72 \text{ ft}}{0,000023 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} = 12276635$$



## Rugi Gesek

### - Pipa hisap (*suction*)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsa} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

104 FLUID MECHANICS

where  $D_i$  and  $D_o$  are the inside and outside diameters of the annulus, respectively. The equivalent diameter of an annulus is therefore the difference of the diameters. Also, the equivalent diameter of a square duct with a width of side  $b$  is  $4(b^2/4b) = b$ .

The hydraulic radius is a useful parameter for generalizing fluid-flow phenomena in turbulent flow. Equation (5.7) can be so generalized by substituting  $4r_H$  for  $D$  or  $2r_H$  for  $r_w$ :

$$h_{fs} = \frac{\tau_w}{\rho r_H} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{\bar{V}^2}{2g_c} \quad (5.56)$$

$$N_{Re} = \frac{4r_H \bar{V} \rho}{\mu} \quad \text{Mc.Cabe} \quad (5.57)$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

Thus, for the special case of a circular tube, the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} \quad \text{Mc.Cabe Hal 103}$$

$$= \frac{0,665 \text{ ft}}{4} = 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *Commercial Steel Pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,6651 \text{ ft}} = 0,0002$$

$$f = 0,005 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekuivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned} h_{fsa} &= 0,005 \times \frac{11,7+30+8 \text{ ft}}{0,1663 \text{ ft}} \times 0,6181 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 0,8873 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting*

$$h_{ffa} = K_f \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

**EFFECT OF FITTINGS AND VALVES.** Fittings and valves disturb the normal flow lines and cause friction. In short lines with many fittings, the friction loss from the fittings may be greater than that from the straight pipe. The friction loss  $h_{ff}$  from fittings is found from an equation similar to Eqs. (5.59) and (5.65):

$$h_{ff} = K_f \frac{V_a^2}{2g_c} \quad (5.67)$$

Mc.Cabe Hal 107

where  $K_f$  = loss factor for fitting

$V_a$  = average velocity in pipe leading to fitting

$$K_f (\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f (\text{gate valve}) = 0,2$$

#### 108 FLUID MECHANICS

Mc.Cabe

TABLE 5.1  
Loss coefficients for standard  
threaded pipe fittings†

Fitting	$K_f$
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

$$\text{Total } K_f = 0,9 + 0,2 = 1,1$$

Maka,

$$\begin{aligned} h_{ffa} &= 1,1 \times 0,6181 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 0,75 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- **Pipa buang (discharge)**

Pada pipa buang, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

**104 FLUID MECHANICS**

where  $D_i$  and  $D_o$  are the inside and outside diameters of the annulus, respectively. The equivalent diameter of an annulus is therefore the difference of the diameters. Also, the equivalent diameter of a square duct with a width of side  $b$  is  $4(b^2/4b) = b$ .

The hydraulic radius is a useful parameter for generalizing fluid-flow phenomena in turbulent flow. Equation (5.7) can be so generalized by substituting  $4r_H$  for  $D$  or  $2r_H$  for  $r_w$ :

$$h_{fs} = \frac{\tau_w}{\rho r_H} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{\bar{V}^2}{2g_c} \quad (5.56)$$

$$N_{Re} = \frac{4r_H \bar{V} \rho}{\mu} \quad \text{Mc.Cabe} \quad (5.57)$$

$$\begin{aligned} r_H &= \frac{ID}{4} \\ &= \frac{0,6651 \text{ ft}}{4} = 0,1663 \text{ ft} \end{aligned}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,6651 \text{ ft}} = 0,0002$$

$$f = 0,005 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekuivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned} h_{fsb} &= 0,005 \times \frac{46,4+30+340 \text{ ft}}{0,1663 \text{ ft}} \times 0,6181 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb} \\ &= 7,43 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting* dan *valve*

$$h_{ffb} = K_f \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f(\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f(\text{globe valve}) = 10 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$\text{Total } K_f = 2 \times 0,9 + 1 \times 10 = 11,8$$

Maka,

$$h_{ffb} = 11,8 \times 0,6181 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$= 7,3 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

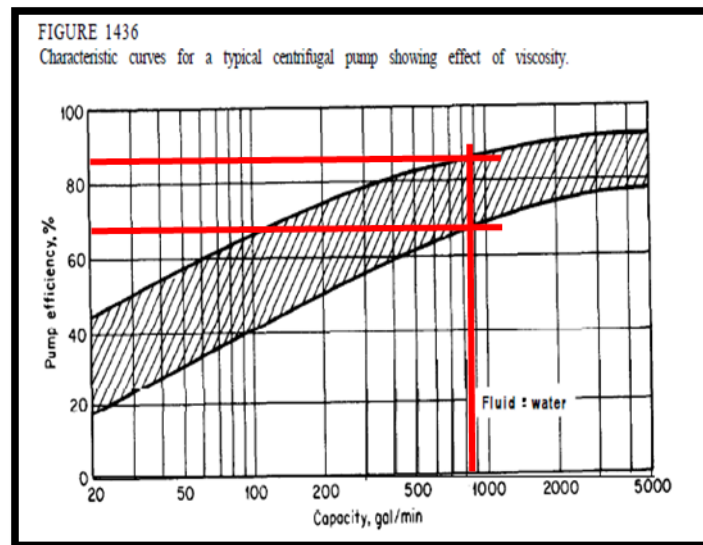
Sehingga, total rugi gesek adalah

$$= h_{f_{sa}} + h_{f_{sb}} + h_{f_{fa}} + h_{f_{fb}}$$

$$= (0,89 + 0,68 + 7,43 + 7,29) \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$= 16,29 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

- **Daya Pompa**



$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0,78 W_p = (29,52 - 0) \text{ ft} + 16,29 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$W_p = 58,73 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p \times m}{550}$$

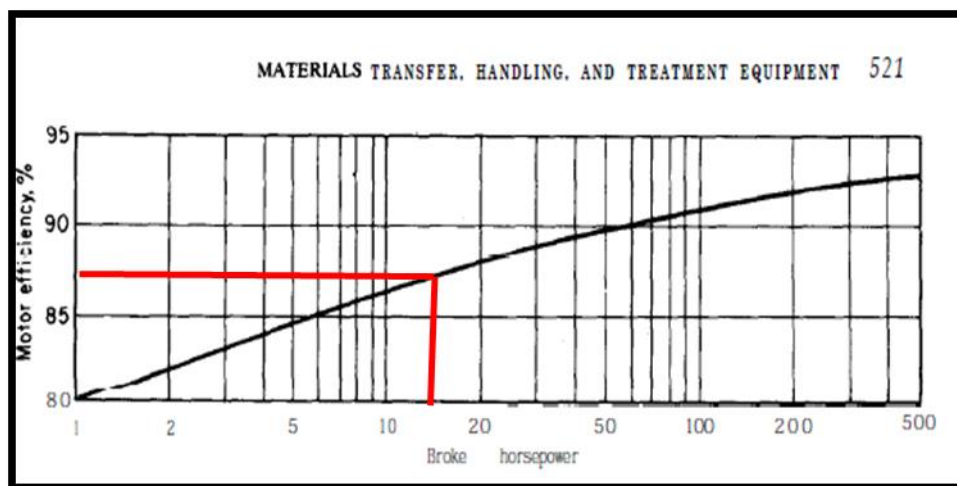
$$= \frac{58,73 \text{ ft.lbf/lb} \times 133,8 \text{ lb/dt}}{550}$$

$$= 14,3 \text{ HP}$$

### Daya motor (MHP)

$$\text{MPH} = \frac{\text{BHP}}{\eta}$$

$$\eta = 85\%$$



(Peters, Fig 14.38)

$$\text{MPH} = \frac{14,3 \text{ HP}}{0,86}$$

$$= 16,6 \text{ HP} \approx 18 \text{ HP}$$

### 10.3.2 Screw Conveyor

Fungsi : Mengangkut Padatan CaO

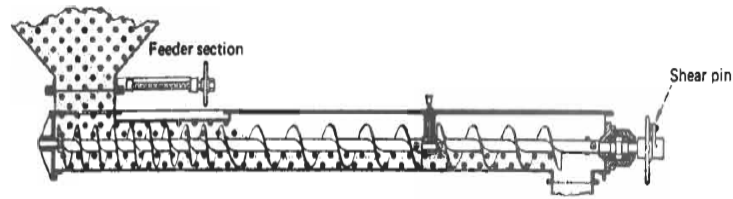
Tipe : *Sectional Spiral Conveyor*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :





**Gambar 10.2** *Screw Conveyor*

Data

Laju Alir Umpan : 8.690 kg/jam

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Densitas Campuran : 20.840 kg/m<sup>3</sup>

Faktor Keamanan :10%

### **Kapasitas Screw Conveyor, Vs**

$$V_b = \frac{\text{massa}}{\rho}$$

$$= \frac{8.690 \text{ kg/jam}}{20.840} = 0,42 \text{ m}^3/\text{jam} = 14,73 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Maka,

$$V_s = \frac{V_b}{0,9} = \frac{0,42 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 0,46 \text{ m}^3/\text{jam} = 16,36 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### **Dimensi Screw Conveyor, Ds**

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 1,1775 D_s^3$$

Maka diameter screw adalah,

$$V_t = V_s$$

$$Vt = 1,1775 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{0,46 m^3}{1,1775} = 0,39 m^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{0,39 m^3} = 0,73 m$$

### **Tinggi Screw, Hs**

$$Hs = 1,5 Dt$$

$$Hs = 1,5 \times 0,73 m = 1,1 m$$

### **Tinggi Padatan Dalam Screw, Hb**

$$Hb = \frac{V_b}{V_s} \times Hs$$

$$Hb = \frac{0,42}{0,46} \times 1,1 = 0,99 m$$

### **Tekanan Padatan Dalam Tangki, Pb**

$$Pb = \rho \times g \times Hc$$

$$Pb = 20.840 \times 9,8 \times 0,99$$

$$Pb = 202.036,78 \text{ kg/m.s}^2 = 1,96 \text{ atm}$$

### **Tekanan Desain, Pd**

$$Pd = Pop + Pb$$

$$Pd = 1 \text{ atm} + 1,96 \text{ atm}$$

$$Pd = 2,96 \text{ atm} = 43,51 \text{ psi}$$

### **Tebal dinding silinder**

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
		1050	5,000
		1200	1,000
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000
		850	16,800
		950	10,000
		1000	6,200
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,200
		800	10,500
		1000	9,700
	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,500
		800	11,000
		1000	10,600
Nonferrous metals	Copper (SB-11)	100	6,700
		400	3,000
		100	2,300
		400	1,000
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.10.

- Tekanan desain, Pd = 43,51 psi
- Jari jari, R = 9,9 in
- Allowable Stress, S = 11500 psi (Peter Tabel 4)
- Efisiensi pengelasan, E = 85%
- Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)
- Lama digunakan = 10 tahun

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{43,51 \text{ psi} \times 9,9 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 43,51 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$T_d = 0,11 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Menurut Perry’s edisi 7, Tabel 18.12 halaman 91, dimensi *Screw Conveyor* adalah sebagai berikut:

**TABLE 21-6 Screw-Conveyor Data for 50-lb/ft<sup>3</sup> Material and Pipe-Mounted Sectional Spiral Flights\***

Capacity†	Diam. of flights,	Diam. of pipe,	Diam. of shafts,	Hanger centers,	Max. size of lumps			Speed,	Max. torque capacity,	Feed section diam.,	hp at motor§					Max. hp capacity at speed	
					All	Lumps 20 to	Lumps 10% or				15-ft. max.	30-ft max.	45-ft max.	60-ft max.	75-ft max.		
5	200	9	2½	2	10	¾	1½	2¼	40	7,600	6	0.43	0.85	1.27	1.69	2.11	4.8
10	400	10	2½	2	10	¾	1½	2¼	55	7,600	9	0.85	1.69	2.25	3.00	3.75	9.0
15	600	10	2½	2	10	¾	1½	2½	80	7,600	9	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	9.6
		12	2½	2	12	1	2	3	45	7,600 16,400	10	1.27 2.25	2.25 3.38	3.38 3.94	3.94 4.93	4.93 11.7	
20	800	12	2½	2	12	1	2	3	60	7,600	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	7.2
		12	3½	3	12	1	2	3	45	16,400	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	15.6
25	1000	12	3½	2	12	1	2	3	75	7,600	10	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0
		14	3½	3	12	1½	2½	3½	45	16,400	12	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	11.7
30	1200	14	3½	3	12	1½	2½	3½	55	16,400	12	2.25	3.94	5.05	6.75	7.50	14.3
35	1400	14	3½	3	12	1½	2½	3½	65	16,400	12	2.62	4.58	5.90	7.00	8.75	16.9
40	1600	16	3½	3	12	1½	3	4	50	16,400	14	3.00	4.50	6.75	8.00	10.00	13.0

\*Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. To convert cubic feet per hour to cubic meters per hour, multiply by 0.02832; to convert tons per hour to metric tons per hour, multiply by 0.9078; and to convert screw size in inches to the nearest screw size in centimeters, multiply by 2.5.  
 †Capacities are based on screws carrying 31 percent of their cross section and, in the case of feed sections with half-pitch flights, based on 100 percent of their cross section.  
 ‡Pipe sizes given are for ¼-in (6.35-mm) flights.  
 §Horsepowers listed are calculated for average conditions and are of the proper motor size with factors for length of conveyor, momentary overloads, etc., taken into consideration.

Jenis

Kapasitas Screw Conveyor = Up to 5 ton/jam (200 ft<sup>3</sup>/jam)

Daya Motor = 4,8 HP

Kecepatan Screw = 55 rpm

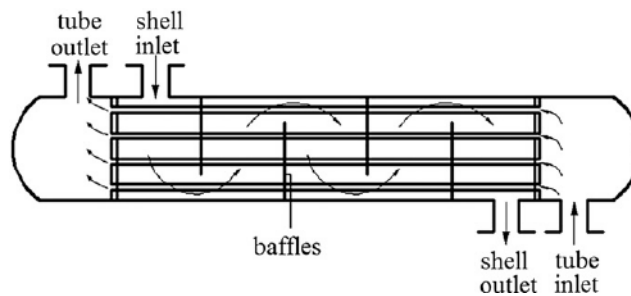
**10.3.3 Cooler**

Fungsi : Mendinginkan Ekstrak Lidah Buaya

Tipe : *Shell and Tube Exchanger*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.3 Cooler**

**1. Data dan Kondisi Operasi:**

**a. Fluida Panas = Steam**

- Laju Alir (Wt) = 113.318 kg/jam = 249,820 lb/jam

- T<sub>1</sub> = 100 °C = 212 °F

- $T_2 = 30\text{ }^\circ\text{C} = 86\text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 3.009.810\text{ kkal/jam} = 11.130.277\text{ Btu/jam}$

**b. Fluida Dingin = Air Pendingin**

- Laju Alir (Wt) =  $75.224\text{ kg/jam} = 165.840\text{ lb/jam}$
- $T_1 = 27\text{ }^\circ\text{C} = 80,6\text{ }^\circ\text{F}$
- $T_2 = 50\text{ }^\circ\text{C} = 122\text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 244.221\text{ kkal/jam} = 903.128\text{ Btu/jam}$

**2.  $\Delta t$  dan LMTD**

	Fluida Panas	Temperatur ( $^\circ\text{F}$ )		Fluida Dingin	Selisih	Tc	tc
<b>T1</b>	212	T tinggi	<b>t2</b>	122	90	255	141,6
<b>T2</b>	86	T rendah	<b>t1</b>	80,6	5,4		
		Diff		41,4	84,6		

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - T_2) - (t_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(212 - 86)^\circ\text{F} - (122 - 80,6)^\circ\text{F}}{\ln \frac{212 - 122}{86 - 80,6}^\circ\text{F}}$$

$$= 30^\circ\text{F}$$

$$\text{R} = \frac{T_{in} - T_{out}}{t_{out} - t_{in}} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(212 - 86)^\circ\text{F}}{(122 - 80,6)^\circ\text{F}} = 3^\circ\text{F}$$

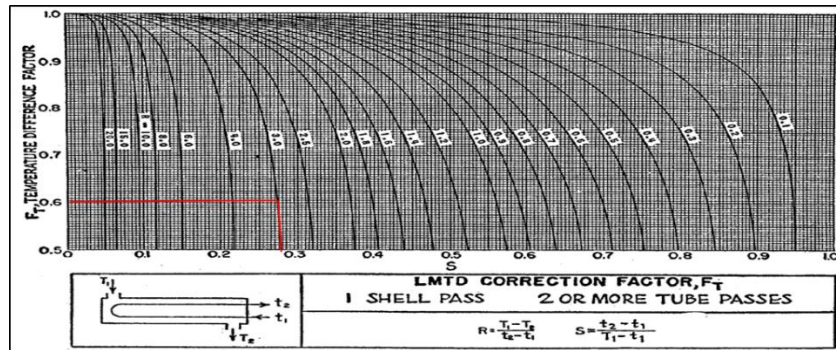
$$\text{S} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(122 - 80,6)^\circ\text{F}}{(212 - 80,6)^\circ\text{F}} = 0,3$$

Diasumsikan Cooler merupakan HE dengan 1 *Shell Pass* dan 2 *Tube Pass*  
 Dari nilai R dan S, maka Faktor Koreksi  $F_T = 0,6$ . (D.Q Kern: Fig. 18 hal. 828)

$$\Delta t = LMTD \times F_T \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 7.42 hal. 828})$$

$$= 30^\circ\text{F} \times 0,6 = 18^\circ\text{F}$$



### 3. Luas Area Perpindahan Panas, A

Berdasarkan Tabel 8, D.Q Kern Hal 840, diperoleh :

$$Ud = 100 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

TABLE 8. APPROXIMATE OVERALL DESIGN COEFFICIENTS  
Values include total dirt factors of 0.003 and allowable pressure drops of 5 to 10 psi on the controlling stream

Hot fluid	Cold fluid	Overall $U_D$
Water	Water	250-500§
Methanol	Water	250-500§
Ammonia	Water	250-500§
Aqueous solutions	Water	250-500§
Light organics*	Water	75-150
Medium organics†	Water	50-125
Heavy organics‡	Water	5-75
Gases	Water	2-50¶
Water	Brine	100-200
Light organics	Brine	40-100

$$A = \frac{Q}{UD \times LMTD} \quad (\text{D.Q Kern, pers. 7.6 hal 140})$$

$$A = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{100 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2} \cdot \text{F} \times 30^\circ\text{F}} = 300 \text{ Ft}^2$$

### 4. Menentukan Jumlah Tube

**Jumlah Tube:**

$$Nt = \frac{A}{L \times a''} = \frac{300 \text{ Ft}^2}{16 \text{ Ft} \times 0,985 \text{ Ft}^2} = 19,1 \approx 20 \text{ yang ada dipasaran } 22$$

Koreksi:

$$A = Nt \times L \times a''$$

$$A = 22 \times 16 \times 0,985 = 346,72 \text{ ft}$$

$$Ud = \frac{Q}{A \times LMTD}$$

$$Ud = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{346,7 \text{ ft} \times 30^\circ\text{F}} = 87 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

### 5. Spesifikasi Shell and Tube

Berdasarkan Tabel 10 dan 9 D.Q Kern, diperoleh spesifikasi perancangan *Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube* dengan :

<i>Shell side</i>		<i>Tube side</i>	
<i>ID (in)</i>	12	<i>Length (ft)</i>	16
<i>Baffle space (in) = 0,2*ID</i>	2	<i>OD (in)</i>	1,25
<i>Passes</i>	1	<i>ID (in)</i>	1,12
<i>Clearance, C'</i>	0,25	<i>BWG</i>	16
		<i>Pitch tube (Pt) (in) - square</i>	1,5
		<i>Passes (n)</i>	3
		<i>Tube</i>	22

<b>Shell Side: Cold Fluid, Air Pendingin</b>	<b>Tube side: Hot Fluid, Ekstrak Lidah Buaya</b>
<b>6. Luas Aliran (Flow Area) Shell, <math>a_s</math></b> $a_s = \frac{ID \times C \times B}{144 \times P_T} = 0,03 ft^2$	<b>1. Luas Aliran (Flow Area) Shell, <math>a_t</math></b> $a't = 0,985 ft^2$ $a_t = \frac{N \times a't}{144 \times n} = 0,05 ft^2$
<b>2. Kecepatan Massa (Mass Velocity), <math>G_s</math></b> $G_s = \frac{W_s}{a_s} = 4.975.196,2 lb/jam ft^2$	<b>7. Kecepatan Massa (Mass Velocity), <math>G_t</math></b> $G_t = \frac{W_t}{a_t} = 4.980.258 lb/jam ft^2$

<p><b>8. Bilangan Reynold (Reynold Number), Res</b></p> <p>Pada <math>t_c = 141,6</math> °F dengan memplot <math>x=10,2</math> dan <math>y=13,0</math> di fig.14 Kern Hal 823, maka didapatkan:</p> <p><math>\mu = 0,43</math> Cp = 1,04 lb/ft.jam</p> $ds = \frac{4 \times (P_T^2 - \frac{\pi \times do^2}{4})}{\pi \times do}$ $= 1,043 \text{ in}$ $Ds = \frac{ds}{12} = 0,087 \text{ ft}$ $Res = \frac{Ds \times Gs}{\mu}$ $= \frac{0,087 \text{ ft} \times 4.975.196.2 \text{ lb/jam ft}^2}{01,04 \text{ lb/ft jam}}$ $= 415.553,4$	<p><b>3. Bilangan Reynold (Reynold Number), Ret</b></p> <p><math>\mu = 0,33</math> Cp = 0,82 lb/ft.jam</p> <p>ID = 1,12 in (Tabel 10 Kern Hal 843)</p> $Ret = \frac{Dt \times Gt}{\mu}$ $= \frac{0,093 \text{ ft} \times 4.980.258 \text{ lb/jam ft}^2}{0,82 \text{ lb/ft jam}}$ $= 566.613$
<p><b>4. Faktor Perpindahan Panas, (<math>J_{Hs}</math>)</b></p> <p><math>J_{Hs} = 450</math> (Kern Fig 28 Hal 838)</p>	<p><b>9. Faktor Perpindahan Panas, (<math>J_{Ht}</math>)</b></p> <p>L = 16 ft</p> <p>D = 0,09 ft</p> <p>L/D = 171,43 ft</p> <p>Dengan memplotkan Ret dengan L/D, maka:</p> <p><math>J_{Ht} = 850</math> (Kern Fig 24 Hal 804)</p>



<p><b>10. Koefisien Perpindahan Panas</b>  Pada <math>t_c = 141,6 \text{ }^\circ\text{F}</math>  <math>c = 1 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}</math> (Kern Fig 2 Hal 804)  Nilai <math>k</math> diambil dari Tabel 4 Kern Hal 800, dengan cara interpolasi, maka:  <math>k = 0,6 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}</math></p> $\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 1,2$	<p><b>5. Koefisien Perpindahan Panas</b>  Pada <math>T_c = 255 \text{ }^\circ\text{F}</math>  <math>c = 1,1 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}</math> (Kern Fig 2 Hal 804)  Nilai <math>k</math> diambil dari Tabel 4 Kern Hal 800, dengan cara interpolasi, maka:  <math>k = 0,82 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}</math></p> $\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 1,03$
<p><b>6. Outside Film Coefficient, <math>h_o</math></b></p> $h_o = Jh \cdot \frac{k}{D_s} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3}$ $h_o = 450 \times \frac{0,6}{0,087} \times 1,2$ $= 3.618,5 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	<p><b>11. Inside Film Coefficient, <math>h_i</math></b></p> $h_i = Jh \cdot \frac{k}{D_t} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3}$ $h_i = 850 \times \frac{0,82}{0,09} \times 1,03$ $= 7.736,75 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ $h_{io} = h_i \cdot \frac{ID}{OD}$ $h_{io} = 7.736,75 \cdot \frac{1,12}{1,25}$ $= 6.932,13 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
<p><b>7. Saat <math>t_w = 255,7^\circ\text{F}</math> maka</b>  <math>\mu_w = 0,14 \times 2,42 = 0,3 \text{ lb/ft.jam}</math></p> $\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ $\phi_s = \left(\frac{1,04}{0,3}\right)^{0,14} = 1,2$ <p><b>8. Koreksi <math>h_o</math></b></p> $h_o = h_o \times \phi_s$ $h_o = 4.234,03 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	<p><b>12. Tube Wall Temperature, <math>t_w</math></b></p> $t_w = t_c + \frac{h_{io}/\phi_t}{h_{io} + h_o}$ $t_w = 255 + \frac{6.932,13}{6.932,13 + 3.618,5}$ $= 255,7 \text{ }^\circ\text{F}$ <p><b>13. Saat <math>t_w = 255,7^\circ\text{F}</math> maka</b>  <math>\mu_w = 0,14 \times 2,42 = 0,34 \text{ lb/ft.jam}</math></p> $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ $\phi_t = \left(\frac{0,82}{0,34}\right)^{0,14} = 1,13$

	<p><b>14. Koreksi hio</b></p> $hio = hio \times \phi t$ $hio = 7.845,8 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
--	--

**15. Clean Overall Coefficient, U<sub>c</sub>**

$$U_c = \frac{hio \times ho}{hio + ho}$$

$$= \frac{7.845,8 \times 4.234,03}{7.845,8 + 4.234,03}$$

$$= 2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

**16. Design Overall Coefficient, U<sub>d</sub>**

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2/\text{lin.ft} \quad (\text{D.Q Kern: Tabel 10, hal 843})$$

$$A = Nt \times L \times a''$$

$$A = 22 \times 16 \times 0,3271 = 115,14 \text{ ft}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t}$$

$$U_d = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{115,14 \text{ ft}^2 \times 18 ^\circ\text{F}} = 435 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

**17. Dirt Factor, R<sub>d</sub>**

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$R_d = \frac{2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} - 435 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}{2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 435 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} = 0,0019 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

## 18. Kesimpulan

<b>4.234,03</b>	<b><i>h outside</i></b>	<b>7.845,8</b>
UC		2.749,97
UD		435
RD calculated		0,0019
RD required		0,001 (Tabel 12 Hal 845)

## 19. Pressure Drop

Shell Side	Tube Side
<p>a. Untuk Res = 415,533 Dengan memplotkan Res pada Fig 29 Hal 839, maka: <math>f = 0,001</math> Dengan memplotkan <math>T=255</math> °F pada Fig 6 Hal 809, maka: <math>s = 0,99</math></p> <p>b. No Of Crosses <math display="block">N + 1 = \frac{12 \times L}{B} = \frac{12 \times 16}{4} = 80</math></p> <p>c. <math>\Delta P_s</math> <math display="block">\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_s \cdot \phi_s}</math> <math>\Delta P_s = 7,4 \text{ psi}</math> Memenuhi syarat, <math>\Delta P &lt; 10 \text{ Psi}</math></p>	<p>a. Untuk Ret = 566.613 Dengan memplotkan Ret pada Fig 29 Hal 839, maka: <math>f = 0,0001</math> Dengan memplotkan <math>t=80,6</math> °F pada Fig 6 Hal 809, maka: <math>s = 0,94</math></p> <p>b. <math>\Delta P_t</math> <math display="block">\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_t \cdot \phi_t}</math> <math>\Delta P_t = 2,9 \text{ psi}</math></p> <p>c. <math>\Delta P</math> total Gt=4.980.258 maka didapatkan dari fig 27 hal 837 <math display="block">\frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,4</math> <math display="block">\Delta P_r = \frac{4n}{s} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}</math> <math>\Delta P_r = 5,1 \text{ psi}</math> <math>\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r</math> <math>\Delta P_T = 8,1 \text{ psi}</math> Memenuhi syarat, <math>\Delta P &lt; 10 \text{ Psi}</math></p>

Peter, Hal 607

Tube Size and Pitch

The standard length of tubes in a shell-and-tube heat exchanger is 8, 12, or 16 ft, and these standard-length tubes are available in a variety of different diameters and wall thickness. Exchangers with small-diameter tubes are less expensive per square foot of heat-transfer surface than those with large-diameter tubes, because a given surface can be fitted into a smaller shell diameter; however, the small-diameter tubes are more difficult to clean. A tube diameter of  $\frac{5}{8}$  or 1 in. OD is the most common size, but outside diameters ranging from  $\frac{5}{8}$  to  $1\frac{1}{2}$  in. are found in many industrial installations.

Tube-wall thickness is usually specified by the Birmingham wire gauge, and variations from the nominal thickness may be  $\pm 10$  percent for "average-wall" tubes and  $\pm 22$  percent for "minimum-wall" tubes. Pressure, temperature, corrosion, and allowances for expanding the individual tubes into the tube sheets must be taken into consideration when the thickness is determined.

Tube pitch is defined as the shortest center-to-center distance between adjacent tubes, while the shortest distance between two tubes is designated as the clearance. In most shell-and-tube exchangers, the pitch is in the range of 1.25 to 1.50 times the tube diameter. The clearance should not be less than one-fourth of the tube diameter, and  $\frac{3}{16}$  in. is usually considered to be a minimum clearance.

DQ. Kern Tabel 10, Hal 843

TABLE 10. HEAT EXCHANGER AND CONDENSER TUBE DATA

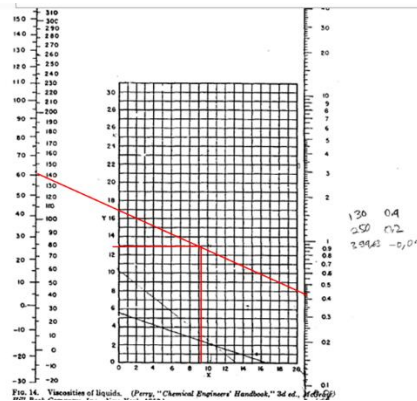
Tube OD, in.	BWG	Wall thick. nom., in.	ID, in.	Flow area per tube, in. <sup>2</sup>	Surface per lin. ft, ft <sup>2</sup>		Weight per lin. ft, lb steel
					Outside	Inside	
1/2	12	0.109	0.282	0.0625	0.1909	0.0748	0.433
	14	0.083	0.234	0.0478		0.0511	0.403
	16	0.065	0.210	0.0379		0.0399	0.329
	18	0.049	0.202	0.027		0.028	0.258
	20	0.035	0.430	0.0145		0.0125	0.190
3/4	10	0.134	0.482	0.182	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.128	0.510	0.204		0.1333	0.884
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.727
	14	0.083	0.584	0.268		0.1529	0.647
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	0.571
	16	0.065	0.630	0.307		0.1633	0.505
	17	0.058	0.634	0.314		0.1660	0.469
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2018	0.1754	1.01
	9	0.148	0.704	0.389		0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.431		0.1948	1.06
	11	0.120	0.760	0.455		0.1996	1.23
	12	0.109	0.782	0.478		0.2045	1.14
	13	0.095	0.810	0.515		0.2121	1.06
	14	0.083	0.834	0.546		0.2191	0.99
	15	0.072	0.856	0.576		0.2241	0.781
	16	0.065	0.870	0.594		0.2277	0.710
	17	0.058	0.884	0.613		0.2314	0.639
	18	0.049	0.902	0.629		0.2361	0.545
	1 1/4	8	0.165	0.920	0.460	0.2271	0.2009
9		0.148	0.954	0.514		0.2098	1.91
10		0.134	0.982	0.557		0.2222	1.76
11		0.120	1.01	0.600		0.2344	1.63
12		0.109	1.03	0.636		0.2401	1.45
13		0.095	1.06	0.684		0.2523	1.28
14		0.083	1.08	0.723		0.2589	1.13
15		0.072	1.11	0.765		0.2665	0.98
16		0.065	1.12	0.785		0.2627	0.900
18		0.049	1.15	1.04		0.3015	0.688

DQ. Kern Tabel 9, Hal 842

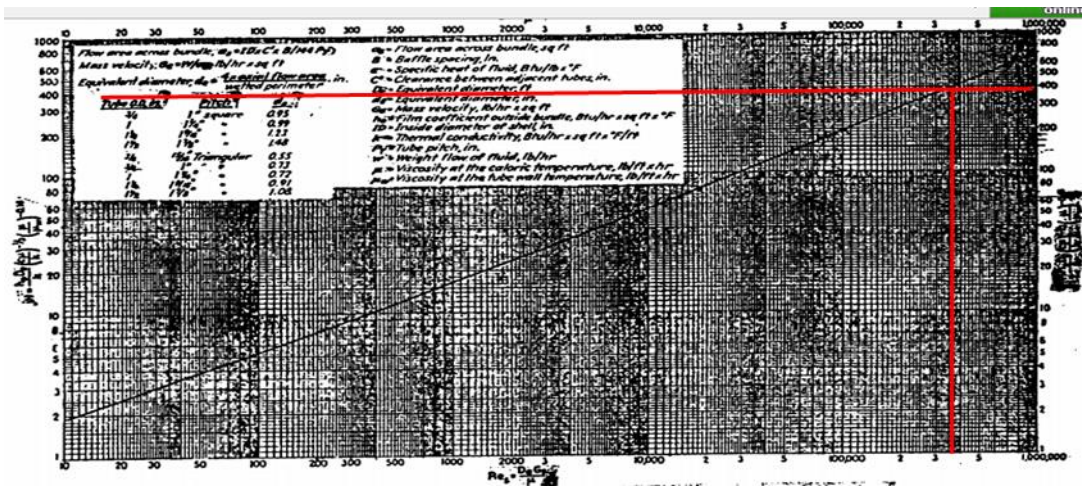
1 1/4 in. OD tubes on 1 1/4-in. square pitch					1 3/4 in. OD tubes on 1 3/4-in. square pitch				
10	16	12	10						
12	30	24	22	16	16	12	16	16	12
13 1/4	32	30	30	22	22	13 1/4	22	22	16
15 1/4	44	40	37	35	31	15 1/4	29	29	25
17 1/4	56	53	51	48	44	17 1/4	39	39	34
19 1/4	78	73	71	64	56	19 1/4	50	48	45
21 1/4	96	90	86	82	78	21 1/4	62	60	57
23 1/4	127	112	106	102	96	23 1/4	78	74	70
25	140	135	127	123	115	25	94	90	86
27	166	160	151	146	140	27	112	108	102
29	193	188	178	174	166	29	131	127	120
31	226	220	209	202	193	31	151	146	141
33	258	252	244	238	226	33	176	170	164
35	293	287	275	268	258	35	202	196	188
37	334	322	311	304	293	37	224	220	217
39	370	362	348	342	336	39	252	246	237

DQ. Kern Fig 14, Hal 823

Water x = 10,2, y = 13,0



DQ. Kern Fig 28, Hal 838



DQ. Kern Fig 24, Hal 834

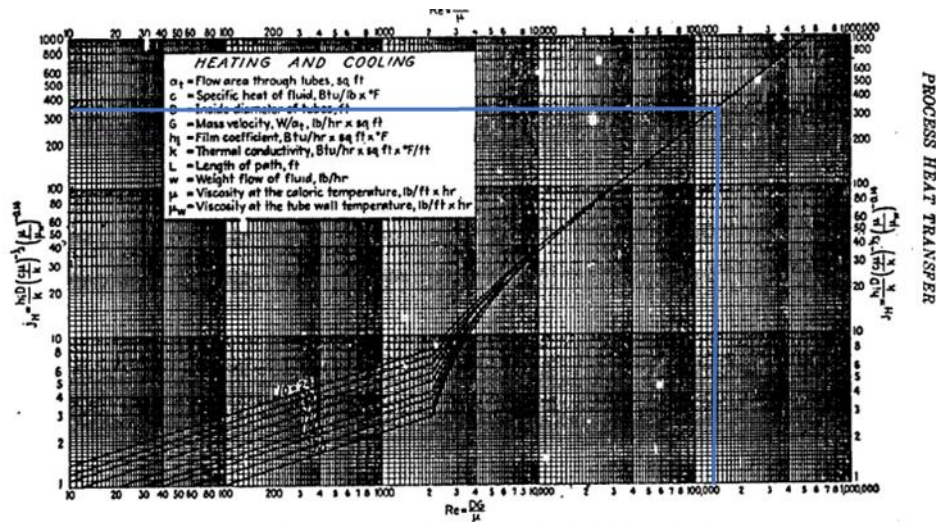


FIG. 24. Tube-side heat-transfer curve. (Adapted from Sieder and Tate.)

DQ. Kern Fig 2, Hal 804

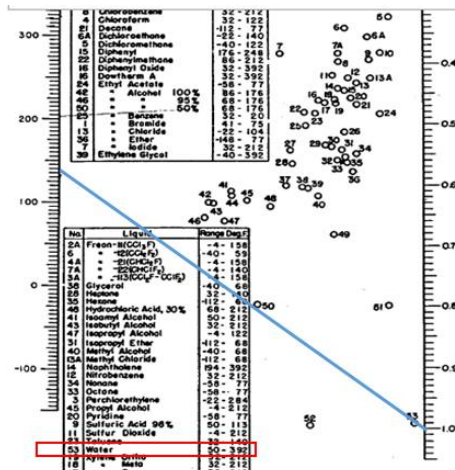


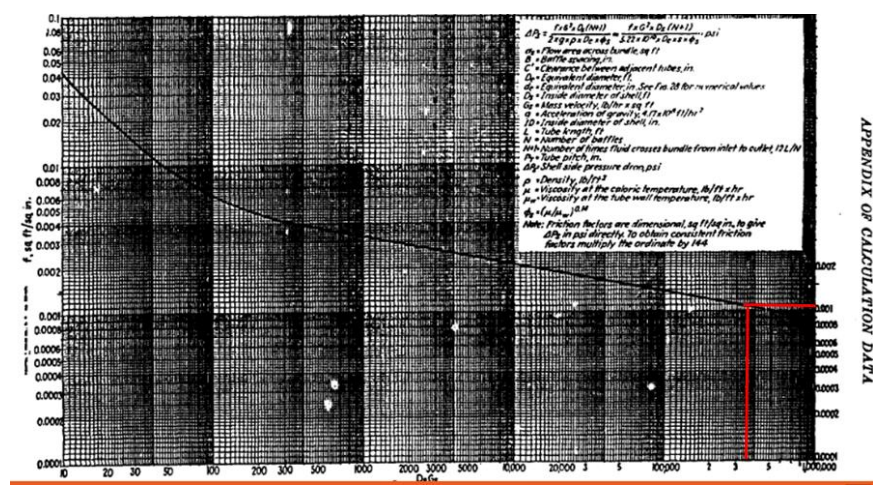
FIG. 2. Specific heats of liquids. (Chilton, Colburn, and Vernon, based mainly on data from International Critical Tables. Perry, "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed. McGraw-Hill.

DQ. Kern Tabel 4, Hal 800

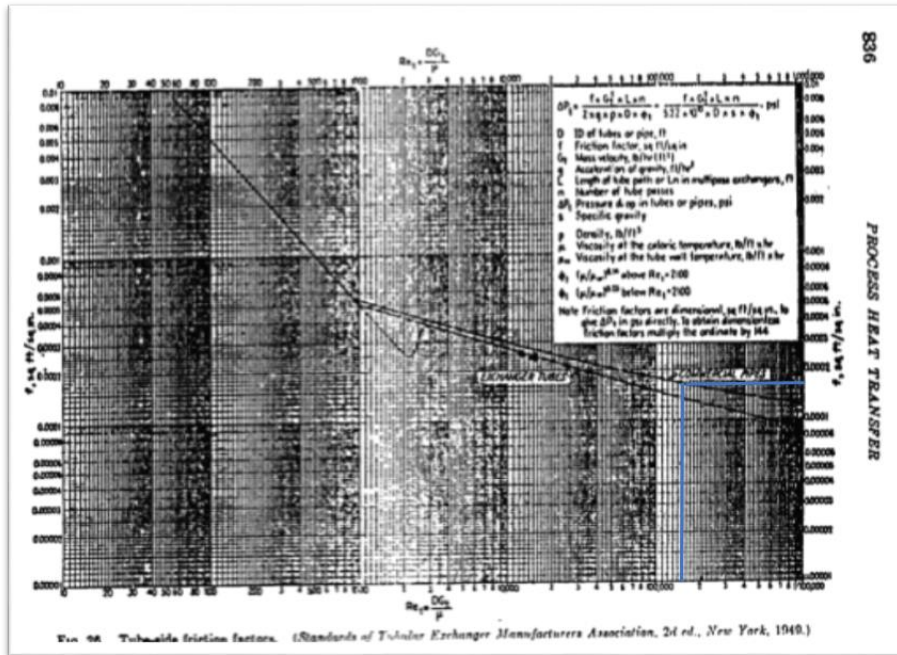
Ethyl acetate	68	0.101	Alcohol (sec)	151	0.091
Alcohol 100%	68	0.103	Sodium	140	0.090
80%	68	0.137			
60%	68	0.176	Sodium chloride brine 25.0°C	410	0.46
40%	68	0.224			
20%	68	0.276	Stearic acid 90%	86	0.34
100%	122	0.087	Sulfuric acid 90%	211	0.0765
Bromide	140	0.086	30%	86	0.21
Iodide	68	0.070	20%	86	0.30
Ether	86	0.080	Sulfur dioxide	86	0.32
	167	0.078			
	104	0.064			
Ethylene glycol	187	0.063	Toluene	86	0.086
	32	0.133			
Gasoline	86	0.078	β-trichloroethane	122	0.077
Glycerol 100%	68	0.164	Trichloroethylene	122	0.050
80%	68	0.189	Turpentine	59	0.074
60%	68	0.220			
40%	68	0.258	Vaseline	59	0.106
20%	68	0.278	Water	32	0.330
100%	212	0.164			
Heptane (n)	86	0.081			
	140	0.079	Xylene (ortho)	86	0.090
Hexane (n)	86	0.080	(meta)	86	0.090
	140	0.078			

\* From Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

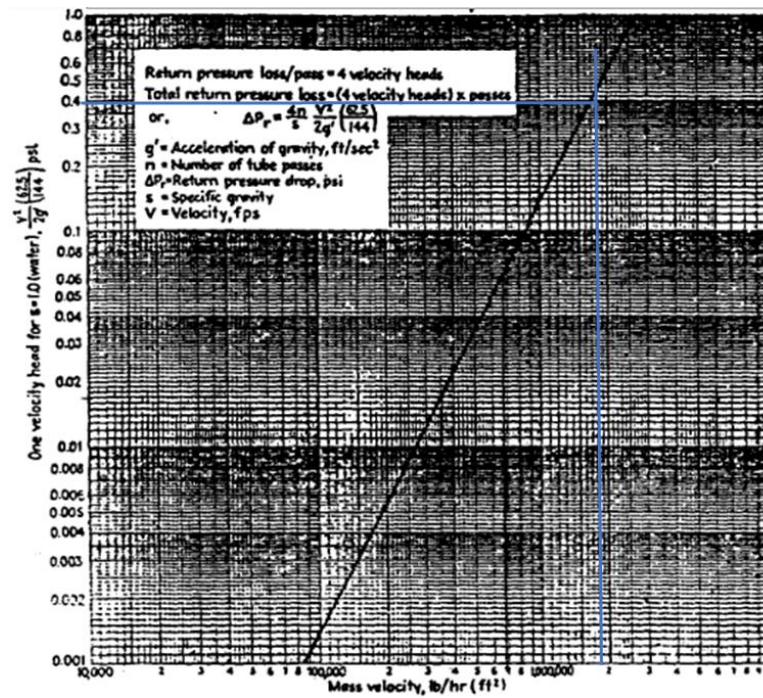
DQ. Kern Fig 28, Hal 838



DQ. Kern Fig 24, Hal 834

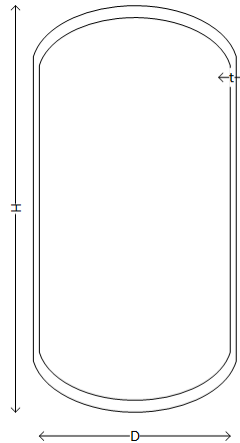


DQ. Kern Fig 27, Hal 837



### 10.3.4 Reaktor PFBR

Fungsi	: Sebagai tempat pembentukan $\text{CaCO}_3$ (PCC)
Tipe	: Silinder vertikal dengan tutup dan alas elipsoidal
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Jumlah	: 2 unit
Gambar	:



**Gambar 10.4** *Plug Flow Bubble Reactor (PFBR)*

#### Data

Waktu Operasi	: 1 jam
Jumlah Umpan	: 439.060,7304 kg/jam
	: 967.953,2863 lb/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30°C
Viskositas Campuran	: 0,0096 cP
	: 0,0000064 lb/ft.dtk
Densitas Campuran	: 983,02 kg/m <sup>3</sup>
	: 61,37 lb/ft <sup>3</sup>

Diasumsikan aliran dalam reaktor adalah aliran *plug flow*, maka volume reaktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_R}{F_{AO}} = \frac{\tau}{C_{AO}} \quad (\text{Levenspiel hal 194})$$

$V_R$  = Volume reaktor

$F_{AO}$  = Laju alir molar reaktan

$C_{AO}$  = Konsentrasi reaktan

Maka,

$$V_R = \frac{F_{AO} \times \tau}{C_{AO}}$$

#### a. Kapasitas Reaktor ( $V_r$ )

- Laju alir volumetrik,  $F_v$

$$\text{Laju alir volumetrik (Fv)} = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetrik (Fv)} &= \frac{967953,2863 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam}}{61,37 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 15.772,48454 \text{ ft}^3/\text{jam} = 446,64 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Konsentrasi Umpan,  $C_{AO}$

$$\text{Konsentrasi } Ca(OH)_2 = \frac{128,89 \text{ kmol/jam}}{446,64 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,29 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Konsentrasi } CO_2 = \frac{128,89 \text{ kmol/jam}}{446,64 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,29 \text{ kmol/m}^3$$

Maka,  $C_{AO} = 0,58 \text{ kmol/m}^3$  dan  $F_{AO} = 257,77 \text{ kmol/jam}$

- Volume Cairan,  $V_c$

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{F_{AO} \times t}{C_{AO}}$$

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{257,77 \text{ kmol/jam} \times 1 \text{ jam}}{0,58 \text{ kmol/m}^3} = 446,64 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20% (Peter, Tabel 6)



TABLE 6  
Factors in equipment scale-up and design PETER

Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	>100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	>100:1	20

$$\text{Volume reaktor (V}_r\text{)} = V_c/0,8$$

$$\text{Volume reaktor (V}_r\text{)} = 446,64/0,8 = 558,29 \text{ m}^3$$

### b. Diameter Reaktor (Dr)

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^2 x H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^3 = 1,1775 D_t^3$$

- Volume Elipsoidel, Ve

$$V_e = \frac{\pi}{24} x D_e^3$$

### 538 PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (Include corrosion allowance in variables)	2:1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in <sup>3</sup>	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0,9 \left[ \frac{2\pi L_a^3}{3} (IDD) \right]$
IDD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	$L_a$	$L_a - [(L_a - r)^2 - (L_a - t - r)^2]^{1/2}$
Approximate weight of dished portion of head, lbm	$\rho_m \left[ \frac{\pi(nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[ \frac{\pi(OD + OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

$$V_e = \frac{\pi}{24} x D_s^3 = 0,131 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s \times 2V_e$$

$$V_r = 1,1775 D_r^3 + 0,131 D_r^3 = 1,44 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{558,29 \text{ m}^3}{1,44} = 387,93 \text{ m}^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{387,93 \text{ m}^3} = 7,3 \text{ m}$$

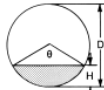
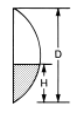
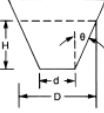
### c. Tinggi Reaktor, Hr

- **Tinggi Silinder (Hs)**

$$H_s = 1,5 D_t$$

$$H_s = 1,5 \times 7,3 \text{ m} = 10,94 \text{ m}$$

- **Tinggi elipsoidal (He)**

TABLE 18.6. Heads and Horizontal Cylinders: Formulas for Partially Filled Volumes and Other Data	
<b>Nomenclature</b> D = diameter of cylinder H = depth of liquid S = surface of head V <sub>0</sub> = volume of full head θ = angle subtended by liquid level or angle of cone	
<b>Cylinder</b> θ = 2 arccos(1 - 2H/D) θ (radians) = θ°/57.3 V/V <sub>0</sub> = (1/2)θ(θ - sin θ)	
<b>Hemispherical head</b> S = 1.571D <sup>2</sup> V = (π/3)H(1.5D - H) V/V <sub>0</sub> = π/12D <sup>2</sup> (1.5 - H/D)	
<b>Ellipsoidal head (h = D/4)</b> S = 1.09D <sup>2</sup> V <sub>0</sub> = 0.1309D <sup>3</sup> V/V <sub>0</sub> = 2(H/D) <sup>2</sup> (1.5 - H/D)	
<b>Torispherical (L = D)</b> S = 0.842D <sup>2</sup> V <sub>0</sub> = 0.0778D <sup>3</sup> V/V <sub>0</sub> = 2(H/D) <sup>2</sup> (1.5 - H/D)	
<b>Conical</b> H = [(D - d)/2]tan θ = { 0.5(D - d), θ = 45° 0.2887(D - d), θ = 30° S = 0.785(D + d)√4H <sup>2</sup> + (D - d) <sup>2</sup> , curved surface V = 0.262H(D <sup>2</sup> + Dd + d <sup>2</sup> )	

$$H_e = \frac{1}{4} D_t$$

$$H_e = \frac{1}{4} \times 7,3 \text{ m} = 1,82 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Hr)**

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 1 m.

$$H_r = H_s + 2H_e + (\text{tinggi kaki-He})$$

$$H_r = 13,76 \text{ m}$$

#### d. Tinggi Cairan Dalam Reaktor, Hc

$$H_c = \frac{\text{volume cairan}}{\text{volume reaktor}} \times H_r$$

$$H_c = \frac{446,64}{558,29} \times 13,76 = 11,01 \text{ m}$$

#### e. Tekanan Cairan Dalam Tangki, Pc

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 983,01 \times 9,8 \times 11,01$$

$$P_c = 106.070 \text{ kg/m.s}^2 = 1,03 \text{ atm}$$

#### f. Tekanan Desain, Pd

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 1,03 \text{ atm}$$

$$P_d = 2,03 \text{ atm} = 29,8 \text{ psi}$$

#### g. Tebal dinding silinder

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
in general, for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
		1050	5,000
High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	-20 to 750	20,000
		850	16,800
		950	10,000
		1000	6,200
		-20	18,700
		650	11,200
		800	10,500
		1000	9,700
	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,500
		800	11,000
		1000	10,600
	Nonferrous metals		
	Copper (SB-11)	100	6,700
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	400	3,000
		100	2,300
		400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$ , $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$ , $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{[M + 0.2t]}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6$ , $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$ , $P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

$$\text{Tekanan desain, } P_d = 29,8 \text{ psi}$$

$$\text{Jari jari, } R = 143,6 \text{ in}$$

$$\text{Allowable Stress, } S = 11500 \text{ psi (Wallas, tabel 18.4)}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan, } E = 85\% \text{ (Peter Tabel 4)}$$

$$\text{Faktor korosi yang diizinkan, } C = 0,002 \text{ m/thn (perry's tabel 23-2)}$$

$$\text{Lama digunakan} = 10 \text{ tahun}$$

### Tebal dinding silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{29,8 \text{ psi} \times 143,6 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 29,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,46 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding ellipsoidal

$$T_e = \frac{PDt}{2SE - 0,2P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{29,8 \text{ psi} \times 287,13 \text{ in}}{2(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,2 \times 29,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,44 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

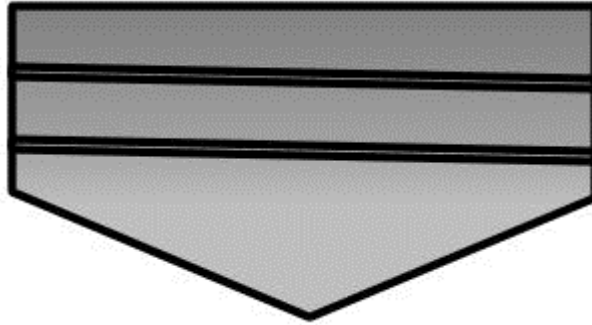
### 10.3.5 Vibrating Screen

Fungsi : Untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.5** *Vibrating Screen*

Data

Jumlah Umpan : 434.838,5 kg/jam

: 958.645,0346 lb/jam

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Densitas Campuran : 994,29 kg/m<sup>3</sup>

: 62,07 lb/ft<sup>3</sup>

**Kapasitas Vibrating Screen, V<sub>t</sub>**

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$

$$V_c = \frac{434.838,5352 \text{ kg/jam}}{994,29 \text{ kg/m}^3} = \frac{437,34 \text{ m}^3}{\text{jam}} = 1.434,46 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

Maka volume vibrating screen,

$$V_t = \frac{V_c}{0,9}$$

$$V_t = \frac{437,34 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 485,93 \text{ m}^3/\text{jam} = 1.593,85 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Vibrating Screen (Dt)

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^2 x H_s \quad H_s = D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^3 = 0,785 D_t^3$$

- Volume Konikal, Vk

$$V_k = \frac{\pi}{12} x D_k^2 x H_k \quad H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_k$$

$$V_k = \frac{\pi}{12} x D_k^3 \tan 30^\circ = 0,075 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s x V_k$$

$$V_r = 0,785 D_r^3 + 0,075 D_r^3 = 0,86 D_r^3$$

$$D_t^3 = \frac{485,93 \text{ m}^3}{0,86} = 564,7 \text{ m}^3$$

$$D_t = \sqrt[3]{564,7 \text{ m}^3} = 8,27 \text{ m}$$

### Tinggi Vibrating Screen, Ht

- Tinggi Silinder (Hs)

$$H_s = D_t$$

$$H_s = 8,27 \text{ m}$$

- **Tinggi Konikal (Hk)**

$$Hk = \frac{1}{2} \tan 30^\circ Dt$$

$$Hk = \frac{1}{4} \times 0,577 \times 8,27 \text{ m} = 2,38 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Ht)**

$$Ht = Hs + Hk$$

$$Ht = 10,65 \text{ m}$$

**Tinggi Padatan, Hb**

$$Hb = \frac{Vc \times (Hs + Hk)}{Vt}$$

$$Hb = \frac{437,34 \times 10,65}{485,93} = 9,6 \text{ m}$$

**Tekanan Padatan, Pb**

$$Pb = \rho \times g \times Hb$$

$$Pb = 994,29 \times 9,8 \times 9,6$$

$$Pb = 93.398,7 \text{ kg/m.s}^2 = 0,91 \text{ atm}$$

**Tekanan Desain, Pd**

$$Pd = Pop + Pb$$

$$Pd = 1 \text{ atm} + 0,91 \text{ atm}$$

$$Pd = 1,91 \text{ atm} = 28,02 \text{ psi}$$

**Tebal dinding silinder**

**TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure<sup>a</sup>**

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Hat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$r^2S/0.3D^2$	$0.3D^2P/r^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

<sup>a</sup> Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

**TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)**

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70 In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700 12,000 8,300
	Low-alloy steel for resistance to <b>H<sub>2</sub></b> and <b>H<sub>2</sub>S</b> (SA-387, <b>Gr.12C1.1</b> )	-20 to 800	13,700 950 1050 1200
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, <b>Gr.B</b> )	-20 to 750	20,000 16,800 10,000 8,200
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	-20	18,700 11,200 800 10,500 9,700
	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700 11,500 800 10,600
	Nonferrous metals		
	Copper (SB-11)	100	6,700
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	400 100 400	3,000 2,300 1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.



- Tekanan desain, Pd = 28,02 psi
- Jari jari, R = 162,71 in
- Allowable Stress, S = 11500 psi (Wallas, tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E = 85% (Peter Tabel 4)
- Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)
- Lama digunakan = 10 tahun

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{28,02 \text{ psi} \times 162,7 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 28,02 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$



$$T_d = 0,5 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding alas konikal

$$T_e = \frac{PD_t}{2(SE - 0,6P) \cos 30^\circ} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{28,02 \text{ psi} \times 325,42 \text{ in}}{2 (11500 \text{ psi} \times 85\%) - (0,6 \times 28,02 \text{ psi}) \times 0,86} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,5 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

Menurut tabel wallas halaman 363, didapatkan spesifikasi vibrating screen sebagai berikut :

Model Number	Screen Size per Surface	Capacity in Tons per Hour		Motor	
		Pellets	Crumbles	HP	RPM
203	30" x 60"	13	8	2	1800
43"	40" x 84"	25	15	2	1800
83"	40" x 120"	35	23	3	1800
523	60" x 120"	50	34	7.5	1200
73	60" x 144"	85	55	10	1200

Kapasitas : Up to 50 ton/jam

Luas Area : 7200 in

Kecepatan : 1200 rpm

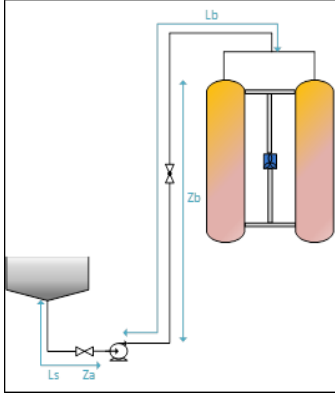
Daya Motor : 7,5 HP

## 10.4 Kesimpulan Rancangan

### 10.4.1 Pompa (P-2034)

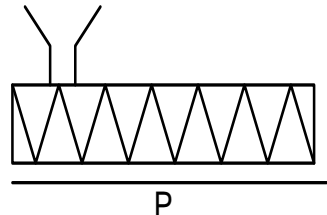
Tabel 10.1 Spesifikasi Pompa (P-2034)

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Kode	P-2034
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan hasil dari vibrating screen ke PFBR
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif

Fasa bahan yang disimpan	Slurry
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Tipe	<i>Sentrifugal Pump</i>
Jenis	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Kapasitas	2,2 ft <sup>3</sup> /s
Diameter optimum	7,5 in
Ukuran pipa	8 in Sch 40
OD pipa	8,625 in
ID pipa	7,981 in
Daya	14,3 HP

#### 10.4.2 Screw Conveyor (SC-1091)

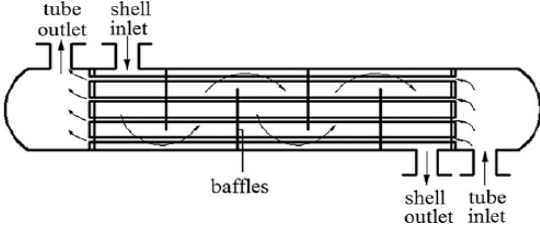
**Tabel 10.2** Spesifikasi *Screw Conveyour* (SC-1091)

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama	<i>Screw Conveyour</i>
Kode	SC-1091
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengangkut CaO dari storage CaO ke reaktor CSTR
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif, higroskopis
Fasa bahan yang diangkut	Padat
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30 °C
Tinggi <i>conveyor</i>	1,1 m
	0,73 m

Lebar <i>conveyor</i>	0,003 m
Tebal Dinding <i>conveyor</i>	40 rpm
Kecepatan	4,8 HP
Daya	

### 10.4.3 Cooler (C-1071)

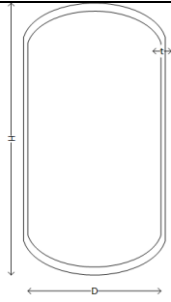
**Tabel 10.3** Spesifikasi Cooler (C-1071)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Cooler</i>
Kode	C-1071
Jumlah	1 unit
Fungsi	Untuk mendinginkan ekstrak lidah buaya
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Shell and Tube</i>
Konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Surface area (A) ft <sup>2</sup>	300
Temperatur	80,6 °F
<i>Overall Clean Coefficient, U<sub>c</sub></i> (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)	2.749,9
<i>Overall Design Coefficient, U<sub>d</sub></i> (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)	435
Dirty Factor, R <sub>D</sub>	0,002
Pressure Drop, psi	10 psi

### 10.4.4 Reaktor *Plug Flow Bubble Reactor* (R-2102)

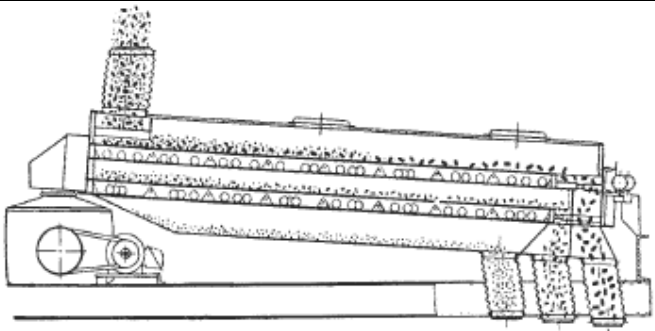
**Tabel 10.4** Spesifikasi PFBR (R-2102)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Plug Flow Bubble Reactor</i> (PFBR)
Kode	R-2102
Jumlah	2 unit
Fungsi	Tempat pembentukan PCC
Lama reaksi	1 jam
Sifat bahan	Korosif
Fasa bahan yang disimpan	Padat – Cair – Gas
DATA DESIGN	
Gambar	

	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>elipsoidal</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Temperatur	30 °C
Kapasitas	558,29 m <sup>3</sup>
Diameter silinder (D)	7,3 m
Tinggi total (H <sub>t</sub> )	13,8 m
Tebal dinding silinder (t <sub>s</sub> )	0,01 m
Tebal dinding elipsoidal (t <sub>e</sub> )	0,01 m

#### 10.4.5 Vibrating Screen (VS-2111)

**Tabel 10.5** Spesifikasi *Vibrating Screen* (VS-2111)

<b>SPEKIFIKASI</b>	
Nama	<i>Vibrating Screen</i>
Kode	VS-2111
Jumlah	1
Fungsi	Untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut
Sifat bahan	Tidak volatil, tidak korosif, higroskopis
Fasa bahan yang dialirkan	Padat
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Tipe	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Kapasitas	485,9 m <sup>3</sup>
Diameter	8,3 m
Tinggi	10,7 m
Tebal dinding silinder	0,01 m
Tebal dinding konikal	0,01 m
Luas Area	7200 in
Kecepatan	1200 Rpm
Daya motor	7,5 Hp

## BAB XI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 11.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan hasil perhitungan dari bab–bab sebelumnya pada pra rancangan pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pra Rancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan dengan Kapasitas Produksi 100.000 ton/tahun direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian diekspor.
2. Dari analisa teknis dan ekonomi yang dilakukan, maka Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan dengan Kapasitas Produksi 100.000 ton/tahun layak didirikan di Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat.
3. Pra Rancangan Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja 87 orang yang terdiri dari 65 karyawan *shift* dan 22 orang karyawan *non shift*.
4. Dari perhitungan analisa ekonomi, maka Pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* dari kapur tohor ini layak didirikan dengan :

- *Fixed Capital Investment (FCI)* = US\$ 22.186.855  
= Rp 321.476.428.894
- *Working Capital Investment (WCI)* = US\$ 3.915.327  
= Rp 56.731.134.511
- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 26.102.182  
= Rp 378.207.563.404
- *Total Sales (TS)* = US\$ 380.000.000  
= Rp 5.361.115.000.000
- *Rate of Return (ROR)* = 62 %.
- *Pay of Time (POT)* = 1 tahun 9 bulan
- *Break Event Point (BEP)* = 27 %

## 11.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan dari analisa ekonomi yang telah dilakukan pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan ini layak untuk dilanjutkan ke tahap rancangan. Untuk itu disarankan kepada pengurus dan pemilik modal untuk dapat mempertimbangkan dan mengkaji ulang tentang pendirian pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Untuk Industri Farmasi dan Makanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., and Walas, S. M. (2010). *Chemical Process Equipment – Selection and Design*. Revised 2nd edition. Burlington, MA: Elsevier.
- Jamarun, N.dkk.2007.*Pembuatan Precipitated Calcium Carbonate (Pcc) Dari Batu Kapur Dengan Metoda Kaustik Soda*. Jurusan Kimia FMIPA.UniversitasAndalas.
- Kern, D.Q . 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book co
- Mahmut Altiner,Soner Top, Burçin Kaymakoglu, İsmail Yiğit Seçkin,Hüseyin Vapur. 2018. *Production of precipitated calcium carbonate particles from gypsum waste using venturi tubes as a carbonation zone*
- Mattila, H.-P., Grigaliūnaitė, I., and Zevenhoven, R. (2012). Chemical kinetics modeling and process parameter sensitivity for precipitated calcium carbonate production from steelmaking slags. *Chem. Eng. J.* 192, 77–89. doi:10.1016/j.cej.2012.03.068
- Mc Cabe, dkk.1993. *Unit Operations of Chemical Engineering fifth Edition*.McGraw-Hill Book co.
- M. de Beer, F.J. Doucet, J.P. Maree,L. Liebenberg. 2015. *Synthesis of high-purity precipitated calcium carbonate during the process of recovery of elemental sulphur from gypsum waste*.
- Onimisi A. Jimoh. Kamar Shah Ariffin. Hashim Bin Hussin. 2017. Adejusi E. *Temitope. Syntetis of Precipitated Calcium Carbonate: a riview*.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineer's*. McGraw-Hill Book co.
- Peters, Max S dan Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design And Economics For Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book co.
- Sebastian, T. 2016. *Performance of separation Processes for Precipitated calcium carbonate Produced with an innovative Method from steelmaking slag and carbon Dioxide*
- Said, A., and Järvinen, M. (2015). “Demonstration pilot plant for the production of precipitated calcium carbonate (PCC) from steelmaking slag and carbon

dioxide,” in Proceedings from the 5th International Conference on Accelerated Carbonation for Environmental and Material Engineering (ACEME) (New York City).

Tamm, Kadrian.2016. *Modelling continuous process for precipitated calcium carbonate production from oil shale ash*



## LAMPIRAN A

### NERACA MASSA

Kapasitas produksi = 100.000 ton/tahun

$$= 100.000 \frac{\text{Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}}$$

$$= 12 \frac{\text{Ton}}{\text{Jam}} = 12.632,06 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

Operasi Pabrik = 330 hari

Persamaan umum neraca massa:

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} + \{\text{massa yang dihasilkan}\} - \{\text{massa yang terkonsumsi}\} = \{\text{massa yang terakumulasi}\}$$

Untuk neraca massa dengan reaksi menjadi:

Asumsi : keadaan steady state dan yang terakumulasi = 0

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} + \{\text{massa yang dihasilkan}\} - \{\text{massa yang terkonsumsi}\} = 0$$

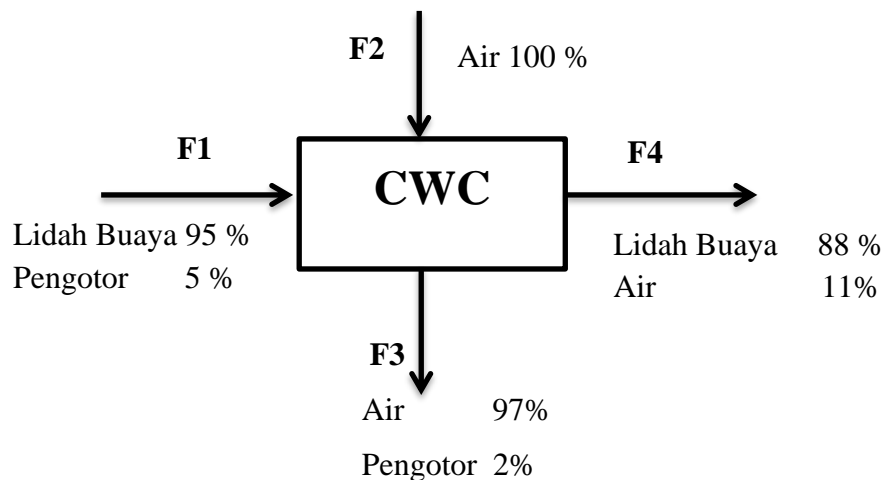
Untuk neraca massa tanpa reaksi menjadi :

Asumsi : keadaan steady state

$$\{\text{massa masuk}\} - \{\text{massa keluar}\} = 0$$

#### 4.1.1 Continuous Washing Conveyor (CWC-1011)

Fungsi : sebagai tempat pencucian lidah buaya dengan menambahkan air proses.



Kondisi operasi :

Temperatur : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Aliran F1 : 34.760 Kg/Jam

Aliran F2 : 86.900 Kg/Jam

Neraca Massa Total :  $F1 + F2 = F3 + F4$

:  $F3 + F4 = 121.660 \text{ Kg/Jam}$

❖ **Input**

**Aliran F1**

- Lidah buaya :  $95 \% \times 34.760 \text{ Kg/Jam} = 33.022 \text{ Kg/Jam}$
- Pengotor :  $5 \% \times 34.760 \text{ Kg/Jam} = 1.738 \text{ Kg/Jam}$

**Aliran F2**

- H<sub>2</sub>O :  $100\% \times 86.900 \text{ Kg/Jam} = 86.900 \text{ Kg/Jam}$

❖ **Output**

**Aliran F3**

- Pengotor  
 $(n_{\text{Pengotor}} \times \text{aliran F1}) \times (n_{\text{Pengotor}} \times \text{aliran F2}) = n_{\text{Pengotor}} \times \text{aliran F3}$   
 $(1.738 \text{ Kg/Jam}) \times (0 \text{ Kg/Jam}) = n_{\text{Pengotor}} \times \text{aliran F3}$   
 $1.738 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{Pengotor}} \times \text{aliran F3}$
- H<sub>2</sub>O  
 $(n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F1}) \times (n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F2}) = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F3}$   
 $(0 \text{ Kg/Jam}) \times (86.900 \text{ Kg/Jam}) = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F3}$   
 $86.900 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F3}$

## Aliran F4

- Lidah Buaya

$$(n_{\text{Lidah buaya}} \times \text{aliran F1}) \times (n_{\text{Lidah buaya}} \times \text{aliran F2}) = n_{\text{Lidah buaya}} \times \text{aliran F4}$$

$$(33.022 \text{ Kg/Jam}) \times (0 \text{ Kg/Jam}) = n_{\text{lidah buaya}} \times \text{aliran F4}$$

$$33.022 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{lidah buaya}} \times \text{aliran F4}$$

- H<sub>2</sub>O

$$(n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F1}) \times (n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F2}) = (n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F3}) \times$$

$$(n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F4})$$

$$(0 \text{ Kg/Jam}) \times (869000 \text{ Kg/Jam}) = 82555 \times n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F4}$$

$$86.900 - 82.555 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F4}$$

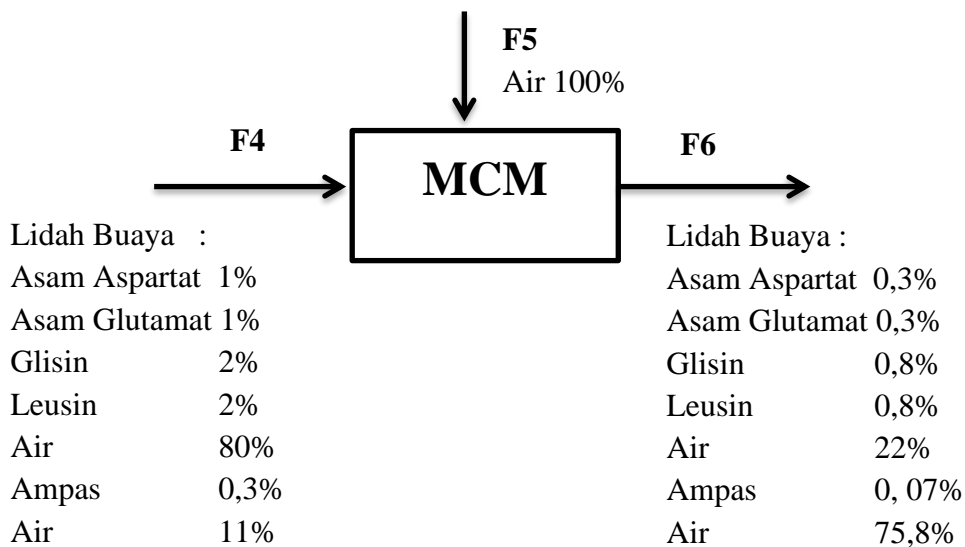
$$4.345 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{aliran F4}$$

**Tabel A.1** Neraca Massa *Continuous Washing Conveyor* (CWC-1011)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F1	F2	F3	F4
Lidah Buaya	33.022	-	-	33.022
Air	-	86.900	82555	4.345
Pengotor	1.738	-	1.738	-
<b>Sub Total</b>	<b>34.760</b>	<b>86.900</b>	<b>84.293</b>	<b>37.367</b>
<b>Total</b>	<b>121.660</b>		<b>121.660</b>	

### 4.1.2 Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Fungsi : sebagai tempat pencacahan lidah buaya sekaligus tempat perebusan lidah buaya



Kondisi Operasi : 100 °C

Aliran F4 = 37.367 kg/jam

Aliran F5 = 99.066 kg/jam

Neraca massa total: F4 + F5 = F6

#### ❖ Output

##### Aliran F4

- Lidah Buaya :

Asam Aspartat = 1 % x 37.367 Kg / Jam = 462,308Kg / Jam

Asam Glutamat = 1 % x 37.367 Kg / Jam = 462,308Kg / Jam

Glisin = 3 % x 37.367 Kg / Jam = 1.023,682Kg / Jam

Leusin = 3 % x 37.367 Kg / Jam = 1.023,682Kg / Jam

Air = 21% x 37.367 Kg / Jam = 6.934,62Kg / Jam

Ampas = 70 % x 37.367 Kg / Jam = 23.115,4Kg / Jam

- Air = 4.345 Kg / Jam

##### Aliran F5

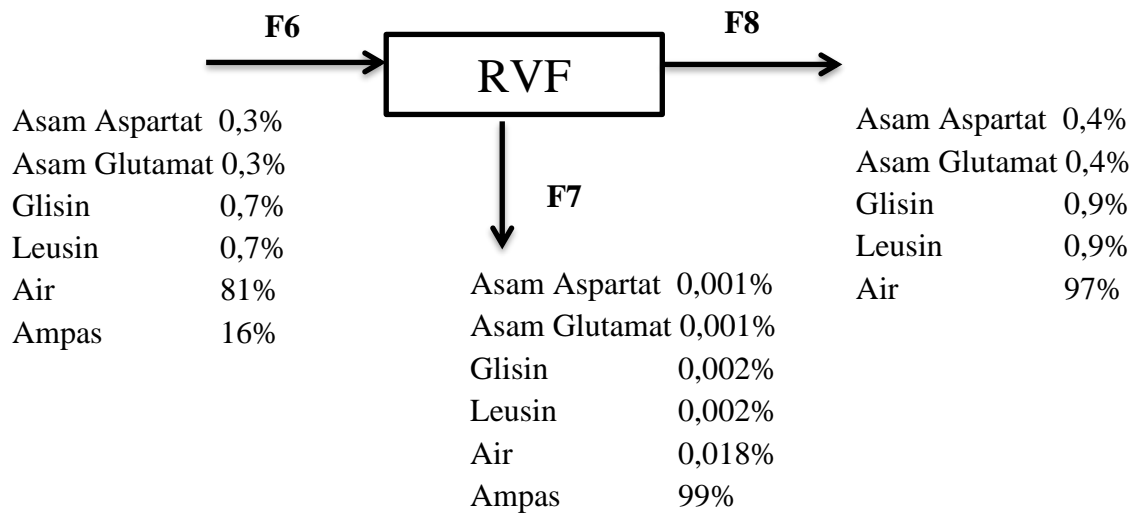
- Air = 100 % x 99.066 Kg/Jam = 99066 Kg/Jam

**Tabel A.2** Neraca Massa Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F4	F5	F6
Asam Aspartat	462,31	-	462,31
Asam Glutamat	462,31	-	462,31
Glisin	1.023,68	-	1.023,68
Leusin	1.023,68	-	1.023,68
Air	11.279,62	<b>99.066</b>	11.279,62
Ampas	23.115,4	-	23.115,4
<b>Sub Total</b>	<b>37.367</b>	<b>99.066</b>	<b>136.433</b>
<b>Total</b>	<b>136.433</b>		<b>136.433</b>

### 4.1.3 Rotary Vacuum Filter (RVF-1041)

Fungsi : untuk memisahkan ampas dari ekstrak lidah buaya



Temperature : 30 °C

Tekanan : 0,66 atm

#### ❖ Input

**Aliran F6** = 136433 kg/jam

- Asam Aspartat = 462,31 kg/jam
- Asam Glutamat = 462,31 kg/jam
- Glisin = 1.023,68 kg/jam
- Leusin = 1.023,68 kg/jam
- Air = 110.346 kg/jam
- Ampas = 2.3115,4 kg/jam

Kekeringan cake yang dihasilkan memiliki kelembaban, Penambahan air pencuci  $\geq$  dari jumlah cake" →kelembaban pada cake juga dapat ditentukan dari tekanan RDV yang dipakai (*Walas - Chemical Process Equipment*) 0,66 atm (walas – Tabel 11.18)

Kelembaban pada cake dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$M = S \left( \frac{\rho}{\rho_s} \right) x \left( \frac{X}{1-X} \right) \quad (\text{Brown, Hal 225})$$

X( porosity) = 0,4  
 Pt (densitas filtrat) = 840,051 Kg/m<sup>3</sup>  
 Ps (densitas cake) = 1.143,63 Kg/m<sup>3</sup>  
 S (residual saturation) = 0,025 (Brown,pers 179)

Maka :

$$M = 0,025 \frac{840,051 \text{ kg/m}^3}{1134,63 \text{ kg/m}^3} \times \frac{0,7}{1 - 0,7}$$

$$M = 0,04 \text{ kg/jam}$$

Asumsi konsentrasi liquid pada umpan sama dengan liquid yang tertinggal pada cake:

### ❖ Output

#### Aliran F7

Massa liquid yang terbawa cake:

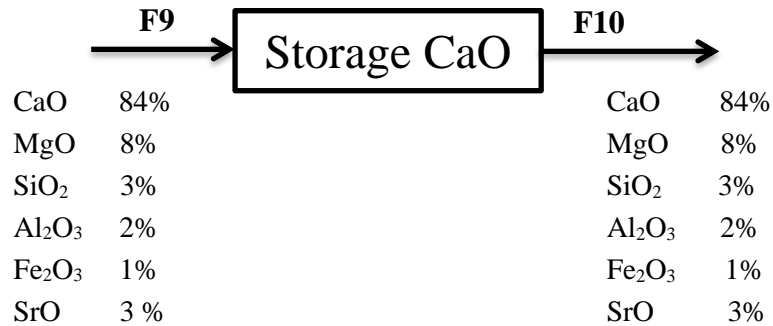
- Asam Aspartat = 0,4% x 0,04 kg/jam = 0,00017 kg/jam
- Asam Glutamat = 0,4% x 0,04 kg/jam = 0,00017 kg/jam
- Glisin = 0,9% x 0,04 kg/jam = 0,00039 kg/jam
- Leusin = 0,9% x 0,04 kg/jam = 0,00039 kg/jam
- Air = 97,4% x 0,04 kg/jam = 0,042 kg/jam

**Tabel A.3** Neraca Massa Rotary vacuum Filter (RVF-1041)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F6	F7	F8
Asam Aspartat	462,31	0,00017	462,31
Asam Glutamat	462,31	0,00017	462,31
Glisin	1.023,68	0,00039	1.023,68
Leusin	1.023,68	0,00039	1.023,68
Air	11.279,62	0,042	11.0345,58
Ampas	23.115,4	23.115,4	-
<b>Sub Total</b>	<b>136.433</b>	<b>23.115,44</b>	<b>113.317,56</b>
<b>Total</b>	<b>136.433</b>	<b>136.433</b>	

#### 4.1.4 Storage CaO (ST-1062)

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan CaO.



##### ❖ Input

**Aliran F9 = 8690 kg/jam**

- CaO = 84% x 8.690 kg/jam = 7.299,6 kg/jam
- MgO = 8% x 8.690 kg/jam = 677,8 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 3% x 8.690 kg/jam = 243,3 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 2% x 8.690 kg/jam = 165,1 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1% x 8.690 kg/jam = 43,45 kg/jam
- SrO = 3% x 8.690 kg/jam = 260,7 kg/jam

##### ❖ Output

**Aliran F10 = 8690 kg/jam**

- CaO = 84% x 8.690 kg/jam = 7.299,6 kg/jam
- MgO = 8% x 8.690 kg/jam = 677,8 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 3% x 8.690 kg/jam = 243,3 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 2% x 8.690 kg/jam = 165,1 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,5% x 8.690 kg/jam = 43,45 kg/jam
- SrO = 3% x 8.690 kg/jam = 260,7 kg/jam

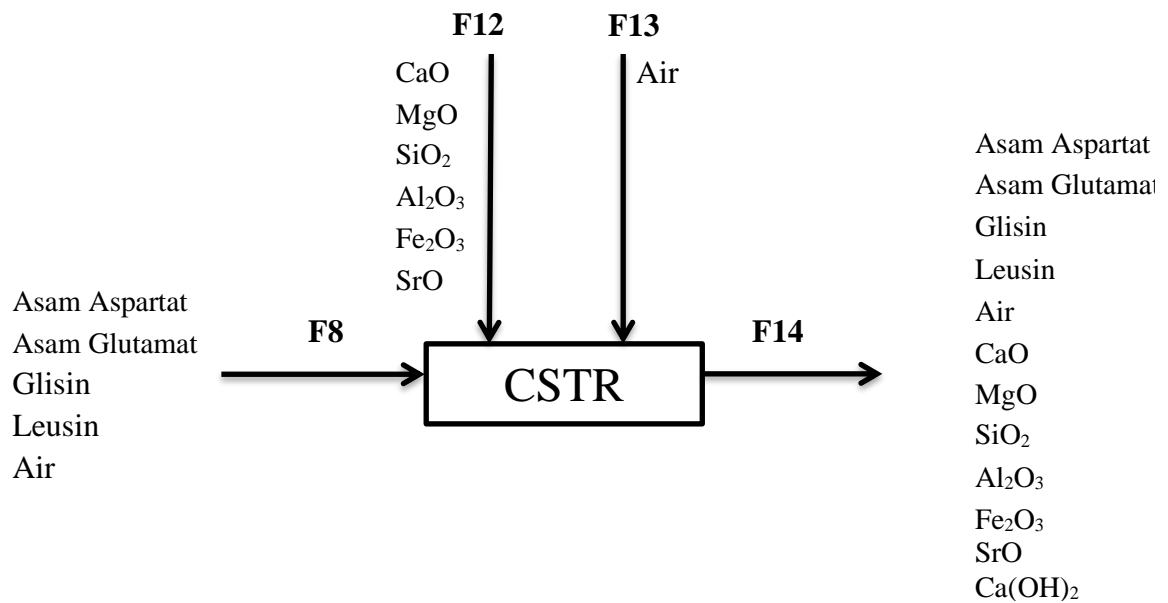
**Tabel A.4** Neraca Massa Storage CaO (ST-1062)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	F4	F5
CaO	7.299,6	7.299,6

MgO	677,82	677,82
SiO <sub>2</sub>	243,32	243,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	165,11	165,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,45	43,45
SrO	260,7	260,7
<b>Sub Total</b>	<b>8.690</b>	<b>8.690</b>
<b>Total</b>	<b>8.690</b>	<b>8.690</b>

#### 4.1.5 Reaktor CSTR (R-2101)

Fungsi : untuk mereaksikan CaO dengan H<sub>2</sub>O



Kondisi operasi :

Temperature : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu : 1 jam

Konversi : 99%

#### ❖ Input

**Aliran F12 = 8690 kg/jam**

Jumlah CaO yang bereaksi di dalam CSTR yaitu :

$$\text{Mol CaO} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{7299,6 \text{ Kg/Jam}}{56,07 \text{ Kg/Kmol}} = 130,19 \text{ kmol/Jam}$$

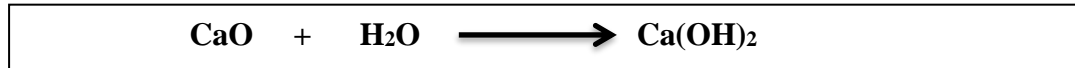


### Aliran F13

Jumlah H<sub>2</sub>O yang bereaksi didalam CSTR yaitu :

$$\text{Mol H}_2\text{O} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{423.185,58 \text{ Kg/Jam}}{18 \text{ Kg/Kmol}} = 23.510,31 \text{ Kmol/Jam}$$

Reaksi :



Mula-mula : 130,19                      23.510,31

Bereaksi : 128,89                      128,89                      128,89

---

Hasil : 1,30                      23.381,42                      128,89

#### ❖ Output

Dari reaksi diatas, maka diperoleh keluaran dari aliran F14

### Aliran F14

- Asam Aspartat = 462,3078252 kg/jam
- Asam Glutamat = 462,3078252 kg/jam
- Glisin = 1.023,681613 kg/jam
- Leusin = 1.023,681613 kg/jam
- Air = 23.381,42 kmol/jam x 18 kg/kmol = 420.865,6412 kg/jam
- CaO = 1,30 kmol/jam x 56,07 kg/kmol = 72,996 kg/jam
- MgO = 677,8 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 243,32 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 165,11 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 43,45 kg/jam
- SrO = 260,7 kg/jam
- Ca(OH)<sub>2</sub> = 128,89 kmol/jam x 74 kg/kmol = 9537,5191 kg/jam

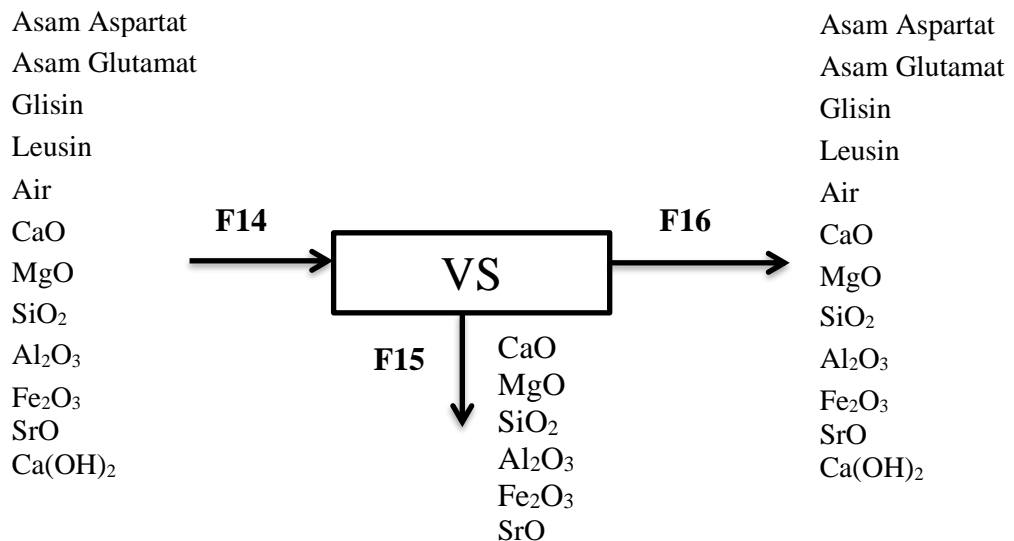
**Tabel A.5** Neraca Massa CSTR (R-2101)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)			Keluar (Kg/Jam)
	F8	F12	F13	F14
Asam Aspartat	462,3	-	-	462,3
Asam Glutamat	462,32	-	-	462,3

Glisin	1.023,7	-	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	-	1.023,7
Air	11.0345,6	-	312840	420.865,6
CaO	-	7.299,6	-	72,996
MgO	-	677,82	-	677,82
SiO <sub>2</sub>	-	243,32	-	243,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	165,11	-	165,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	43,45	-	43,45
SrO	-	260,7	-	260,7
Ca(OH) <sub>2</sub>	-	-	-	9.537,5
<b>SUB TOTAL</b>	<b>113.317,6</b>	<b>8.690</b>	<b>312840</b>	<b>434.847,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>434.847,56</b>			<b>434.847,56</b>

#### 4.1.6 Vibrating Screen (VS-2111)

Fungsi : untuk memisahkan CaO yang tidak larut di Reaktor CSTR



**Neraca Massa Total :**

$$\text{Aliran F14} = \text{Aliran F15} + \text{Aliran F16}$$

#### ❖ Output

##### Aliran F15

Jumlah padatan dan pengotor yang terpisah dialiran F15 yaitu :

- CaO = 72,996 kg/jam x 99% = 72,266 kg/jam

- $\text{MgO} = 677,82 \text{ kg/jam} \times 99\% = 671,04 \text{ kg/jam}$
- $\text{SiO}_2 = 243,32 \text{ kg/jam} \times 99\% = 240,89 \text{ kg/jam}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 165,11 \text{ kg/jam} \times 99\% = 163,46 \text{ kg/jam}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 43,45 \text{ kg/jam} \times 99\% = 43,0155 \text{ kg/jam}$
- $\text{SrO} = 260,7 \text{ kg/jam} \times 99\% = 258,093 \text{ kg/jam}$

### Aliran F16

Jumlah cairan yang terpisah kealiran F16 yaitu :

- Asam Aspartat = 462,3078252 kg/jam
- Asam Glutamat = 462,3078252 kg/jam
- Glisin = 1.023,681613 kg/jam
- Leusin = 1.023,681613 kg/jam
- Air = 420.865,6412 kg/jam
- $\text{CaO} = 72,996 \text{ kg/jam} \times 1\% = 0,72996 \text{ kg/jam}$
- $\text{MgO} = 677,82 \text{ kg/jam} \times 1\% = 6,7782 \text{ kg/jam}$
- $\text{SiO}_2 = 243,32 \text{ kg/jam} \times 1\% = 2,4332 \text{ kg/jam}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 165,11 \text{ kg/jam} \times 1\% = 1,6511 \text{ kg/jam}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 43,45 \text{ kg/jam} \times 1\% = 0,3545 \text{ kg/jam}$
- $\text{SrO} = 260,6 \text{ kg/jam} \times 1\% = 2,607 \text{ kg/jam}$
- $\text{Ca(OH)}_2 = 9.537,5191 \text{ kg/jam}$

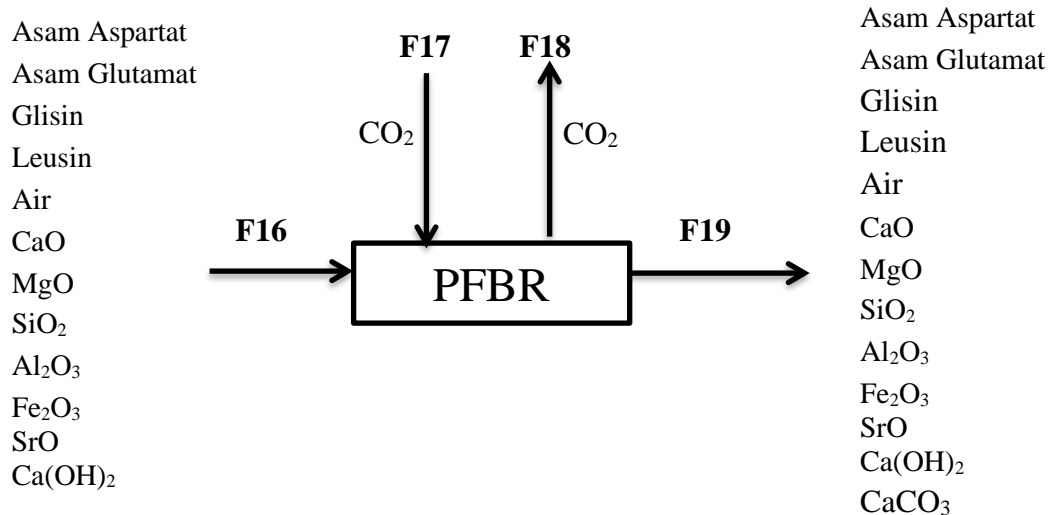
**Tabel A.6** Neraca Massa Vibrating Screen (VS-2111)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F14	F15	F16
Asam Aspartat	462,3	-	462,3
Asam Glutamat	462,3	-	462,3
Glisin	1.023,7	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	1.023,7
Air	420.865,6	-	420.865,6
CaO	72,996	72,27	0,73
MgO	677,82	671,04	6,78
SiO <sub>2</sub>	243,32	240,89	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	165,11	163,46	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,45	43,02	0,43
SrO	260,7	258,09	2,61
Ca(OH) <sub>2</sub>	9.537,5	-	9.537,52
<b>SUB TOTAL</b>	<b>434.838,54</b>	<b>1.448,76</b>	<b>433.389,77</b>

<b>TOTAL</b>	<b>434.839</b>	<b>434.839</b>
--------------	----------------	----------------

#### 4.1.7 Reaktor PFBR (R-2102)

Fungsi : sebagai tempat pereaksian hasil dari CSTR dengan gas CO<sub>2</sub> untuk mendapatkan PCC



Kondisi operasi :

Temperature : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu : 1 jam

Konversi : 99%

#### ❖ Input

**Aliran F16 = 456394 kg/jam**

Jumlah Ca(OH)<sub>2</sub> yang bereaksi di dalam PFBR yaitu :

$$\text{Mol Ca(OH)}_2 = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{9.537,52\text{Kg/Jam}}{74 \text{ Kg/Kmol}} = 128,8854 \text{ Kmol/Jam}$$

**Aliran F17**

Jumlah CO<sub>2</sub> yang bereaksi didalam PFBR yaitu :

$$\text{Mol CO}_2 = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{5.670,96 \text{ Kg/Jam}}{44 \text{ Kg/Kmol}} = 128,89 \text{ Kmol/Jam}$$

**Reaksi :**



Mula-mula :	128,89	128,89		
Bereaksi :	127,60	127,60	127,60	127,60
<hr/>				
Hasil :	1,29	1,29	127,60	127,60

### ❖ Output

Dari reaksi diatas, maka diperoleh keluaran dari aliran F19

#### Aliran F19

- Asam Aspartat = 462,3078252 kg/jam
- Asam Glutamat = 462,3078252 kg/jam
- Glisin = 1.023,681613 kg/jam
- Leusin = 1.023,681613kg/jam
- Air = (127,60 kmol/jam x 18 kg/kmol) + 420.866 kg/jam = 423.162,38 kg/jam
- CaO = 0,72996 kg/jam
- MgO = 6,778 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 2,4332 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,6511 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,4345 kg/jam
- SrO = 2,607 kg/jam
- Ca(OH)<sub>2</sub> = 1,29 kmol/jam x 74 kg/kmol = 95,38 kg/jam
- CaCO<sub>3</sub> = 127,6 kmol/jam x 100 kg/kmol = 12.759,65 kg/jam

**Tabel A.7** Neraca Massa PFBR (R-2102)

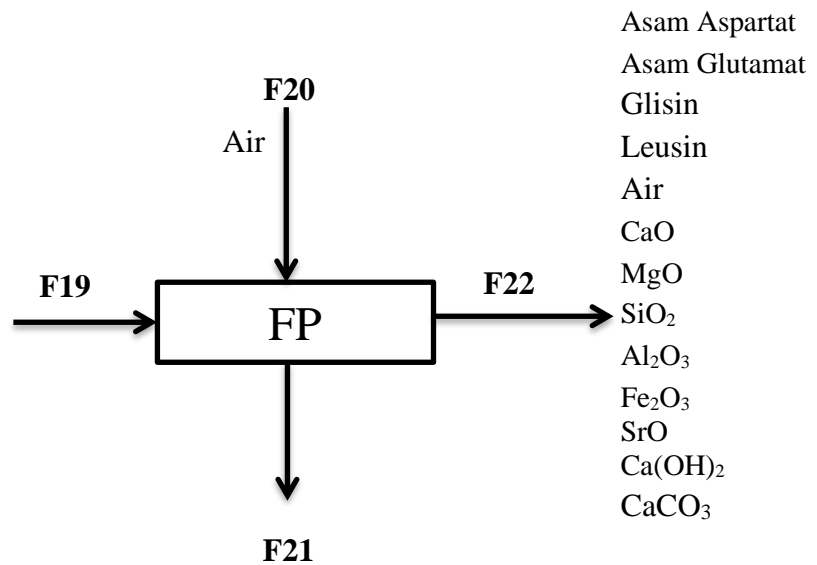
Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F16	F17	F18	F19
Asam Aspartat	462,3	-	-	462,3
Asam Glutamat	462,3	-	-	462,3
Glisin	1.023,7	-	-	1.023,7
Leusin	1.023,7	-	-	1.023,7
Air	420.865,64	-	-	423.162,38
CaO	0,73	-	-	0,73
MgO	6,78	-	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	-	0,43
SrO	2,61	-	-	2,61
Ca(OH) <sub>2</sub>	9.537,52	-	-	95,38
CO <sub>2</sub>	-	5.670,96	56,71	-

CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	12.759,65
<b>Sub Total</b>	<b>433.389,77</b>	<b>5.670,96</b>	<b>56,71</b>	<b>439.004,02</b>
<b>Total</b>	<b>439.060,73</b>		<b>439.060,73</b>	

#### 4.1.8 Filter Press (FP-3131)

Fungsi : Untuk menyaring Padatan CaCO<sub>3</sub>

Asam Aspartat  
 Asam Glutamat  
 Glisin  
 Leusin  
 Air  
 CaO  
 MgO  
 SiO<sub>2</sub>  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 SrO  
 Ca(OH)<sub>2</sub>  
 CaCO<sub>3</sub>



Kondisi operasi :

Efisiensi alat : 99%

**Neraca Massa Total :**

$$\text{Aliran F19} + \text{Aliran F20} = \text{Aliran F21} + \text{Aliran F22}$$

#### ❖ Input

**Aliran F20**

**Data kelarutan bahan dalam air:**

- Asam aspartat = 4,5 gr/L
- Asam glutamat = 8,64 gr/L
- Glisin = 100 gr/L
- Leusin = 16 gr/L
- Ca(OH)<sub>2</sub> = 1,85 gr/L

Jumlah air yang dibutuhkan yaitu :

- Air yang terkandung pada aliran F19 x Data kelarutan Glisin dalam air

$$= 423.162,3789 \text{ kg/jam} \times 0,1 \text{ kg/L} = 42.316,23789 \text{ kg/jam}$$

- $42.316,23789 \text{ kg/jam} - \text{Massa Glisin pada F19}$   
 $= 42.316,23789 \text{ kg/jam} - 1.023,681613 \text{ kg/jam} = 41.292,55628 \text{ kg/jam}$
- Maka air yang dibutuhkan =  $41.292,55628 \text{ kg/jam} / 0,1 \text{ kg/L}$   
 $= 41.292,55628 \text{ kg/jam}$

### ❖ Output

#### Aliran F21

Jumlah liquid yang terpisah ke aliran F21 yaitu :

- Asam aspartat =  $100\% \times 462,3078252 \text{ kg/jam} = 462,3078252 \text{ kg/jam}$
- Asam glutamat =  $100\% \times 462,3078252 \text{ kg/jam} = 462,3078252 \text{ kg/jam}$
- Glisin =  $100\% \times 1.023,681613 \text{ kg/jam} = 1.023,681613 \text{ kg/jam}$
- Leusin =  $100\% \times 1.023,681613 \text{ kg/jam} = 1.023,681613 \text{ kg/jam}$
- $\text{Ca(OH)}_2$  =  $100\% \times 95,38 \text{ kg/jam} = 95,38 \text{ kg/jam}$
- Air =  $99\% \times (423.162,3789 \text{ kg/jam} + 41.292,55628 \text{ kg/jam})$   
 $= 827.727,0623 \text{ kg/jam}$

#### Aliran F22

Jumlah padatan yang terpisah ke aliran F22 yaitu :

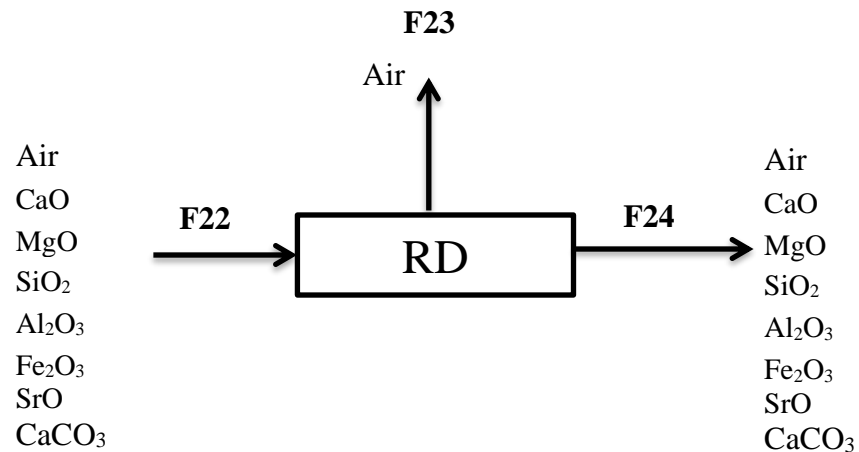
- $\text{CaO} = 0,72996 \text{ kg/jam}$
- $\text{MgO} = 6,7782 \text{ kg/jam}$
- $\text{SiO}_2 = 2,4332 \text{ kg/jam}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,6511 \text{ kg/jam}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4345 \text{ kg/jam}$
- $\text{SrO} = 2,607 \text{ kg/jam}$
- $\text{CaCO}_3 = 12759,654 \text{ kg/jam}$
- Air =  $1\% \times (423.162,3789 \text{ kg/jam} + 41.292,55628 \text{ kg/jam})$   
 $= 8.360,879417 \text{ kg/jam}$

**Tabel A.8 Neraca Massa Filter Press (FP-3131)**

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	F19	F20	F21	F22
Asam Aspartat	462,3	-	462,3	-
Asam Glutamat	462,3	-	462,3	-
Glisin	1.023,7	-	1.023,7	-
Leusin	1.023,7	-	1.023,7	-
Air	423.162,38	412.925,56	827.727,06	8.360,88
CaO	0,73	-	-	0,73
MgO	6,78	-	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	-	0,43
SrO	2,61	-	-	2,61
Ca(OH) <sub>2</sub>	95,38	-	95,38	-
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	-	-	12.759,65
<b>Sub Total</b>	<b>439.004,02</b>	<b>412.925,56</b>	<b>830.794,42</b>	<b>21.135,17</b>
<b>Total</b>	<b>851.930</b>		<b>851.930</b>	

#### 4.1.9 Rotary Dryer (RD-1041)

Fungsi : menghilangkan atau menguapkan kandungan air didalam produk PCC.



Kondisi operasi :

Temperature : 70 °C

Efisiensi alat : 99%



### ❖ Input

#### Aliran F22

Komposisi umpan yang masuk yaitu :

- $\text{CaO} = 0,72996 \text{ kg/jam}$
- $\text{MgO} = 6,7782 \text{ kg/jam}$
- $\text{SiO}_2 = 2,4332 \text{ kg/jam}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,6511 \text{ kg/jam}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4345 \text{ kg/jam}$
- $\text{SrO} = 2,607 \text{ kg/jam}$
- $\text{CaCO}_3 = 12.759,654 \text{ kg/jam}$
- $\text{Air} = 8.360,879417 \text{ kg/jam}$

### ❖ Output

#### Aliran F23

Jumlah air yang teruapkan yaitu :

$$\text{❖ Air} = 99\% \times 8.360,879417 \text{ kg/jam} = 8.277,270623 \text{ Kg/Jam}$$

#### Aliran F24

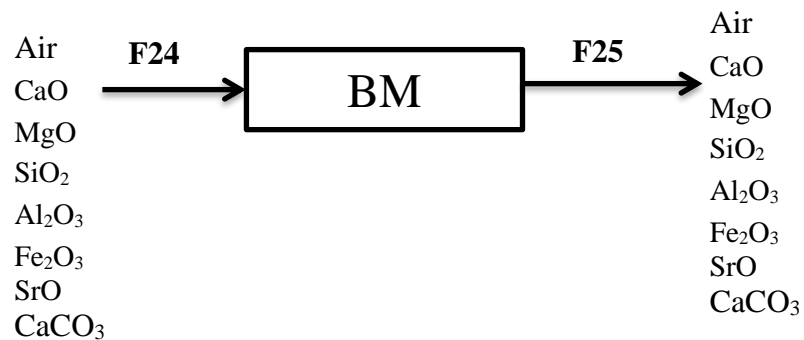
- $\text{Air} = 1\% \times 8.360,879417 \text{ kg/jam} = 83,60879417 \text{ Kg/Jam}$
- $\text{CaO} = 0,72996 \text{ kg/jam}$
- $\text{MgO} = 6,7782 \text{ kg/jam}$
- $\text{SiO}_2 = 2,4332 \text{ kg/jam}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,6511 \text{ kg/jam}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4345 \text{ kg/jam}$
- $\text{SrO} = 2,607 \text{ kg/jam}$
- $\text{CaCO}_3 = 12.759,654 \text{ kg/jam}$

**Tabel A.9** Neraca Massa Rotary Dryer (RD-3141)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	F22	F23	F24
Air	8.360,88	8.277,27	83,61
CaO	0,73	-	0,73
MgO	6,78	-	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	-	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	-	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	-	0,43
SrO	2,61	-	2,61
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	-	12.759,65
<b>SUB TOTAL</b>	<b>21.135,17</b>	<b>8.277,27</b>	<b>12.857,9</b>
<b>TOTAL</b>	<b>21.135,17</b>	<b>21.135,17</b>	

#### 4.1.10 Ball Mill (BM-3151)

Fungsi : Untuk Mengecilkan ukuran PCC



#### ❖ Input

##### Aliran F24

- Air = 83,60879417Kg/Jam
- CaO = 0,72996 kg/jam
- MgO = 6,7782 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 2,4332 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,6511 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,4345 kg/jam
- SrO = 2,607 kg/jam
- CaCO<sub>3</sub> = 12.759,654 kg/jam

❖ **Output**

**Aliran F25**

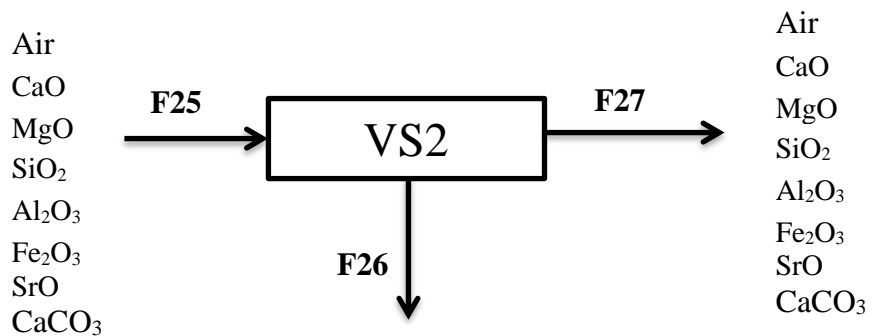
- Air = 83,60879417 Kg/Jam
- CaO = 0,72996 kg/jam
- MgO = 6,7782 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 2,4332 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,6511 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,4345 kg/jam
- SrO = 2,607 kg/jam
- CaCO<sub>3</sub> = 12.759,654 kg/jam

**Tabel A.10** Neraca Massa Ball Mill (BM-3151)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	F24	F25
Air	83,61	83,61
CaO	0,73	0,73
MgO	6,78	6,78
SiO <sub>2</sub>	2,43	2,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	1,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,43
SrO	2,61	2,61
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	12.759,65
<b>Total</b>	<b>12.857,9</b>	<b>12.857,9</b>

**4.1.11 Vibrating Screen 2 (VS-3112)**

Fungsi : Untuk Menyaring PCC yang tidak lolos



**Efisiensi : 99%**

**❖ Input**

**Aliran F26**

- Air = 99% x 83,61 Kg/Jam = 82,77 kg/jam
- CaO = 99% x 0,72996 kg/jam = 0,72266 kg/jam
- MgO = 99% x 6,7782 kg/jam = 6,71042 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 99% x 2,4332 kg/jam = 2,4088 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 99% x 1,6511 kg/jam = 1,63459 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 99% x 0,4345 kg/jam = 0,43016 kg/jam
- SrO = 99% x 2,607 kg/jam = 2,580 kg/jam
- CaCO<sub>3</sub> = 1% x 12.759,654 kg/jam = 127,59 kg/jam

**❖ Output**

**Aliran F27**

- Air = 1% x 83,61 Kg/Jam = 0,84 kg/jam
- CaO = 1% x 0,72996 kg/jam = 0,007 kg/jam
- MgO = 1% x 6,7782 kg/jam = 0,067 kg/jam
- SiO<sub>2</sub> = 1% x 2,4332 kg/jam = 0,024 kg/jam
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1% x 1,6511 kg/jam = 0,016 kg/jam
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1% x 0,4345 kg/jam = 0,004 kg/jam
- SrO = 1% x 2,607 kg/jam = 0,026 kg/jam
- CaCO<sub>3</sub> = 99% x 12.759,654 kg/jam = 12632,0574 kg/jam

**Tabel 4.11** Neraca Massa Vibrating Screen 2 (3112)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kg/Jam)</b>	<b>Keluar (Kg/Jam)</b>	
	<b>F25</b>	<b>F26</b>	<b>F27</b>
Air	83,61	82,77	0,84
CaO	0,73	0,72	0,0073
MgO	6,78	6,71	0,068
SiO <sub>2</sub>	2,43	2,401	0,024
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65	1,63	0,017
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,43	0,004
SrO	2,61	2,58	0,03
CaCO <sub>3</sub>	12.759,65	127,59	12.632,06
<b>Sub Total</b>	<b>12.857,89</b>	<b>225,86</b>	<b>12.633,04</b>
<b>Total</b>	<b>12.857,89</b>	<b>12.857,89</b>	

## LAMPIRAN B

### NERACA ENERGI

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q)

- Menggunakan data Cp dalam bentuk konstanta.

$$Q = m C_p \Delta T \quad (\text{Himmelblau, Pers. 23.12, Hal. 693})$$

Data Cp konstanta dapat diperoleh dari Perry's *Chemical Handbook* Vol.7 hal 354. Sedangkan data Cp konstanta untuk bahan yang dihitung berdasarkan gugus fungsi dapat dilihat pada buku Perry's *Chemical Handbook* Vol.7 hal 354.

- Menggunakan data Cp yang dipengaruhi temperatur.

Data Cp yang dipengaruhi oleh temperatur dapat diperoleh dari buku David M. Himmelblau *Basic Principles and Calculating in Chemical Engineering* Ed.5<sup>th</sup> hal 677.

$$Q = m \int C_p \Delta T \quad (\text{Himmelblau, Pers. 23.12, Hal. 693})$$

$$- C_p^0 = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3$$

$$- C_p = [a \times (T_2 - T_1)] + \left[ \frac{b}{2} \times (T_2^2 - T_1^2) \right] + \left[ \frac{c}{3} \times (T_2^3 - T_1^3) \right] + \left[ \frac{d}{4} \times (T_2^4 - T_1^4) \right]$$

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung panas reaksi (Qr)

$$Q_R = - \Delta H_R \quad (\text{Himmelblau, Pers. 25.1, Hal 770})$$

- $\Delta H_R = \Delta H_R^0 + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})$
- $\Delta H_R^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan}$

Nilai data  $\Delta H_f$  dapat diperoleh dari Perry's *Chemical Engineers'* Ed. 8<sup>th</sup> hal 2-185 dan David M. Himmelblau Ed.5<sup>th</sup> hal 1049.

Nilai kapasitas panas masing – masing komponen dapat dilihat pada Tabel B.1.

**Tabel B.1** Nilai Kapasitas Panas Komponen

Komponen	CP ( Kkal/kg.K)
Asam Aspartat	1,15
Asam Glutamat	1,19
Glisin	1,81
Leusin	1,46
Ampas	0,38
CaO	1,12
Ca(OH) <sub>2</sub>	1,18
CaCO <sub>3</sub>	0,24
MgO	0,16
SiO <sub>2</sub>	3,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,88
SrO	5,54
H <sub>2</sub> O (l)	1,62
H <sub>2</sub> O (g)	6,53
CO <sub>2</sub>	2,02

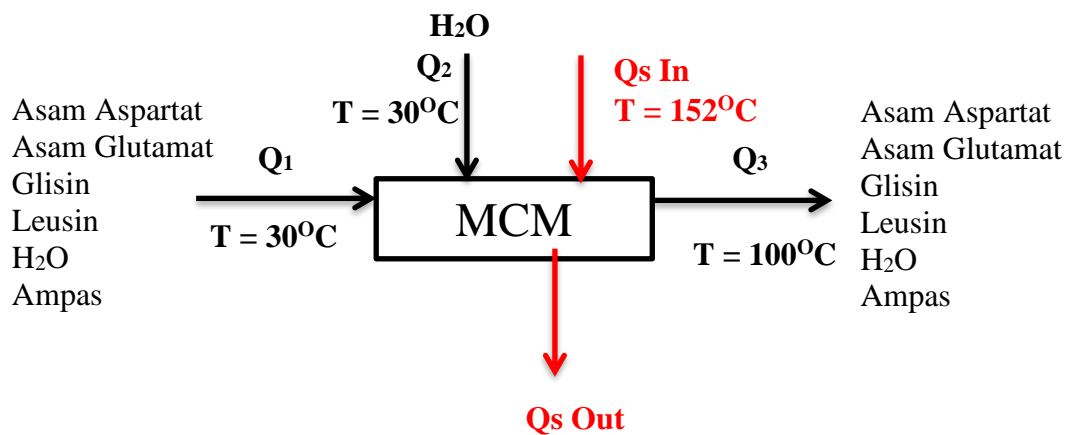
Sumber : Carl L. Yaws Chemical Properties Handbook dan NIST Chemistry WebBook  
Nilai panas pembentukan masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel B.2.

**Tabel B.2** Nilai Panas Pembentukan Komponen

Komponen	$\Delta H_f$ (kJ/kmol)
CaO	-635,09
H <sub>2</sub> O	-285,83
Ca(OH) <sub>2</sub>	-986,762
CO <sub>2</sub>	-393,509
CaCO <sub>3</sub>	-1206,92

Sumber: Smith Van Ness App C.4

### 1. Mixer Cutting Machine (MCM-1021)



Kondisi Operasi :

- Temperatur : 100 °C

- Tekanan : 1 atm

❖ **Input**

❖ **Q<sub>1</sub>**

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.3 Energi Q1 MCM (MCM-1021)**

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q1 (kkal/jam)
Asam Aspartat	133	1,148120301	462,308	2.653,93
A. Glutamat	147	1,190884354	462,308	2.752,78
Glisin	75	1,813001333	1.023,682	9.279,68
Leusin	131	1,458015267	1.023,682	7.462,72
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	11.279,62	18.309,98
Ampas	200	0,3762	23.115,4	43.480,07
<b>TOTAL</b>				<b>83.939,16</b>

❖ **Q<sub>2</sub>**

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.3 Energi Q2 MCM (MCM-1021)**

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q2 (kkal/jam)
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	99.066	160.811,86
<b>TOTAL</b>				<b>160.811,86</b>

❖ **Output**

❖ **Q<sub>3</sub>**

T<sub>in</sub> = 100 °C (373 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.4 Energi Q3 MCM (MCM-1021)**

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q3 (kkal/jam)
Asam Aspartat	133	1,148120301	462,308	39.808,89



A. Glutamat	147	1,190884354	462,308	41.291,65229
Glisin	75	1,813001333	1.023,682	139.195,2623
Leusin	131	1,458015267	1.023,682	111.940,7989
H <sub>2</sub> O	18	24,3	110.345,62	13.434.138,46
Ampas	200	0,3762	23.115,4	2.677.574,315
<b>TOTAL</b>				<b>3.662.011,929</b>

### ❖ Beban Tangki

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$\Delta Q = Q_3 - (Q_1 + Q_2)$$

$$\Delta Q = 3.417.260,91 \text{ kkal/jam}$$

### ❖ Steam

Media pemanas adalah *saturated steam* pada temperatur 152°C, sehingga :

$$H_f = 640,8 \text{ kJ/kg} = 153,05 \text{ kkal/kg}$$

$$H_v = 2747,7 \text{ kJ/kg} = 656,28 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_s = H_v - H_f = 656,28 \text{ kkal/kg} - 153,05 \text{ kkal/kg} = 503,22 \text{ kkal/kg}$$

(Smith Van Ness, Appendix F.1 *Saturated Steam*, Hal 669)

- Banyaknya steam yang dibutuhkan :

$$M_s = \frac{\Delta Q}{\lambda_s} = \frac{3.417.260,909 \text{ kkal/jam}}{503,22 \text{ kkal/kg}} = 6.790,73 \text{ kg/jam}$$

- Panas steam yang masuk:

$$Q_{s \text{ in}} = M_s \times H_v$$

$$Q_{s \text{ in}} = 6.790,73 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 656,28 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{s \text{ in}} = 4.456.598,699 \text{ kkal/jam}$$

- Panas steam yang keluar:

$$Q_{s \text{ out}} = M_s \times H_f$$

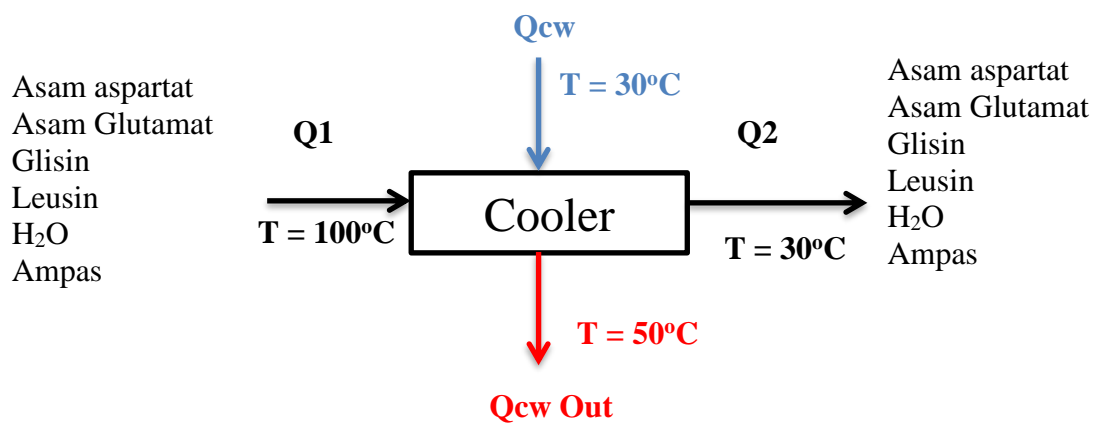
$$Q_{s \text{ out}} = 6.790,726556 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 153,05 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{s \text{ out}} = 1.039.337,79 \text{ kkal/jam}$$

**Tabel B.5** Neraca Energi MCM (MCM-1021)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	83.939	-
Q <sub>2</sub>	160.812	-
Q <sub>3</sub>	-	3.662.012
Q <sub>sin</sub>	4.456.599	-
Q <sub>sout</sub>	-	1.039.338
<b>TOTAL</b>	<b>4.701.350</b>	<b>4.701.350</b>

## 2. Cooler (C-1071)



Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- ❖ **Input**
- ❖ **Q<sub>1</sub>**

T<sub>in</sub> = 100 °C (373 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.6** Energi Q1 Cooler (C-1071)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q1 (kkal/jam)
Asam Aspartat	133	1,148120301	462,308	39.808,89
A. Glutamat	147	1,190884354	462,308	41.291,65229
Glisin	75	1,813001333	1.023,682	139.195,2623

Leusin	131	1,458015267	1.023,682	111.940,7989
H <sub>2</sub> O	18	24,3	110.345,62	2.677.573,302
<b>TOTAL</b>				<b>3.009.809,78</b>

❖ **Output**❖ **Q<sub>2</sub>**

$$T_{out} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} (303 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} (298 \text{ K})$$

**Tabel B.7** Energi Q<sub>2</sub> Cooler (C-1071)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q <sub>2</sub> (kkal/jam)
Asam Aspartat	133	1,148120301	462,308	2.653,926
A. Glutamat	147	1,190884354	462,308	2.752,776819
Glisin	75	1,813001333	1.023,682	9.279,684155
Leusin	131	1,458015267	1.023,682	7.462,719924
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	110.345,62	179.121,8461
<b>TOTAL</b>				<b>201.270,88</b>

❖ **Beban Cooler**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$\Delta Q = 2.808.538,903 \text{ kkal/jam}$$

❖ **Air Pendingin**

$$T_{cool} = 27^{\circ}\text{C} = 300^{\circ}\text{K}$$

$$T_{hot} = 50^{\circ}\text{C} = 323^{\circ}\text{K}$$

$$\Delta T = 23^{\circ}\text{C} = 23^{\circ}\text{K}$$

$$C_p \text{ air} = 1,62 \text{ kkal/kg.K}$$

- Banyaknya air pendingin yang dibutuhkan :

$$M_c = \frac{\Delta Q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{2.808538,903 \text{ kkal/jam}}{1,62 \frac{\text{kkal}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \times 20 \text{ K}} = 75.224 \text{ kg/jam}$$

- Air pendingin yang masuk (Q<sub>ew in</sub>):

$$T_{in} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C} (300 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} (298 \text{ K})$$

**Tabel B.8** Energi Qcw in Cooler (C-1071)

KOMP	BM.	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	$\Delta T$ (K)	Qcw in (kkal/jam)
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	75.224	5	244.220,7742
<b>TOTAL</b>					<b>244.220,7742</b>

- Air pendingin yang keluar (Qcw out):

$$T_{out} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (323 K)}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

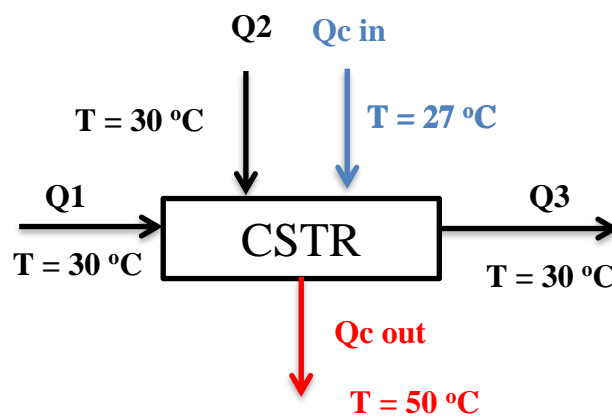
**Ta.bel B.9** Energi Qcw out Cooler (C-1071)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	$\Delta T$ (K)	Qcw out (kkal/jam)
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	75.224	25	3.052.759,678
<b>TOTAL</b>					<b>3.052.759,678</b>

**Tabel B.10** Neraca Energi Cooler (C-1071)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	3.009.809,78	0
Q <sub>2</sub>		201.270,8769
Qcw in	244.220,7742	0
Qcw out	0	3.052.759,678
<b>TOTAL</b>	<b>3.254.031</b>	<b>3.254.031</b>

### 3. Continuous Stirred Tank Reactor (R-2101)



Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C

- Tekanan : 1 atm

❖ **Input**

❖ **Q<sub>1</sub>**

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.11 Energi Q1 CSTR (R-2101)**

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q1 (kkal/jam)
Asam Aspartat	133	1,148120301	462,3078252	2.653,924996
A. Glutamat	147	1,190884354	462,3078252	2.752,775778
Glisin	75	1,813001333	1.023,681613	9.279,680646
Leusin	131	1,458015267	1.023,681613	7.462,717102
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	110.345,5783	179.121,7783
<b>TOTAL</b>				<b>201.270,8769</b>

❖ **Q<sub>2</sub>**

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.12 Energi Q2 CSTR (R-2101)**

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q2 (kkal/jam)
CaO	56,07	1,123595506	7299,6	41.008,98876
MgO	40,3	0,155436004	677,82	105,3576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	243,32	756,6079607
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	165,11	1.600,155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	43,45	212,2226598
SrO	103,62	5,542855628	260,7	1.445,022462
<b>TOTAL</b>				<b>45.128,35519</b>

❖ **Output**

❖ **Q<sub>3</sub>**

T<sub>out</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.13** Energi Q3 CSTR (R-2101)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q3 (kkal/jam)
As. Aspartat	133	1,148120301	462,3078252	2.653,924996
As.Glutamat	147	1,190884354	462,3078252	2.752,775778
Glisin	75	1,813001333	1.023,681613	9.279,680646
Leusin	131	1,458015267	1.023,681613	7.462,717102
Air	18	1,623280073	420.865,6412	683.182,8087
CaO	56,07	1,123595506	72,996	410,0898876
MgO	40,3	0,155436004	677,82	105,3576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	243,32	756,6079607
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	165,11	1.600,155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	43,45	212,2226598
SrO	103,62	5,542855628	260,7	1.445,022462
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1,182432432	9.537,519101	56.387,35955
<b>TOTAL</b>				<b>766.248,7231</b>

Reaksi:

Konversi : 99%



$$\Delta H^\circ R = \Delta H^\circ f \text{ produk} - \Delta H^\circ f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^\circ R = -65,842 \text{ kkal}$$

Maka:

❖ Q produk

**Tabel B.14** Energi Q produk CSTR (R-2101)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Qproduk (kkal/jam)
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1,182432432	9.537,519101	56.387,35955
<b>TOTAL</b>				<b>56.387,35955</b>

❖ Q reaktan

**Tabel B.15** Energi Q reaktan CSTR (R-2101)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	ΔT (K)	Qreaktan (kkal/jam)
CaO	56,07	1,123595506	7.299,6	5	41.008,98876
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	110.345,5783	5	895.608,8917
<b>TOTAL</b>					<b>936.617,8805</b>

$$\Delta H_R = \Delta H_R^0 + (\Delta Q \text{ produk} - \Delta Q \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_R = -880.296,3629 \text{ kkal/jam}$$

$$Q_R = -\Delta H_R$$

$$Q_R = 880.296,3629 \text{ kkal/jam}$$

#### ❖ Beban CSTR

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$\Delta Q = Q_3 - (Q_1 + Q_2 + Q_r)$$

$$\Delta Q = 360.446,8719 \text{ kkal/jam}$$

#### ❖ Kebutuhan pendingin

$$T_{cool} = 300 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_{hot} = 323 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 298 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ air} = 1,62$$

- Banyaknya pendingin yang dibutuhkan :

$$M = \frac{\Delta Q}{C_p \cdot dT} = \frac{360.446,8719 \text{ kkal/jam}}{37,34} = 9.654,3 \text{ kg/jam}$$

- Panas pendingin yang masuk:

$$Q_{c \text{ in}} = M \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q_{c \text{ in}} = 31.343 \text{ kkal/jam}$$

- Panas pendingin yang keluar:

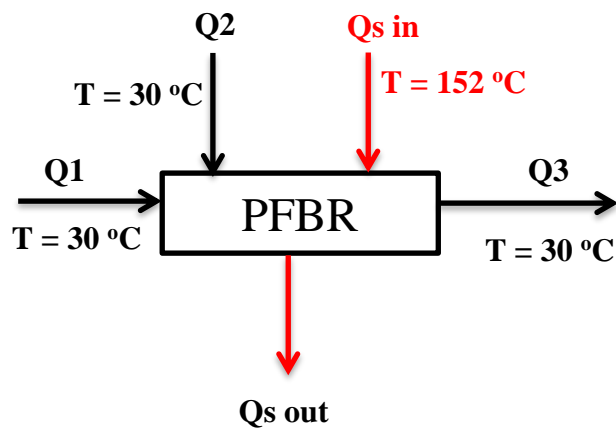
$$Q_{c \text{ out}} = M_s \cdot C_p \cdot dT$$

$$Q_{c \text{ out}} = 391.790 \text{ kkal/jam}$$

**Tabel B.16** Neraca Energi CSTR (R-2101)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	201.270,8769	-
Q <sub>2</sub>	45.128,35519	-
Q <sub>3</sub>	-	766.248,7231
Q <sub>r</sub>	880.296,3629	-
Q <sub>s in</sub>	31.343,20625	-
Q <sub>s out</sub>	-	391.790,0781
<b>TOTAL</b>	<b>1.158.039</b>	<b>1.158.039</b>

#### 4. Plug Flow Bubble Reactor (R-2102)



Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

#### Input

##### ❖ Q<sub>1</sub>

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.17** Energi Q<sub>1</sub> PFBR (R-2102)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q1 (kkal/jam)
As. Aspartat	133	1,148120301	462,3078252	2.653,924996
As. Glutamat	147	1,190884354	462,3078252	2.752,775778
Glisin	75	1,813001333	1.023,681613	9.279,680646
Leusin	131	1,458015267	1.023,681613	7.462,717102
Air	18	1,623280073	420.865,6412	683.182,8087
CaO	56,07	1,123595506	0,72996	4,100898876
MgO	40,3	0,155436004	6,7782	1,053576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	2,4332	7,566079607
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	1,6511	16,00155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	0,4345	2,122226598
SrO	103,62	5,542855628	2,607	14,45022462
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1,182432432	9.537,519101	56.387,35955
<b>TOTAL</b>				<b>761.764,5613</b>



❖ Q<sub>2</sub>

$$T_{in} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} (303 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} (298 \text{ K})$$

Tabel B.18 Energi Q2 PFBR (R-2102)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q2 (kkal/jam)
CO <sub>2</sub>	44	2,023034918	5.670,957303	11.472,54464
<b>TOTAL</b>				<b>11.472,54464</b>

❖ Q<sub>3</sub>

$$T_{out} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} (303 \text{ K})$$

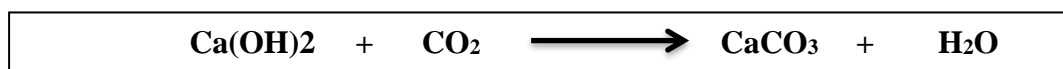
$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} (298 \text{ K})$$

Tabel B.19 Energi Q3 PFBR (R-2102)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q3 (kkal/jam)
As. Aspartat	133	1,148120301	462,3078252	2.653,924996
As. Glutamat	147	1,190884354	462,3078252	2.752,775778
Glisin	75	1,813001333	1.023,681613	9.279,680646
Leusin	131	1,458015267	1.023,681613	7.462,717102
Air	18	1,623280073	423.162,3789	686.911,0573
CaO	56,07	1,123595506	0,72996	4,100898876
MgO	40,3	0,155436004	6,7782	1,053576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	2,4332	7,566079607
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	1,6511	16,00155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	0,4345	2,122226598
SrO	103,62	5,542855628	2,607	14,45022462
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1,182432432	95,37519101	563,8735955
CO <sub>2</sub>	44	2,023034918	56,70957303	114,7254464
CaCO <sub>3</sub>	100	0,239	12.759,65393	15.247,78645
<b>TOTAL</b>				<b>725.031,8358</b>

Reaksi:

Konversi : 99%



$$\Delta H^{\circ}R = \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^{\circ}R = -112,479 \text{ kkal}$$

Maka:

❖ **Q produk**

**Tabel B.20** Energi Q produk PFBR (R-2102)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Qproduk (kkal/jam)
CaCO <sub>3</sub>	100	0,239	12.759,65	15.247,79
H <sub>2</sub> O	18	1,623280073	423.162,38	686.911,06
<b>TOTAL</b>				<b>702.158,84</b>

❖ **Q reaktan**

**Tabel B.21** Energi Q reaktan PFBR (R-2102)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Qreaktan (kkal/jam)
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1,182432432	9.537,519101	56.387,35955
CO <sub>2</sub>	44	2,023034918	5.670,957303	11.472,54464
<b>TOTAL</b>				<b>67.859,90419</b>

$$\Delta H_R = \Delta H_R^0 + (\Delta Q \text{ produk} - \Delta Q \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_R = 634.186,46 \text{ kkal/jam}$$

$$Q_R = -\Delta H_R$$

$$Q_R = -634.186,46 \text{ kkal/jam}$$

❖ **Beban PFBR**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$\Delta Q = Q_3 - (Q_1 + Q_2 + Q_r)$$

$$\Delta Q = 585.981,1904 \text{ kkal/jam}$$

❖ **Steam**

Media pemanas adalah *saturated steam* pada temperatur 152°C, sehingga :

$$H_f = 640,8 \text{ kJ/kg} = 153,05 \text{ kkal/kg}$$

$$H_v = 2747,7 \text{ kJ/kg} = 656,28 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_s = H_v - H_f = 656,28 \text{ kkal/kg} - 153,05 \text{ kkal/kg} = 503,22 \text{ kkal/kg}$$

(Smith Van Ness, Appendix F.1 *Saturated Steam*, Hal 669)

- Banyaknya steam yang dibutuhkan :

$$M_s = \frac{\Delta Q}{\lambda_s} = \frac{585.981,1904 \text{ kkal/jam}}{503,22 \text{ kkal/kg}} = 1.164,452507 \text{ kg/jam}$$

- Panas steam yang masuk:

$$Q_{s \text{ in}} = M_s \times H_v$$

$$Q_{s \text{ in}} = 1.164,452507 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 656,28 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{s \text{ in}} = 764.203,5772 \text{ kkal/jam}$$

- Panas steam yang keluar:

$$Q_{s \text{ out}} = M_s \times H_f$$

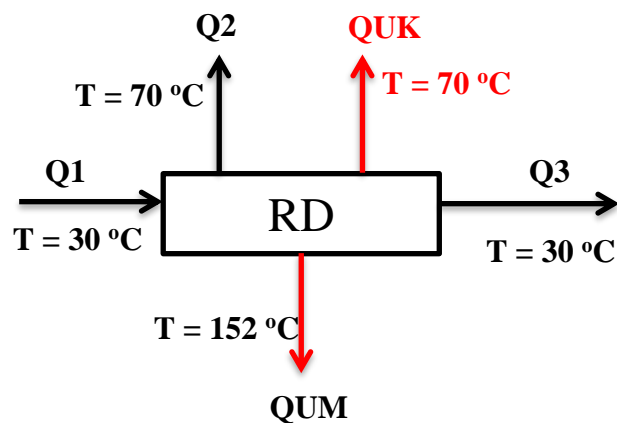
$$Q_{s \text{ out}} = 1.164,452507 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 153,05 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{s \text{ out}} = 178.222,3868 \text{ kkal/jam}$$

**Tabel B.22** Neraca Energi PFBR (R-2102)

Komponen	Energi Masuk (kkal/jam)	Energi Keluar (kkal/jam)
Q <sub>1</sub>	761.765	-
Q <sub>2</sub>	11.473	-
Q <sub>3</sub>	-	725.032
Q <sub>r</sub>	-634.186	-
Q <sub>s in</sub>	764.204	-
Q <sub>s out</sub>	-	178.222
<b>TOTAL</b>	<b>903.254</b>	<b>903.254</b>

### 5. Rotary Dryer (RD-3141)



Kondisi Operasi :

- Temperatur : 30 °C

- Tekanan : 1 atm

❖ **Input**

❖ **Q<sub>1</sub>**

T<sub>in</sub> = 30 °C (303 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.23** Energi Q1 Rotary Dryer (R-3141)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q1 (kkal/jam)
Air	18	1,623280073	8.360,879417	13.572,04895
CaO	56,07	1,123595506	0,72996	4,100898876
MgO	40,3	0,155436004	6,7782	1,053576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	2,4332	7,566079607
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	1,6511	16,00155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	0,4345	2,122226598
SrO	103,62	5,542855628	2,607	14,45022462
CaCO <sub>3</sub>	100	0,239	12.759,65393	15.247,78645
<b>TOTAL</b>				<b>28.865,12996</b>

❖ **Q<sub>2</sub>**

T<sub>out</sub> = 70 °C (343 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.24** Energi Q2 Rotary Dryer (R-3141)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q2 (kkal/jam)
H <sub>2</sub> O	18	6,532916688	8.277,270623	54.074,71938
<b>TOTAL</b>				<b>54.074,71938</b>

**Q<sub>3</sub>**

T<sub>out</sub> = 70 °C (343 K)

T<sub>ref</sub> = 25 °C (298 K)

**Tabel B.25** Energi Q3 Rotary Dryer (R-3141)

KOMP	BM	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	Q3 (kkal/jam)
Air	18	1,623280073	83,60879417	135,7204895
CaO	56,07	1,123595506	0,72996	4,100898876
MgO	40,3	0,155436004	6,7782	1,053576319
SiO <sub>2</sub>	60	3,109518168	2,4332	7,566079607

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96	9,691452442	1,6511	16,00155713
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	4,884295967	0,4345	2,122226598
SrO	103,62	5,542855628	2,607	14,45022462
CaCO <sub>3</sub>	100	0,239	12.759,65393	15.247,78645
<b>TOTAL</b>				<b>15.428,8015</b>

❖ **Beban Rotary Dryer**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$\Delta Q = Q_3 - (Q_1 + Q_2)$$

$$\Delta Q = 40.638,39092 \text{ kkal/jam}$$

❖ **Udara Panas**

$$T_{in} = 152^\circ\text{C} = 425^\circ\text{K}$$

$$T_{out} = 70^\circ\text{C} = 343^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = 82^\circ\text{C} = 82^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ air} = 0,24 \text{ kkal/kg.K}$$

- Banyaknya massa udara yang dibutuhkan :

$$M_u = \frac{\Delta Q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{40.638,39092 \text{ kkal/jam}}{0,24 \frac{\text{kkal}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \times 82 \text{ K}} = 2.064,958888 \text{ kg/jam}$$

- Udara yang masuk

$$T_{in} = 152^\circ\text{C} (425 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} (298 \text{ K})$$

**Tabel B.26** Energi Udara masuk Rotary Dryer (RD-3141)

KOMP	CP(KKAL/KG K)	MASSA (Kg/Jam)	ΔT (K)	Qum (kkal/jam)
UDARA	0,24	2..064,958888	127	62939,94691
<b>TOTAL</b>				<b>62.939,94691</b>

- Udara yang keluar :

$$T_{out} = 70^\circ\text{C} (343 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} (298 \text{ K})$$

**Tabel B.27** Energi Qudara keluar Rotary Dryer (RD-3141)

<b>KOMP</b>	<b>CP(KKAL/KG K)</b>	<b>MASSA (Kg/Jam)</b>	<b><math>\Delta T</math> (K)</b>	<b>Quk (kkal/jam)</b>
UDARA	0,24	2..064,958888	45	22301,55599
<b>TOTAL</b>				<b>22.301,55599</b>

**Tabel B.28** Neraca Energi Rotary Dryer (RD-3141)

<b>Komponen</b>	<b>Energi Masuk (kkal/jam)</b>	<b>Energi Keluar (kkal/jam)</b>
Q1	28.865,12996	-
Q2	-	54.074,71938
Q3	-	15.428,8015
Qum	62.939,94691	-
Quk	-	22.301,55599
<b>TOTAL</b>	<b>91.805,07687</b>	<b>91.805,07687</b>

## LAMPIRAN C

### SPESIFIKASI PERALATAN

#### A. Peralatan Utama

##### 1. *Continuous Washer Conveyor (CWC-1011)*

Fungsi : Mengangkut sekaligus mencuci lidah buaya ke *Mixer Cutting Machine*

Tipe : *Apron conveyor with skirt*

Bahan : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir umpan, m : 34.760 kg/jam
- Faktor keamanan 10%

#### Kapasitas *Conveyor*, W

$$\begin{aligned} W &= \frac{m}{0,9} \\ &= \frac{34.760 \text{ kg/jam}}{0,9} \\ &= 38.622,22 \text{ kg/jam} \\ &= 38,62 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

#### Ukuran *Conveyor*

Dengan kapasitas di atas, dipilih *continuos flow conveyor* dengan spesifikasi sebagai berikut (Perry's 7<sup>th</sup> Ed, Tabel 21-11 Hal 21-19)

- Lebar *conveyor* : 41,18 in = 3,43 ft
- Panjang *conveyor* : 14 m = 45,92 ft
- Kecepatan : 10 ft/menit

### Daya conveyor

$$P = 0.001 \left[ \left( \frac{L_1}{30} + 5 \right) u + \left( \frac{L_2}{16} + 2L_3 \right) T \right] \quad (\text{Walas, Pers 5.26})$$

u : kecepatan = 10 ft/menit

T : kapasitas conveyor = 38,6 ton/jam

L<sub>1</sub> : panjang total conveyor = 45,92 ft

Asumsi :

L<sub>2</sub> : jarak horisontal yang ditempuh = 5,3 m = 17,45 ft

L<sub>3</sub> : jarak vertikal yang ditempuh = 11,3 m = 37,13 ft

$$HP = 0,001 \left[ \left( \frac{L_1}{30} + 5 \right) u + \left( \frac{L_2}{16} + 2L_3 \right) T \right]$$

$$\begin{aligned} HP &= 0,001 \left[ \left( \frac{45,92 \text{ ft}}{30} + 5 \right) 10 \frac{\text{ft}}{\text{menit}} \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{1,45 \text{ ft}}{16} + 2 \times 37,13 \text{ ft} \right) 38,6 \text{ ton/jam} \right] \\ &= 2,9 \text{ HP} \\ &\approx 3 \text{ HP} \end{aligned}$$

## 2. Mixer Cutting Machine (MCM-1021)

Fungsi : Memperkecil ukuran lidah buaya sekaligus tempat perebusan lidah buaya untuk mendapatkan ekstrak lidah buaya

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup dan alas ellipsoidal dilengkapi 6 *knife* berputar

Bahan : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

### Data

Laju Alir Umpan	: 136.433 kg/jam
	: 300.780,19 lb/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30°C
Densitas Campuran	: 5.659,03 kg/m <sup>3</sup>



	: 353,3 lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas Campuran	: 0,009 cP
	: 0,000006 lb/ft.s
Faktor Keamanan	: 10%

### Kapasitas Tangki, Vt

$$V_c = \frac{\text{massa}}{\rho}$$

$$= \frac{136.433 \text{ kg/jam}}{5.659,03 \text{ kg/m}^3} = 24,12 \text{ m}^3/\text{jam} = 851,38 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Maka,

$$V_t = \frac{V_c}{0,9} = \frac{24,12 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 26,79 \text{ m}^3/\text{jam} = 945,98 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Tangki, Dt

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 1,1775 D_t^3$$

- Volume Elipsoidel, Ve

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \quad H_e = 0,25 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 0,13 D_t^3$$

Maka diameter screw adalah,

$$V_t = V_s + 2V_e$$

$$V_t = 1,44 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{26,79 \text{ m}^3}{1,44} = 18,61 \text{ m}^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{18,61 \text{ m}^3} = 2,65 \text{ m}$$

### **Tinggi Tangki, Ht**

$$H_s = 1,5 D_t$$

$$H_e = 0,25 D_t$$

$$H_t = H_s + 2 \times H_e$$

$$H_t = 5,6 \text{ m}$$

### **Tinggi Cairan, Hc**

$$H_c = \frac{V_c \times (H_s + 2H_e)}{V_t}$$

$$H_c = \frac{24,12 \times 5,6}{26,79} = 5,1 \text{ m}$$

### **Tekanan Cairan Dalam Tangki, Pc**

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 5.659,13 \times 9,8 \times 5,1$$

$$P_c = 281.397 \text{ kg/m.s}^2 = 2,7 \text{ atm}$$

### **Tekanan Desain, Pd**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 2,7 \text{ atm}$$

$$P_d = 3,7 \text{ atm} = 54,8 \text{ psi}$$

### **Tebal dinding silinder**

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values			
	Metal	Temp., °F	S, psi	
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700	
		750	12,000	
		850	8,300	
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700	
		950	11,000	
		1050	5,000	
		1200	1,000	
		High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000
High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700	
		650	11,200	
		800	10,500	
		1000	9,700	
		800	11,000	
		1000	10,600	
		Nonferrous metals		
		Copper (SB-11)	100	6,700
		400	3,000	
		Aluminum (SB-209, 1100-0)	100	2,300
400	1,000			

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos\alpha}$	$\frac{2SEt\cos\alpha}{D + 1.2t\cos\alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos\alpha)}{2t\cos\alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.10.

Tekanan desain, Pd = 54,8 psi

Jari jari, R = 52,17 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Peter Tabel 4)

Efisiensi pengelasan, E = 85%

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

### Tebal Dinding Silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE-0,6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{54,8 \text{ psi} \times 52,17 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 54,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,31 \text{ in} = 0,008 \text{ m}$$

### Tebal Dinding Elipsoidal

$$T_d = \frac{PDt}{2SE-0,2P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{54,8 \text{ psi} \times 104,34 \text{ in}}{2(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,2 \times 54,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,31 \text{ in} = 0,008 \text{ m}$$

### Desain Pemanas

**Karena massa steam lebih kecil daripada massa umpan, maka digunakan coil.**

- Jumlah *steam* yang dibutuhkan : 6.791 kg/jam
- Beban panas yang disuplai dari *steam* : 4.456.599 kkal = 16.480.502 Btu
- Temperatur awal,  $T_o$  : 30°C = 86°F
- Temperatur *steam*,  $T_s$  : 152°C = 306 °F
- Densitas *steam*,  $\rho$  : 2,67 kg/m<sup>3</sup>
- Koefisien perpindahan panas,  $U_D$  : 500 Btu/hr.ft<sup>2</sup>. °F  
(engineeringpage.com)

- **Luas permukaan perpindahan panas, A**

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_s - T_o \\ &= (306 - 89) \text{ °F} \\ &= 220 \text{ °F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta T} \\ &= \frac{4.456.599 \text{ Btu}}{500 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.ft}^2 \cdot \text{°F}} \times 220 \text{ °F}} = 150 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

- **Volume *steam*,  $V_s$**

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{m \text{ steam}}{\rho \text{ steam}} \\
 &= \frac{6.791 \text{ kg}}{2,67 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 2.543 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- **Diameter Coil, Dc**

$$\begin{aligned}
 D_c &= 0,7 \times D_t \\
 &= 1,86 \text{ m} = 6,1 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- **Diameter dalam coil, ID**

$$\begin{aligned}
 ID &= 0,0035 D_r \\
 &= 0,009 \text{ m} = 0,03 \text{ ft} = 0,37 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 10 D.Q Kern, didapat spesifikasi coil:

OD	= 0,5 in
BWG	= 16
External surface	= 0,1963 ft <sup>2</sup> /ft
Flow area	= 0,1076 in <sup>2</sup>
Tebal dinding	= 0,065 in

- **Keliling lilitan, k**

$$\begin{aligned}
 k &= 3,14 \times D_c \times \text{external surface} \\
 &= 3,14 \times 6,08 \times 0,1963 \\
 &= 3,8 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

- **Jumlah lilitan, N**

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{A}{\text{keliling lilitan}} \\
 &= 40 \text{ lilitan}
 \end{aligned}$$

- **Panjang coil, L**

$$\begin{aligned}
 L &= N \times \text{external surface} \\
 &= 8 \text{ ft} \\
 &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3. Pompa (P-1031)

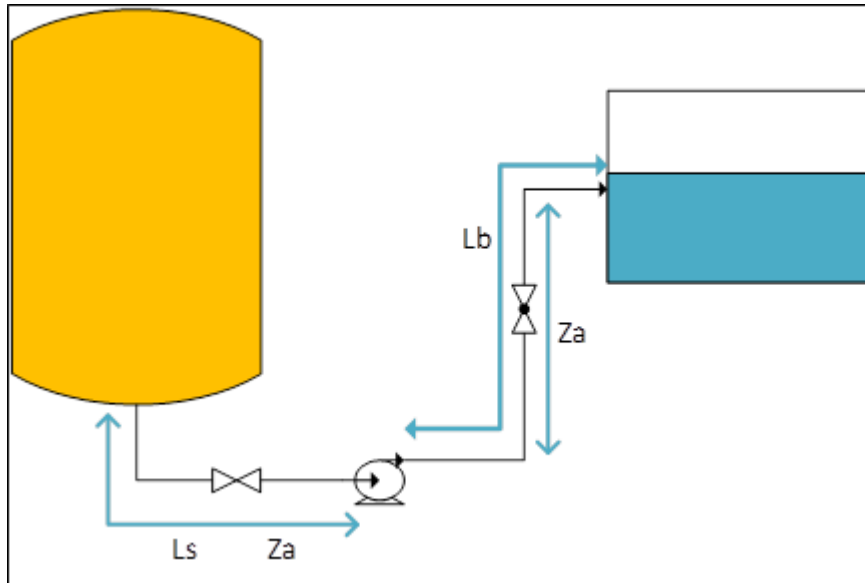
Fungsi : Mengalirkan larutan MCM ke RVF

Tipe : *Centrifugal Pump*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.1** Pompa Sentrifugal

Daya pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau

$$\eta W_p = \left( \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left( \frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = \%$$

(Peters, Fig. 14.37)

Data :

- Laju alir massa,  $m$  :  $249.751 \frac{kg}{jam}$   
:  $550.600 \frac{lb}{jam}$
- Densitas,  $\rho$  :  $1.534,44 \text{ kg/m}^3$   
:  $95,798 \text{ lb/ft}^3$
- Viskositas,  $\mu$  :  $0,000006 \text{ lb/ft.hr}$
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk,  $Z_a$  :  $0 \text{ m} = 0 \text{ ft}$
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar,  $Z_b$  :  $5 \text{ m} = 16,4 \text{ ft}$
- Panjang pipa hisap,  $L_s$  :  $1 \text{ m} = 4,3 \text{ ft}$
- Panjang pipa buang,  $L_d$  :  $7,4 \text{ m} = 24,32 \text{ ft}$
- Faktor keamanan 10%

**Laju alir volumetrik,  $Q_v$**

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{m}{0,9} \\ &= \frac{550.600 \text{ lb/jam}}{0,9} \\ &= 611.777,76 \text{ lb/jam} \\ &= 169,9 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{Q_p}{\rho} \\ &= \frac{169,9 \text{ lb/s}}{95,798 \text{ lb/ft}^3} = 1,77 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

**Diameter optimum,  $D_{opt}$**

Asumsi aliran turbulen

$$\begin{aligned} D_{opt} &= 3,9 * Q_v^{0,45} * \rho^{0,13} && \text{(Peter, Pers 14.15)} \\ &= 3,9 * (1,77)^{0,45} * (95,79)^{0,13} \\ &= 7,2 \text{ in} = 8 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan App 5 Mc. Cabe, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut :

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	8 in sch 40	
OD	8,625 in = 0,72 ft	8,625 in = 0,72 ft
ID	7,981 in = 0,67 ft	7,981 in = 0,67 ft
a''	0,3474 ft <sup>2</sup>	

### Kecepatan aliran, V

V<sub>a</sub> = V<sub>b</sub>, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a''}$$

$$= \frac{1,77 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 5,1 \text{ ft/dt}$$

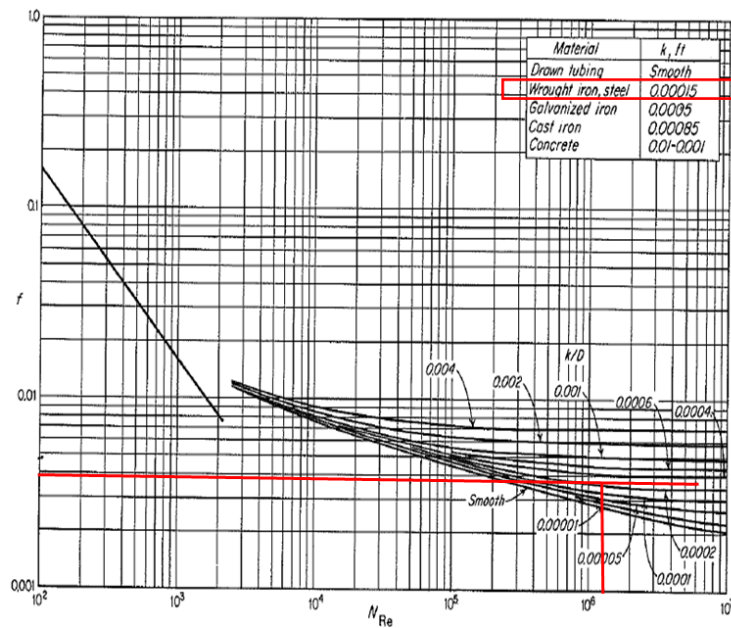
$$\frac{V^2}{2g_c} = \frac{(5,1)^2}{2 \times 32,17} = 0,41 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

### Bilangan Reynolds, N<sub>Re</sub>

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

$$= \frac{63,04 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 5,1 \frac{\text{ft}}{\text{dt}} \times 0,72 \text{ ft}}{0,000006 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}} = 57031720$$





(Mc. Cabe Hal 120)

## Rugi Gesek

### - Pipa hisap (*suction*)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsa} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

$$= \frac{0,6651 \text{ ft}}{4} = 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *Commercial Steel Pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,6651 \text{ ft}} = 0,0002$$

$$f = 0,005 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned}h_{fsa} &= 0,005 \times \frac{4,33+30+8 \text{ ft}}{0,1663 \text{ ft}} \times 0,4053 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 0,4955 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}\end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting*

$$h_{ffa} = K_f \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f (\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f (\text{gate valve}) = 0,2$$

$$\text{Total } K_f = 0,9 + 0,2 = 1,1$$

Maka,

$$\begin{aligned}h_{ffa} &= 1,1 \times 0,4053 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 0,92 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}\end{aligned}$$

#### - **Pipa buang (*discharge*)**

Pada pipa buang, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

$$= \frac{0,6651 \text{ ft}}{4} = 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,6651 \text{ ft}} = 0,0002$$

$$f = 0,005 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned} h_{fsb} &= 0,005 \times \frac{24,32+30+340 \text{ ft}}{0,1663 \text{ ft}} \times 0,4053 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 4,9647 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting* dan *valve*

$$h_{ffb} = K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f (\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f (\text{globe valve}) = 10 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$\text{Total } K_f = 2 \times 0,9 + 1 \times 10 = 11,8$$

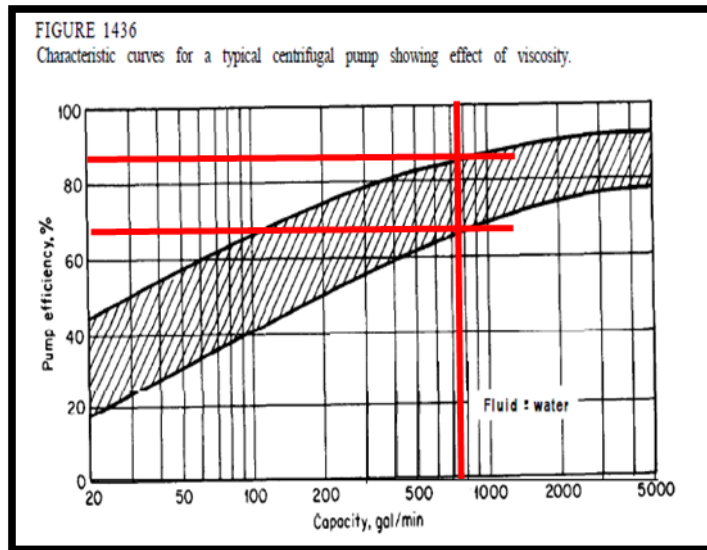
Maka,

$$\begin{aligned} h_{ffb} &= 11,8 \times 0,4053 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} \\ &= 4,78 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$\begin{aligned} &= h_{f_{sa}} + h_{f_{sb}} + h_{f_{fa}} + h_{f_{fb}} \\ &= (0,49 + 0,45 + 4,96 + 4,78) \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \\ &= 15,77 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- **Daya Pompa**



$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0,72 W_p = (16,4 - 0)ft + 5,01 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}$$

$$W_p = 30,98 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p \times m}{550}$$

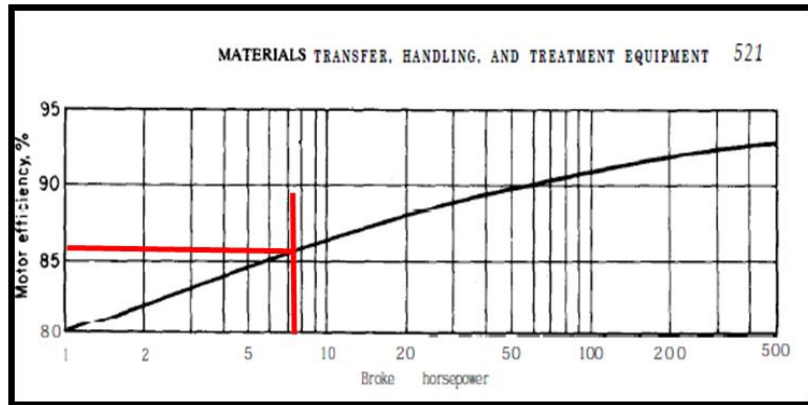
$$= \frac{30,98 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb} \times 169,94 \text{ lb}/dt}{550}$$

$$= 9,6 \text{ HP}$$

**Daya motor (MHP)**

$$\text{MPH} = \frac{\text{BHP}}{\eta}$$

$$\eta = 86\%$$



(Peters, Fig 14.38)

$$\text{MPH} = \frac{9,6 \text{ HP}}{0,86}$$

$$= 11,1 \text{ HP}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh daya pada masing-masing pompa untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.1 di bawah ini :

**Tabel C.1** Daya Pompa pada Peralatan Proses

Dari	Ke	Kode Pompa	Daya (HP)
RVF-1041	C-1071	P-1032	3
C-1071	R-2101	P-1033	3,2
VS-2111	R-2102	P-2034	14,3
ST-2064	FP-3131	P-3035	3
FP-3131	ST-2065	P-3036	9

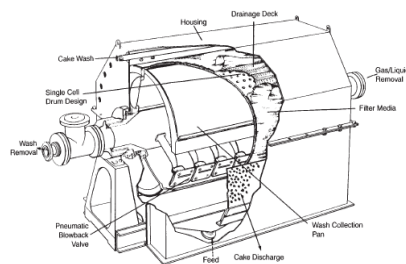
#### 4. Rotary Vacuum Filter (RVF-1041)

Fungsi : Memisahkan ampas dari ekstrak lidah buaya

Bahan : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



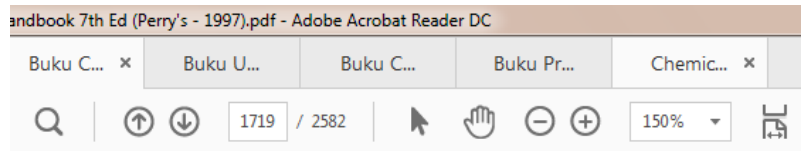
Data Slurry:

- Laju alir massa,  $\dot{m}$  = 136.433 kg/jam = 300.780,19 lb/jam
- Densitas udara,  $\rho_u$  = 1,1455 kg/m<sup>3</sup> = 0,0715 lb/ft<sup>3</sup>
- Tekanan udara = 500 torr
- Tebal *cake* = 6 mm = 0,006 m (Perrys, 18-97)
- Kecepatan putar, N = 2 rpm = 120 rps (Mc. Cabe , Hal 1007)

Berdasarkan bahan yang akan disaring pada alat rotary vaccum filter, dapat dilihat laju alir filtrat pada tabel 11.13 walas hal.333.

Dimana :

$$\text{Laju alir filtrat} = 550 \text{ kg.m}^2/\text{jam.}$$



**FIG. 18-121** Component arrangement of a continuous-filter valve. (EIMCO Process Equipment Co.)

air blowback, into the discharge chute, since actual contact with the medium would cause rapid wear. In some cases the filter medium is held by circumferentially wound wires spaced 50 mm (2 in) apart, and a flexible scraper blade may rest lightly against the wire winding. A taut wire in place of the scraper blade may be used in some applications in which physical dislodging of sticky, cohesive cakes is needed.

For a given slurry, the maximum filtration rate is determined by the minimum cake thickness which can be removed—the thinner the cake, the less the flow resistance and the higher the rate. The minimum thickness is about 6 mm (0.25 in) for relatively rigid or cohesive cakes of materials such as mineral concentrates or coarse precipitates like gypsum or calcium citrate. Solids that form friable cakes composed of less cohesive materials such as salts or coal will usually require a cake thickness of 13 mm (0.5 in) or more. Filter cakes composed of fine precipitates such as pigments and magnesium hydroxide, which often produce cakes that crack or adhere to the medium, usually need a thickness of at least 10 mm (0.38 in).

TABLE 11.13. Typical Applications of Industrial Filters

Material	Characteristics	Filtrate Rate kg/(m <sup>2</sup> )(hr)	Equipment Type*					Vacuum (Torr)	Pressure (atm)
			A	B	C	D	E		
Flotation concentrates	minerals, <0.3 m	300-1000	—	—	x	—	x	450-600	—
Sedimentation concentrates	> 0.3 mm	6000-42,000	—	—	x	—	x	50-150	—
Crystals and granules	0.05-0.3 mm	600-2000	—	—	x	—	x	100-300	—
Beverages, juices	worthless solids, use filter aids	150-5000	x	x	—	—	—	—	2.5-3.5
Pigments	smearly, sticky, 0.06 mm	120-300	—	—	x	x	—	500-680	—
Limestone, oxide minerals	fine, high density	batch mode 200-1000	x	x	—	—	—	450-600	2.5-4
Cane sugar mud	fibrous, viscous	batch mode	x	x	x	—	—	—	2.5-4
Mineral oils	high viscosity, 1-20% bleaching clays	100-1000	—	x	—	—	—	—	4
Liquid fuels	low viscosity, bleaching clays	800-2500	—	x	—	—	—	—	<4
Varnishes, lacquers	cloudy, viscous, solid adsorbents	15-18	x	—	—	—	—	—	1
Fats, oils, waxes	worthless solids, 50-70°C	500-800	x	x	—	—	—	—	—
Sewage sludge	colloidal, slimy	15-150	—	—	x	—	—	550-600	—
Pulp and paper	fibrous, free filtering	150-500	—	—	x	—	—	150-500	—
Cement	fine limestone, shale, clay, etc	300-1000	—	—	x	—	—	450-630	—

\* Equipment type: (A) filter press; (B) leaf pressure filters, such as Kelly, Sweetland, etc.; (C) continuous vacuum filter; (D) batch rotary filter; (E) continuous rotary filter.

**Rotary-drum filter.** The most common type of continuous vacuum filter is the rotary-drum filter illustrated in Fig. 30.8. A horizontal drum with a slotted face turns at 0.1 to 2 r/min in an agitated slurry trough. A filter medium, such as canvas, covers the face of the drum, which is partly submerged in the liquid. Under the slotted cylindrical face of the main drum is a second, smaller drum with a solid surface. Between the two drums are radial partitions dividing the annular space into separate compartments, each connected by an internal pipe to one hole in the rotating plate of the rotary valve. Vacuum and air are alternately applied to

### 1. Luas penampang filter, A

Dengan laju alir filtrat 550 kg/m<sup>2</sup> jam maka, luas permukaan filter yang dibutuhkan, A adalah:

$$A = \frac{\text{Laju alir massa}}{\text{Laju alir filtrat}}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{136.433 \text{ kg/jam}}{550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ jam}}} \\ &= 248,06 \text{ m}^2 \\ &= 75,63 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 11.12b, Walas, dengan luas permukaan 75,63 ft<sup>2</sup> didapatkan diameter dan panjang alat :

$$\text{Diameter drum, D} = 6 \text{ ft} = 1,83 \text{ m}$$

$$\text{Panjang drum, P} = 4 \text{ ft} = 1,22 \text{ m}$$

**TABLE 11.12. Sizes of Commercial Continuous Vacuum Filters**

**(a) Horizontal Belt Filters\***

Series	Ft <sup>2</sup> Range	No. Vac. Pans
2600	10–45	1
4600	45–200	1
6900	150–700	1
9600	130–500	2
13,600	600–1200	2

(Eimco).

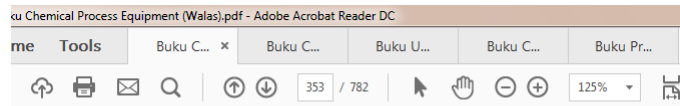
**(b) Rotary Drum, Disk, and Horizontal Filters**

Rotary Drum Component Filters <sup>b</sup>												
Filter Surface Area (sqft)												
Drum <sup>a</sup> Diam (ft)	Length (ft)											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
6	76	113	151	189	226							
8			200	250	300	350	400					
10				310	372	434	496	558	620			
12					456	532	608	684	760	836	912	

**2. Volume drum, Vd**

$$\begin{aligned}
 V_d &= \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times P \\
 &= \frac{3,14}{4} \times 1,83 \text{ m} \times 1,22 \text{ m} \\
 &= 3,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Pada *rotary vacuum filter* terjadi pengeringan sebagian cake oleh udara dengan laju alir udara masuk tiap satuan luas permukaan 50 – 80 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> jam, diambil 65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> jam (Walas, Table 11-14b)



**TABLE 11.14. Design and Operating Factors for Continuous Vacuum Filters**

**(b) Typical Air Flow Rates**

Type of Filter	Air Flow at 500 Torr Vacuum [m <sup>3</sup> /(h)(m <sup>2</sup> )]
Rotary drum	50–80
Precoat drum	100–150
Nutsche	30–60
Horizontal belt or pan	100–150



### 3. Lajur alir udara volumetrik, G

$$\begin{aligned}G &= V_d \times \text{Laju alir udara} \\ &= 3,2 \text{ m}^2 \times 65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ jam} \\ &= 208,22 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 7.353,32 \text{ ft}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

### 4. Lajur alir udara massa, Wb

$$\begin{aligned}W_b &= \rho \times G \\ &= 0,07151 \text{ Ib/ft}^3 \times 7.353,32 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 525,86 \text{ Ib/jam}\end{aligned}$$

### 5. Penurunan tekanan selama filtrasi

$$\Delta P_t = 0,67 t_f (100L)^2 \quad (\text{Walas, Pers. 11.28, hal, 318})$$

the SCFT data for 0.01 m,

$$\frac{\Delta P_t}{0,67 t_f} = (100L)^2, \quad (11.28)$$

with  $\Delta P$  in bar. From this relation the filtering time can be found at a specified pressure and cake thickness and when  $t_f$  is known.

Dimana :

- $\Delta P_t$  = Penurunan tekanan (bar)
- L = Ketebalan cake (m)
- $t_f$  = Waktu pembentukan cake standar
- N = Kecepatan putar

$$t_f = \frac{1}{N} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ rpm} = 0,0083 \text{ rps}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\Delta P_t &= 0,67 t_f (100L)^2 \\ &= 0,67 \times 0,5 (100 \times 0,006)^2 \\ &= 0,1206 \text{ bar} \\ &= 0,119 \text{ atm}\end{aligned}$$

## 6. Daya Motor, Hp

$$hp = \frac{3.03 \times 10^{-5} k}{k-1} P_1 q_{fm} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] \quad (24)$$

(Peters pers. 24 hal 524)

Dimana :

Hp = Daya motor

P1 = tekanan masuk = 500 torr = 14,44 psi (Walas, Tabel 11.18)

P2 = tekanan keluar = 14,7 psi

Walas. 333

TABLE 11.18. Typical Performance Data of Rotary Vacuum Filters

Material	Approximate particle size	Feed solids conc. wt %	Filtration rate (9) kg/(m <sup>2</sup> )(hr)	Vacuum Pump (9)	
				m <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> )(min)	mmHg
<b>Disc filter</b>					
Fotation coal	33-43%-200 mesh	22-26	300-600	1.5	500
Copper concentrates	90%-200 mesh	60-70	250-450	0.5	500
Magnetic concentrates	80-95%-325 mesh	55-65	1000-2000	2.5-3.0	600-650
Coal refuse	35-50%-250 mesh	35-40	100-125	0.6	500
Magnesium hydroxide	15 microns av. size	10-15	40-60	0.6	500
<b>Drum filter</b>					
(1) Sugar cane mud	Limed for flocculation	7-18 by vol	25-75	0.2	500
CaCO <sub>3</sub> mud recausticising	—	35-40	500-600	1.8-2	250-380
(2) Corn starch	15-18 microns, av. size	32-42	110-150	0.9-1	560
Sewage sludge					
Primary	Flocculated	5-8	15-30	0.5	500
Primary digested	Flocculated	4-7	10-20	0.5	509
(3) Leached uranium ore	50-60%-200 mesh	50-60	150-220	0.5	500
	Flocculated				
	Long fibre	1-1½	220-300	Barometric leg	
(4) Kaolin clay	98-75%-2 micron	25-35	30-75	0.5	600
(5) Sugar cane mud	Seperan flocculated	7-18 by vol.	90-250	0.2	500
Sewage sludge					
Primary	Flocculated	5-8	30-50	0.5	500
Primary digested	Flocculated	4-7	15-35	0.5	500
Corn gluten	Self flocculating	16-20 oz/U.S. gal	15-30	0.6	500
Corn starch	15-18 microns, av. size	32-42	180-250	0.9-1	500
(3) Gold cyanide leached off	65%-200 mesh	50-60	300-600	0.5	500
(3) Spent vegetable carbon	98%-325 mesh	100-130 gm/litres	30-50	1.5	500
	Dextrose processing				
	Steel mill dust	20-40%-2 microns	40-60	170-300	0.6-1.2
(3) Sodium hypochlorite	Fine	12	150	0.9	500
Top feed drum					
Iron ore concentrates	2-4%-200 mesh	35	6300-7300	15	150
	8 mesh top size				
(6) Sodium Chloride	5-10%-100 mesh	25-35	1000-1500	30	150
Bone char	1%-70 mesh	8-20	1200-1700	40	90
(6) Ammonium sulphate	5-15%-35 mesh	35-40% by vol.	1000-1700	45-60	75
<b>Tilting pan filter</b>					
(7) Gypsum from digested phosphate rock	40-50 micron av.	35-40	600-900	1.2-1.5	500
(8) Leached cobalt residue	—200 mesh	45-50	250	3	380
(8) Alumina-silica gel catalyst	—	12	270	0.9	500
(7) Pentaerythritol	—	30-40	75-100	3.6	500

Notes: (1) Filtrate very dirty—must be recirculated back to clarifier—cake washed.  
 (2) String discharge filter.  
 (3) Cake washed.  
 (4) Roller discharge drum filter.  
 (5) Filtrate very clean—goes directly to evaporation—cake washed.

(6) Top feed filter driser.  
 (7) Two or three stages of counter-current washing.  
 (8) Three stages of counter-current washing.  
 (9) Based on total filter area.

Ratio specific heat of gas, k = 1,4

$$q_{fm} = \frac{\text{laju alir massa}}{\rho \text{ udara}} = \frac{300.780,19 \text{ lb/min}}{0,0715 \text{ lb/ft}^3} = 4.205.918 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 70.098 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$hp = \frac{3,03 \times 10^{-5} k}{k-1} P_1 \cdot q_{fm} \left[ \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

$$hp = \frac{3,03 \times 10^{-5} (1,4)}{1,4-1} 9,6684 \times 70.098 \left[ \left( \frac{9,6684}{14,7} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right]$$

$$hp = 8,1 \text{ Hp}$$

## 5. Belt Conveyor (BC-1051)

Fungsi	: Untuk membawa ampas lidah buaya menuju storage
Tipe	: <i>Belt Conveyor</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Rubber</i>
Jumlah	: 1 unit
Gambar	:



**Gambar 10.2** Belt Conveyor

### Data

Laju Alir Massa	: 23115,44285 kg/jam
	: 23,11544285 ton/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30°C
Densitas	: 13582 kg/m <sup>3</sup>
	: 847,9243 lb/ft <sup>3</sup>
Faktor Keamanan	: 10%

### Kapasitas Conveyor, W

$$\begin{aligned}W &= \frac{\text{massa}}{0,9} \\ &= \frac{23115,4428 \text{ kg/jam}}{0,9} \\ &= 25.683,83 \text{ kg/jam} \\ &= 25,68 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

Menurut Perry's edisi 7, tabel 21.7, dimensi belt conveyor adalah sebagai berikut :

### Data Conveyor :

Lebar Conveyor	= 14 in = 0,36 m
Luas area	= 0,1 m <sup>2</sup> = 3,5314 ft <sup>2</sup>

Total Panjang = 5 m = 16,4000 ft  
 Kecepatan = 100 ft/mnt  
 Daya = 2 hp

TABLE 21-7 Belt-Conveyor Data for Troughed Antifriction Idlers\*

Belt width in (cm)	Cross-sectional area of load ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Belt speed, ft/min (m/min)		Belt plies		Maximum lump size, in (mm)		Belt speed, ft/min (m/min)	Capacity and hp for 100-lb/ft <sup>3</sup> material			Add for tripper hp†
		Normal	Maximum	Minimum	Maximum	Sized material, 80% under	Unsized material, not over 20%		Capacity tons/h (metric tons/h)	hp/10-ft (3.05-m) lift	hp/100-ft (30.48-m) centers	
14 (35)	0.11 (.010)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.0 (51)	3.0 (76)	100 (30.5)	32 (29)	0.34	0.34	2.0
								200 (61.0)	64 (58)	0.68	0.68	
								300 (91.5)	96 (87)	1.04	1.32	
16 (40)	0.14 (.013)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.5 (64)	4.0 (102)	100 (30.5)	44 (40)	0.46	0.36	2.5
								200 (61.0)	88 (80)	0.90	1.12	
								300 (91.5)	132 (120)	1.36	1.68	
18 (45)	0.18 (.017)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.0 (76)	5.0 (127)	100 (30.5)	54 (49)	0.58	0.70	3.0
								250 (76.2)	134 (122)	1.42	1.76	
								350 (106.7)	190 (172)	2.00	2.42	
20 (50)	0.22 (.020)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.5 (89)	6.0 (152)	100 (30.5)	66 (60)	0.70	0.84	3.20
								250 (76.2)	164 (148)	1.72	2.06	
								350 (106.7)	230 (209)	2.44	2.90	
24 (60)	0.33 (.030)	300 (91)	400 (122)	4	7	4.5 (114)	8.0 (203)	100 (30.5)	98 (89)	1.02	1.02	3.5
								300 (91.5)	204 (267)	3.06	3.04	
								400 (121.9)	302 (356)	4.08	4.04	
30 (75)	0.53 (.049)	300 (91)	450 (137)	4	8	7.0 (178)	12.0 (305)	100 (30.5)	158 (143)	1.60	1.50	5.0
								300 (91.5)	474 (430)	4.80	4.50	
								450 (137.2)	710 (645)	7.20	6.74	
36 (90)	0.78 (.072)	400 (122)	600 (183)	4	9	8.0 (203)	15.0 (381)	100 (30.5)	230 (209)	2.44	1.59	7.0
								400 (121.9)	920 (835)	9.74	6.36	
								600 (182.9)	1380 (1253)	14.60	9.52	
42 (105)	1.09 (.101)	400 (122)	600 (183)	4	10	10.0 (254)	18.0 (457)	100 (30.5)	330 (300)	3.50	2.28	9.5
								400 (121.9)	1320 (1198)	14.00	9.12	
								600 (182.9)	1980 (1797)	23.20	13.68	
48 (120)	1.46 (.136)	400 (122)	600 (183)	4	12	12.0 (305)	21.0 (533)	100 (30.5)	440 (390)	4.66	3.04	12.8
								400 (121.9)	1760 (1598)	18.70	12.14	
								600 (182.9)	2640 (2397)	28.00	18.20	
54 (135)	1.90 (.177)	450 (137)	600 (183)	6	14	14.0 (356)	24.0 (610)	100 (30.5)	570 (517)	6.04	3.94	20.0
								450 (137.2)	2564 (2328)	27.20	17.70	
								600 (182.9)	3420 (3105)	36.20	23.60	
60 (150)	2.40 (.223)	450 (137)	600 (183)	6	16	16.0 (406)	28.0 (711)	100 (30.5)	720 (654)	7.64	4.98	23
								450 (137.2)	3240 (2941)	34.40	22.40	
								600 (182.9)	4320 (3921)	45.80	29.90	

\*Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. Metric conversion is rounded off. For inclined conveyors, add lift horsepower to center horsepower for total horsepower. For terminals multiply horsepower by the following factors: 0-50 ft (15.2 m), 1.20; 51-100 ft (30.5 m), 1.10; 101-150 ft (45.7 m), 1.05. For countershaft drives, multiply horsepower by 1.05 for each reduction (cut gears).  
 †Tripper horsepower is based on material bulk density of 100 lb/ft<sup>3</sup> (1602 kg/m<sup>3</sup>) and a belt speed of 300 ft/min (91.4 m/min).

Sumber : Perry's edisi 7, tabel 21.7

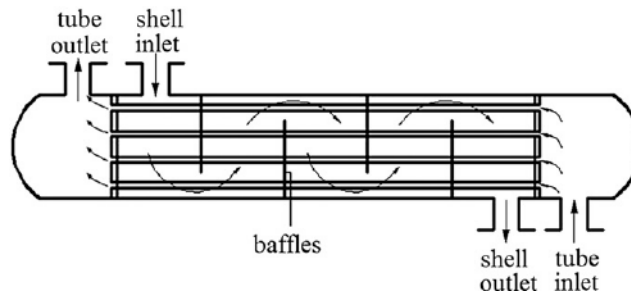
## 6. Cooler (C-1071)

Fungsi : Mendinginkan Ekstrak Lidah Buaya

Tipe : Shell and Tube Exchanger

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Gambar 10.3 Cooler

### 1. Data dan Kondisi Operasi:

#### a. Fluida Panas = Steam

- Laju Alir (Wt) = 113.318 kg/jam = 249,820 lb/jam

- $T_1 = 100\text{ }^\circ\text{C} = 212\text{ }^\circ\text{F}$
- $T_2 = 30\text{ }^\circ\text{C} = 86\text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 3.009.810\text{ kkal/jam} = 11.130.277\text{ Btu/jam}$

**b. Fluida Dingin = Air Pendingin**

- Laju Alir (Wt) =  $75.224\text{ kg/jam} = 165.840\text{ lb/jam}$
- $T_1 = 27\text{ }^\circ\text{C} = 80,6\text{ }^\circ\text{F}$
- $T_2 = 50\text{ }^\circ\text{C} = 122\text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = 244.221\text{ kkal/jam} = 903.128\text{ Btu/jam}$

**2.  $\Delta t$  dan LMTD**

	Fluida Panas	Temperatur ( $^\circ\text{F}$ )		Fluida Dingin	Selisih	Tc	tc
<b>T1</b>	212	T tinggi	<b>t2</b>	122	90	255	141,6
<b>T2</b>	86	T rendah	<b>t1</b>	80,6	5,4		
		Diff		41,4	84,6		

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - T_2) - (t_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(212 - 86)^\circ\text{F} - (122 - 80,6)^\circ\text{F}}{\ln \frac{212 - 122}{86 - 80,6}^\circ\text{F}}$$

$$= 30^\circ\text{F}$$

$$\text{R} = \frac{T_{in} - T_{out}}{t_{out} - t_{in}} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(212 - 86)^\circ\text{F}}{(122 - 80,6)^\circ\text{F}} = 3^\circ\text{F}$$

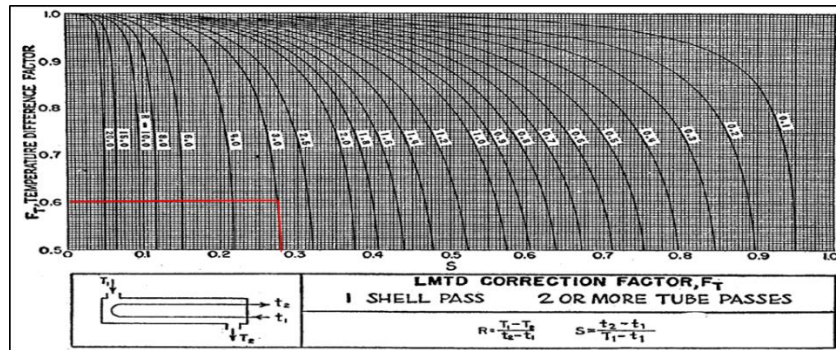
$$\text{S} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= \frac{(122 - 80,6)^\circ\text{F}}{(212 - 80,6)^\circ\text{F}} = 0,3$$

Diasumsikan Cooler merupakan HE dengan 1 *Shell Pass* dan 2 *Tube Pass*  
 Dari nilai R dan S, maka Faktor Koreksi  $F_T = 0,6$ . (D.Q Kern: Fig. 18 hal. 828)

$$\Delta t = LMTD \times F_T \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 7.42 hal. 828})$$

$$= 30^\circ\text{F} \times 0,6 = 18^\circ\text{F}$$



### 3. Luas Area Perpindahan Panas, A

Berdasarkan Tabel 8, D.Q Kern Hal 840, diperoleh :

$$Ud = 100 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

TABLE 8. APPROXIMATE OVERALL DESIGN COEFFICIENTS  
Values include total dirt factors of 0.003 and allowable pressure drops of 5 to 10 psi on the controlling stream

Hot fluid	Cold fluid	Overall $U_D$
Water	Water	250-500§
Methanol	Water	250-500§
Ammonia	Water	250-500§
Aqueous solutions	Water	250-500§
Light organics*	Water	75-150
Medium organics†	Water	50-125
Heavy organics‡	Water	5-75
Gases	Water	2-50¶
Water	Brine	100-200
Light organics	Brine	40-100

$$A = \frac{Q}{UD \times LMTD} \quad (\text{D.Q Kern, pers. 7.6 hal 140})$$

$$A = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{100 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2} \cdot \text{F} \times 30^\circ\text{F}} = 300 \text{ Ft}^2$$

### 4. Menentukan Jumlah Tube

**Jumlah Tube:**

$$Nt = \frac{A}{L \times a''} = \frac{300 \text{ Ft}^2}{16 \text{ Ft} \times 0,985 \text{ Ft}^2} = 19,1 \approx 20 \text{ yang ada dipasaran } 22$$

Koreksi:

$$A = Nt \times L \times a''$$

$$A = 22 \times 16 \times 0,985 = 346,72 \text{ ft}$$

$$Ud = \frac{Q}{A \times LMTD}$$

$$Ud = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{346,7 \text{ ft} \times 30^\circ\text{F}} = 87 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

## 5. Spesifikasi Shell and Tube

Berdasarkan Tabel 10 dan 9 D.Q Kern, diperoleh spesifikasi perancangan

*Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube* dengan :

<i>Shell side</i>		<i>Tube side</i>	
<i>ID (in)</i>	12	<i>Length (ft)</i>	16
<i>Baffle space (in) = 0,2*ID</i>	2	<i>OD (in)</i>	1,25
<i>Passes</i>	1	<i>ID (in)</i>	1,12
<i>Clearance, C'</i>	0,25	<i>BWG</i>	16
		<i>Pitch tube (Pt) (in) - square</i>	1,5
		<i>Passes (n)</i>	3
		<i>Tube</i>	22

<b>Shell Side: Cold Fluid, Air Pendingin</b>	<b>Tube side: Hot Fluid, Ekstrak Lidah Buaya</b>
<b>6. Luas Aliran (Flow Area) Shell, <math>a_s</math></b> $a_s = \frac{ID \times C \times B}{144 \times P_T} = 0,03 ft^2$	<b>1. Luas Aliran (Flow Area) Shell, <math>a_t</math></b> $a't = 0,985 ft^2$ $a_t = \frac{N \times a't}{144 \times n} = 0,05 ft^2$
<b>2. Kecepatan Massa (Mass Velocity), <math>G_s</math></b> $G_s = \frac{W_s}{a_s} = 4.975.196,2 lb/jam ft^2$	<b>7. Kecepatan Massa (Mass Velocity), <math>G_t</math></b> $G_t = \frac{W_t}{a_t} = 4.980.258 lb/jam ft^2$

<p><b>8. Bilangan Reynold (Reynold Number), Res</b></p> <p>Pada <math>t_c = 141,6</math> °F dengan memplot <math>x=10,2</math> dan <math>y=13,0</math> di fig.14 Kern Hal 823, maka didapatkan:</p> <p><math>\mu = 0,43</math> Cp = 1,04 lb/ft.jam</p> $ds = \frac{4 \times (P_T^2 - \frac{\pi \times do^2}{4})}{\pi \times do}$ $= 1,043 \text{ in}$ $Ds = \frac{ds}{12} = 0,087 \text{ ft}$ $Res = \frac{Ds \times Gs}{\mu}$ $= \frac{0,087 \text{ ft} \times 4.975.196.2 \text{ lb/jam ft}^2}{01,04 \text{ lb/ft jam}}$ $= 415.553,4$	<p><b>3. Bilangan Reynold (Reynold Number), Ret</b></p> <p><math>\mu = 0,33</math> Cp = 0,82 lb/ft.jam</p> <p>ID = 1,12 in (Tabel 10 Kern Hal 843)</p> $Ret = \frac{Dt \times Gt}{\mu}$ $= \frac{0,093 \text{ ft} \times 4.980.258 \text{ lb/jam ft}^2}{0,82 \text{ lb/ft jam}}$ $= 566.613$
<p><b>4. Faktor Perpindahan Panas, (J<sub>Hs</sub>)</b></p> <p>J<sub>Hs</sub> = 450 (Kern Fig 28 Hal 838)</p>	<p><b>9. Faktor Perpindahan Panas, (J<sub>Ht</sub>)</b></p> <p>L = 16 ft</p> <p>D = 0,09 ft</p> <p>L/D = 171,43 ft</p> <p>Dengan memplotkan Ret dengan L/D, maka:</p> <p>J<sub>Ht</sub> = 850 (Kern Fig 24 Hal 804)</p>



<p><b>10. Koefisien Perpindahan Panas</b>  Pada <math>t_c = 141,6 \text{ } ^\circ\text{F}</math>  <math>c = 1 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}</math> (Kern Fig 2 Hal 804)  Nilai <math>k</math> diambil dari Tabel 4 Kern Hal 800, dengan cara interpolasi, maka:  <math>k = 0,6 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}</math></p> $\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 1,2$	<p><b>5. Koefisien Perpindahan Panas</b>  Pada <math>T_c = 255 \text{ } ^\circ\text{F}</math>  <math>c = 1,1 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}</math> (Kern Fig 2 Hal 804)  Nilai <math>k</math> diambil dari Tabel 4 Kern Hal 800, dengan cara interpolasi, maka:  <math>k = 0,82 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}</math></p> $\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 1,03$
<p><b>6. Outside Film Coefficient, <math>h_o</math></b></p> $h_o = Jh \cdot \frac{k}{D_s} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3}$ $h_o = 450 \times \frac{0,6}{0,087} \times 1,2$ $= 3.618,5 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	<p><b>11. Inside Film Coefficient, <math>h_i</math></b></p> $h_i = Jh \cdot \frac{k}{D_t} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3}$ $h_i = 850 \times \frac{0,82}{0,09} \times 1,03$ $= 7.736,75 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ $h_{io} = h_i \cdot \frac{ID}{OD}$ $h_{io} = 7.736,75 \cdot \frac{1,12}{1,25}$ $= 6.932,13 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
<p><b>7. Saat <math>t_w = 255,7 \text{ } ^\circ\text{F}</math> maka</b>  <math>\mu_w = 0,14 \times 2,42 = 0,3 \text{ lb/ft.jam}</math></p> $\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ $\phi_s = \left(\frac{1,04}{0,3}\right)^{0,14} = 1,2$ <p><b>8. Koreksi <math>h_o</math></b></p> $h_o = h_o \times \phi_s$ $h_o = 4.234,03 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	<p><b>12. Tube Wall Temperature, <math>t_w</math></b></p> $t_w = t_c + \frac{h_{io}/\phi_t}{h_{io} + h_o}$ $t_w = 255 + \frac{6.932,13}{6.932,13 + 3.618,5}$ $= 255,7 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p><b>13. Saat <math>t_w = 255,7 \text{ } ^\circ\text{F}</math> maka</b>  <math>\mu_w = 0,14 \times 2,42 = 0,34 \text{ lb/ft.jam}</math></p> $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ $\phi_t = \left(\frac{0,82}{0,34}\right)^{0,14} = 1,13$

	<p><b>14. Koreksi hio</b></p> $hio = hio \times \phi t$ $hio = 7.845,8 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
--	--

**15. Clean Overall Coefficient, Uc**

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho}$$

$$= \frac{7.845,8 \times 4.234,03}{7.845,8 + 4.234,03}$$

$$= 2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

**16. Design Overall Coefficient, Ud**

$$a'' = 0,3271 \text{ ft}^2/\text{lin.ft}$$

(D.Q Kern: Tabel 10, hal 843)

$$A = Nt \times L \times a''$$

$$A = 22 \times 16 \times 0,3271 = 115,14 \text{ ft}^2$$

$$Ud = \frac{Q}{A \times \Delta t}$$

$$Ud = \frac{903.128 \text{ Btu/jam}}{115,14 \text{ ft}^2 \times 18 ^\circ\text{F}} = 435 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

**17. Dirt Factor, Rd**

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$$

$$Rd = \frac{2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} - 435 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}{2.749,98 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 435 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} = 0,0019 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

## 18. Kesimpulan

<b>4.234,03</b>	<b><i>h outside</i></b>	<b>7.845,8</b>
UC	2.749,97	
UD	435	
RD calculated	0,0019	
RD required	0,001 (Tabel 12 Hal 845)	

## 19. Pressure Drop

Shell Side	Tube Side
<p>a. Untuk Res = 415,533 Dengan memplotkan Res pada Fig 29 Hal 839, maka: <math>f = 0,001</math> Dengan memplotkan <math>T=255</math> °F pada Fig 6 Hal 809, maka: <math>s = 0,99</math></p> <p>b. No Of Crosses <math display="block">N + 1 = \frac{12 \times L}{B} = \frac{12 \times 16}{4} = 80</math></p> <p>c. <math>\Delta P_s</math> <math display="block">\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_s \cdot \phi_s}</math> <math>\Delta P_s = 7,4 \text{ psi}</math> Memenuhi syarat, <math>\Delta P &lt; 10 \text{ Psi}</math></p>	<p>a. Untuk Ret = 566.613 Dengan memplotkan Ret pada Fig 29 Hal 839, maka: <math>f = 0,0001</math> Dengan memplotkan <math>t=80,6</math> °F pada Fig 6 Hal 809, maka: <math>s = 0,94</math></p> <p>b. <math>\Delta P_t</math> <math display="block">\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_t \cdot \phi_t}</math> <math>\Delta P_t = 2,9 \text{ psi}</math></p> <p>c. <math>\Delta P</math> total Gt=4.980.258 maka didapatkan dari fig 27 hal 837 <math display="block">\frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,4</math> <math display="block">\Delta P_r = \frac{4n}{s} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}</math> <math>\Delta P_r = 5,1 \text{ psi}</math> <math>\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r</math> <math>\Delta P_T = 8,1 \text{ psi}</math> Memenuhi syarat, <math>\Delta P &lt; 10 \text{ Psi}</math></p>

## Peter, Hal 607

### Tube Size and Pitch

The standard length of tubes in a shell-and-tube heat exchanger is 8, 12, or 16 ft, and these standard-length tubes are available in a variety of different diameters and wall thickness. Exchangers with small-diameter tubes are less expensive per square foot of heat-transfer surface than those with large-diameter tubes, because a given surface can be fitted into a smaller shell diameter; however, the small-diameter tubes are more difficult to clean. A tube diameter of  $\frac{5}{8}$  or 1 in. OD is the most common size, but outside diameters ranging from  $\frac{5}{8}$  to  $1\frac{1}{2}$  in. are found in many industrial installations.

Tube-wall thickness is usually specified by the Birmingham wire gauge, and variations from the nominal thickness may be  $\pm 10$  percent for "average-wall" tubes and  $\pm 22$  percent for "minimum-wall" tubes. Pressure, temperature, corrosion, and allowances for expanding the individual tubes into the tube sheets must be taken into consideration when the thickness is determined.

Tube pitch is defined as the shortest center-to-center distance between adjacent tubes, while the shortest distance between two tubes is designated as the clearance. In most shell-and-tube exchangers, the pitch is in the range of 1.25 to 1.50 times the tube diameter. The clearance should not be less than one-fourth of the tube diameter, and  $\frac{3}{16}$  in. is usually considered to be a minimum clearance.

## DQ. Kern Tabel 10, Hal 843

TABLE 10. HEAT EXCHANGER AND CONDENSER TUBE DATA

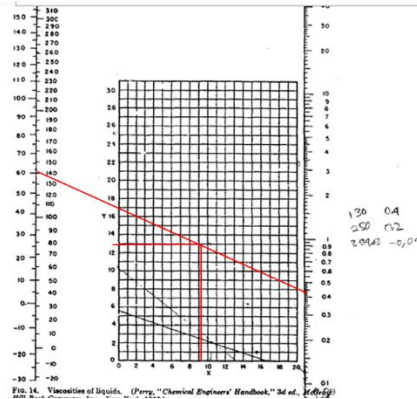
Tube OD, in.	BWG	Wall thick. nom., in.	ID, in.	Flow area per tube, in. <sup>2</sup>	Surface per lin. ft, ft <sup>2</sup>		Weight per lin. ft, lb steel
					Outside	Inside	
1/2	12	0.109	0.282	0.0625	0.1909	0.0748	0.433
	14	0.083	0.234	0.0478	0.151	0.051	0.403
	16	0.065	0.210	0.0379	0.1079	0.0399	0.329
	18	0.049	0.162	0.027	0.077	0.028	0.258
	20	0.035	0.140	0.020	0.055	0.021	0.190
3/4	10	0.134	0.482	0.182	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.128	0.510	0.204	0.1933	0.1333	0.884
	12	0.109	0.532	0.223	0.1933	0.1333	0.817
	13	0.095	0.560	0.247	0.1963	0.1466	0.777
	14	0.083	0.584	0.268	0.1963	0.1529	0.647
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2018	0.1754	1.01
	9	0.148	0.704	0.389	0.2018	0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.431	0.2018	0.1916	1.26
	11	0.120	0.760	0.455	0.2018	0.1960	1.23
	12	0.109	0.782	0.479	0.2018	0.2045	1.14
1 1/4	8	0.165	0.870	0.515	0.2271	0.2121	1.06
	9	0.152	0.904	0.549	0.2271	0.2211	1.09
	10	0.138	0.932	0.576	0.2271	0.2271	1.06
	11	0.125	0.960	0.604	0.2271	0.2327	1.06
	12	0.112	0.988	0.631	0.2271	0.2381	1.06
1 1/2	8	0.165	1.070	0.559	0.2527	0.2381	1.06
	9	0.152	1.104	0.593	0.2527	0.2498	1.06
	10	0.138	1.132	0.627	0.2527	0.2572	1.06
	11	0.125	1.160	0.654	0.2527	0.2641	1.06
	12	0.112	1.188	0.681	0.2527	0.2701	1.06
1 3/4	8	0.165	1.270	0.603	0.2771	0.2527	1.06
	9	0.152	1.304	0.637	0.2771	0.2616	1.06
	10	0.138	1.332	0.671	0.2771	0.2681	1.06
	11	0.125	1.360	0.704	0.2771	0.2741	1.06
	12	0.112	1.388	0.737	0.2771	0.2801	1.06
2	8	0.165	1.470	0.647	0.3027	0.2771	1.06
	9	0.152	1.504	0.681	0.3027	0.2866	1.06
	10	0.138	1.532	0.715	0.3027	0.2927	1.06
	11	0.125	1.560	0.748	0.3027	0.2981	1.06
	12	0.112	1.588	0.781	0.3027	0.3031	1.06

## DQ. Kern Tabel 9, Hal 842

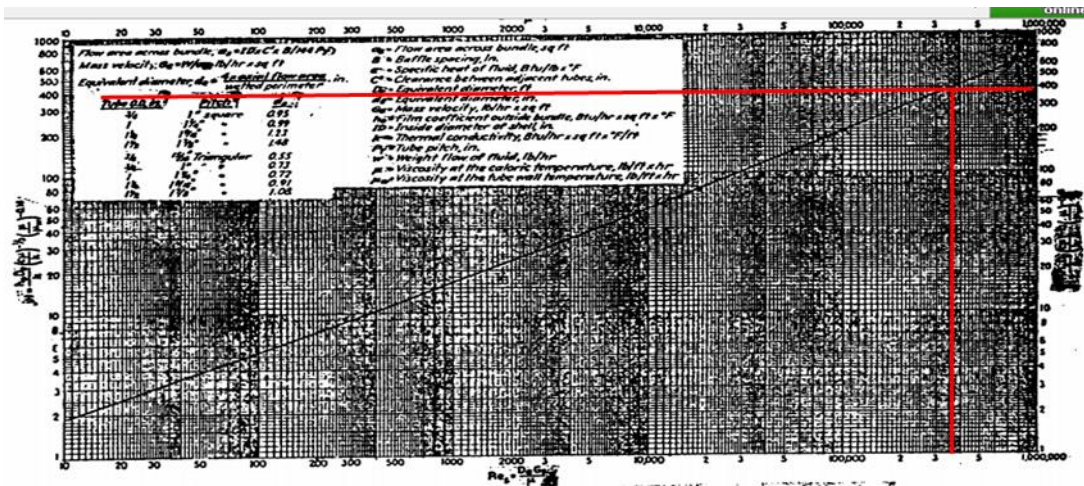
1 1/4 in. OD tubes on 1 1/4-in. square pitch					1 1/2 in. OD tubes on 1 1/2-in. square pitch				
10	16	12	10						
12	30	24	22	16	16	12	16	16	12
13 1/4	32	30	30	22	22	13 1/4	22	22	16
15 1/4	44	40	37	35	31	15 1/4	29	29	25
17 1/4	56	53	51	48	44	17 1/4	39	39	34
19 1/4	78	73	71	64	56	19 1/4	50	48	45
21 1/4	96	90	86	82	78	21 1/4	62	60	57
23 1/4	127	112	106	102	96	23 1/4	78	74	70
25	140	135	127	123	115	25	94	90	86
27	166	160	151	146	140	27	112	108	102
29	193	188	178	174	166	29	131	127	120
31	226	220	209	202	193	31	151	146	141
33	258	252	244	238	226	33	176	170	164
35	293	287	275	268	258	35	202	196	188
37	334	322	311	304	293	37	224	220	217
39	370	362	348	342	336	39	252	246	237

## DQ. Kern Fig 14, Hal 823

Water x = 10,2, y = 13,0



## DQ. Kern Fig 28, Hal 838



DQ. Kern Fig 24, Hal 834

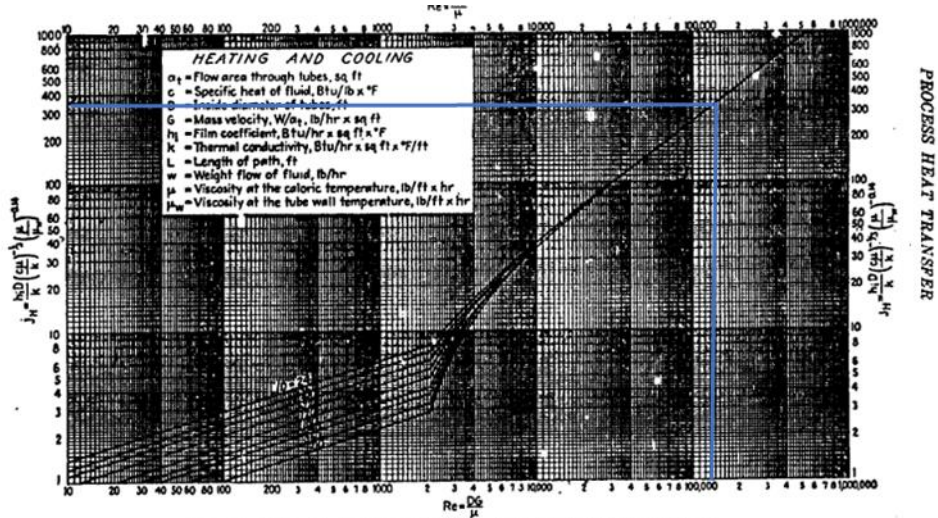


FIG. 24. Tube-side heat-transfer curve. (Adapted from Sieder and Tate.)

DQ. Kern Fig 2, Hal 804

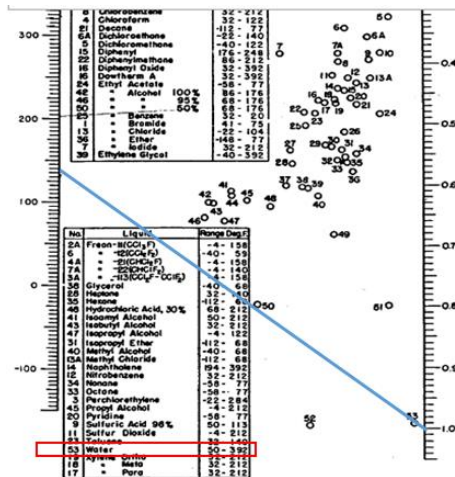


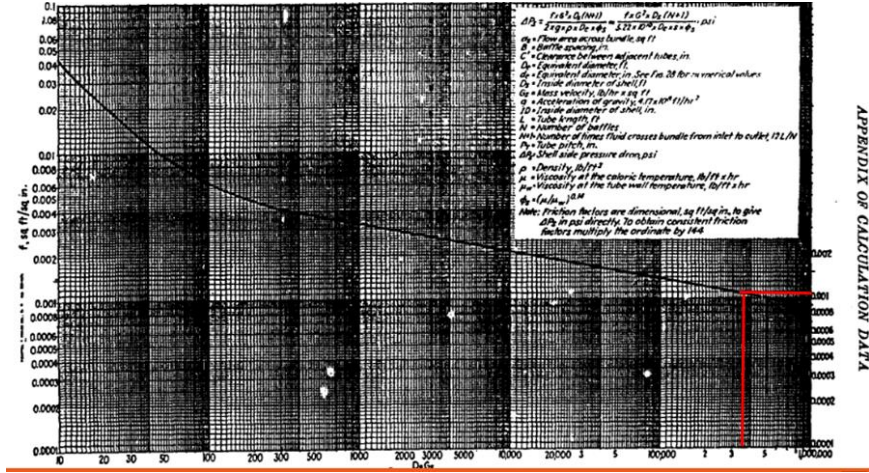
FIG. 2. Specific heats of liquids. (Chilton, Colburn, and Vernon, based mainly on data from International Critical Tables. Perry, "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed. McGraw-Hill.)

DQ. Kern Tabel 4, Hal 800

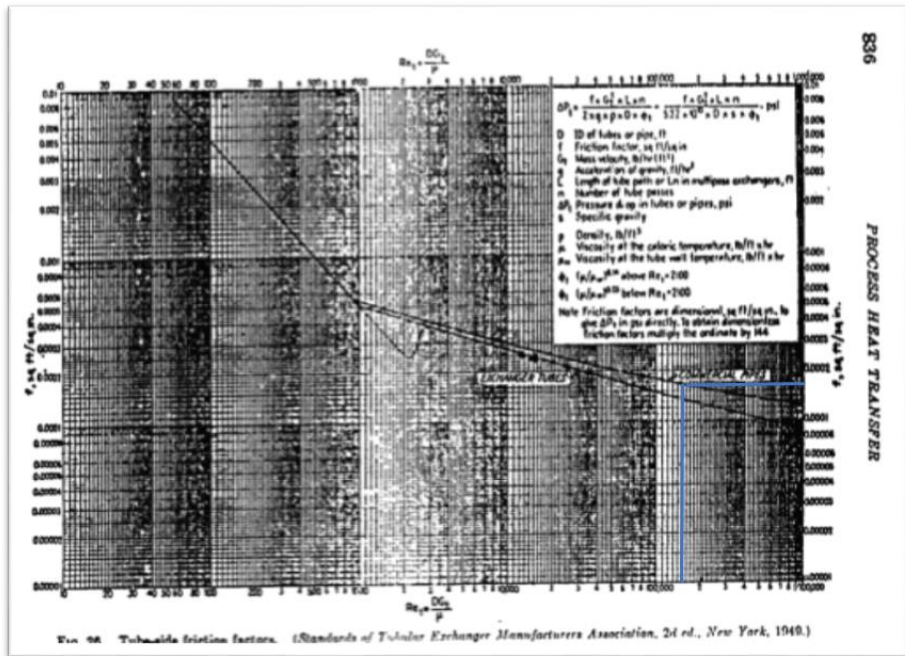
Ethyl acetate	68	0.101	Alcohol (w-)	151	0.091
Alcohol 100%	68	0.103		86	0.091
80%	68	0.137	Sodium	140	0.090
60%	68	0.176			
40%	68	0.224	Sodium chloride brine 25.0°C	410	49
20%	68	0.281		86	0.34
100%	122	0.087	Stearic acid 12.5°C	86	0.21
Benzene	140	0.086	Sulfuric acid 90%	86	0.21
Bromide	68	0.070	50%	86	0.30
Ether	86	0.080	30%	86	0.38
Iodide	167	0.078	Sulfur dioxide	86	0.111
	194	0.064			
Ethylene glycol	187	0.063	Toluene	86	0.086
	32	0.143			
Gasoline	86	0.078	β-trichloroethane	122	0.077
Glycerol 100%	68	0.164	Trichloroethylene	127	0.060
60%	68	0.189	Turpentine	59	0.074
40%	68	0.220	Vaseline	59	0.106
20%	68	0.258			
100%	68	0.278	Water	32	0.330
	212	0.164		86	0.356
Heptane (n-)	86	0.081		140	0.381
	140	0.079		176	0.398
Hexane (n-)	86	0.080	Xylene (ortho-)	86	0.090
	140	0.078	(meta-)	68	0.090

\* From Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

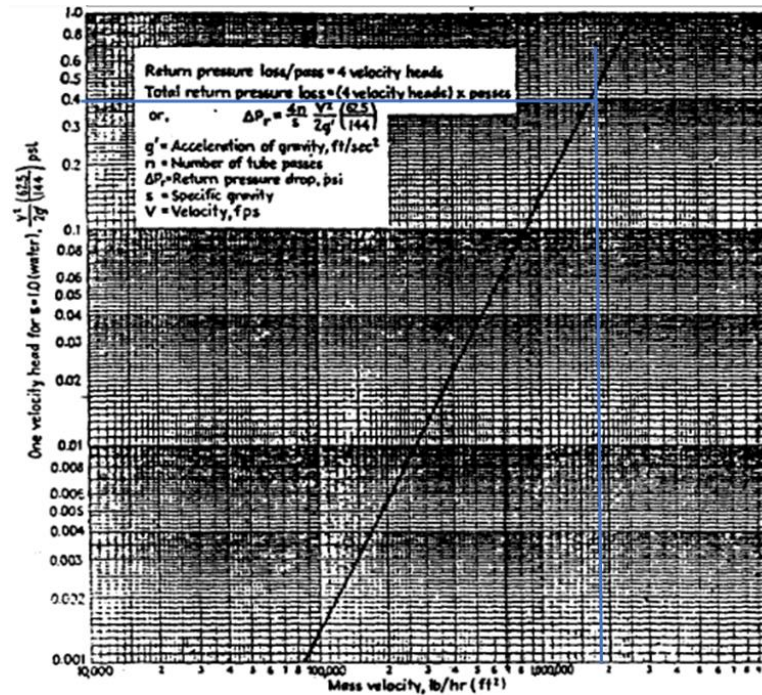
DQ. Kern Fig 28, Hal 838



DQ. Kern Fig 24, Hal 834



DQ. Kern Fig 27, Hal 837



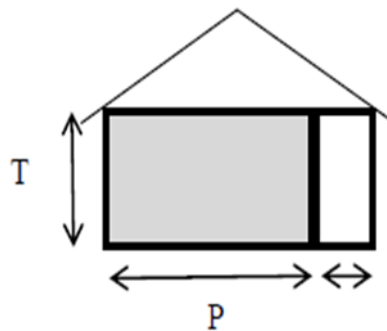
## 7. Gudang Penyimpanan (WH-1011)

Fungsi : Tempat menyimpan bahan baku CaO

Bahan konstruksi : Semen

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Jumlah umpan, m : 8.690 kg/jam = 208.560 kg/hari
- Lama penyimpanan, t : 7 hari
- Densitas,  $\rho$  : 20.840 kg/m<sup>3</sup>
- Tekanan : 1 atm

- Temperatur : 30°C

### Volume gudang, $V_g$

$$\begin{aligned}V_g &= \frac{m \times t}{\rho} \\ &= \frac{208.560 \text{ kg/hari} \times 7 \text{ hari}}{20.840 \text{ kg/m}^3} \\ &= 70,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ruang kosong = 20%

$$\begin{aligned}\text{Volume gudang} &= \frac{70,05 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 87,57 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### Dimensi gudang

$$V_g = P \times L \times T$$

$$P : L : T = 3 : 2 : 1$$

$$\begin{aligned}V_g &= 3T \times 2T \times T \\ &= 6T^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T^3 &= \sqrt[3]{\frac{V_g}{6}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{87,57 \text{ m}^3}{6}} \\ &= 2,44 \text{ m} \approx 2 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka,

$$P = 3T = 7 \text{ m}$$

$$L = 2T = 5 \text{ m}$$

## 8. Screw Conveyor

Fungsi : Mengangkut Padatan CaO

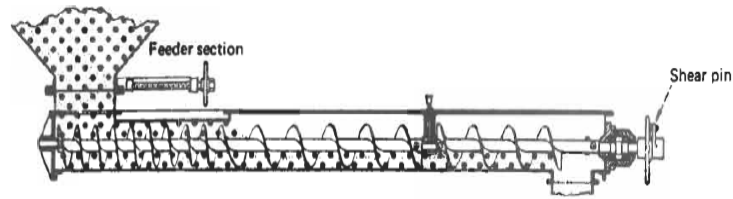
Tipe : *Sectional Spiral Conveyor*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :





**Gambar 10.2** *Screw Conveyor*

Data

Laju Alir Umpan : 8.690 kg/jam

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Densitas Campuran : 20.840 kg/m<sup>3</sup>

Faktor Keamanan :10%

### Kapasitas Screw Conveyor, Vs

$$V_b = \frac{\text{massa}}{\rho}$$

$$= \frac{8.690 \text{ kg/jam}}{20.840} = 0,42 \text{ m}^3/\text{jam} = 14,73 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Maka,

$$V_s = \frac{V_b}{0,9} = \frac{0,42 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 0,46 \text{ m}^3/\text{jam} = 16,36 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Screw Conveyor, Ds

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 1,1775 D_s^3$$

Maka diameter screw adalah,

$$V_t = V_s$$

$$V_t = 1,1775 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{0,46 \text{ m}^3}{1,1775} = 0,39 \text{ m}^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{0,39 \text{ m}^3} = 0,73 \text{ m}$$

### **Tinggi Screw, Hs**

$$H_s = 1,5 D_t$$

$$H_s = 1,5 \times 0,73 \text{ m} = 1,1 \text{ m}$$

### **Tinggi Padatan Dalam Screw, Hb**

$$H_b = \frac{V_b}{V_s} \times H_s$$

$$H_b = \frac{0,42}{0,46} \times 1,1 = 0,99 \text{ m}$$

### **Tekanan Padatan Dalam Tangki, Pb**

$$P_b = \rho \times g \times H_c$$

$$P_b = 20.840 \times 9,8 \times 0,99$$

$$P_b = 202.036,78 \text{ kg/m.s}^2 = 1,96 \text{ atm}$$

### **Tekanan Desain, Pd**

$$P_d = P_{op} + P_b$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 1,96 \text{ atm}$$

$$P_d = 2,96 \text{ atm} = 43,51 \text{ psi}$$

### **Tebal dinding silinder**

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
		1050	5,000
		1200	1,000
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000
		850	16,800
		950	10,000
		1000	6,200
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,200
		800	10,500
		1000	9,700
	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,500
		800	11,000
		10,600	
Nonferrous metals	Copper (SB-11)	100	6,700
		400	3,000
		100	2,300
		400	1,000
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$ , $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$ , $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6$ , $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$ , $P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.10.

Tekanan desain, Pd = 43,51 psi

Jari jari, R = 9,9 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Peter Tabel 4)

Efisiensi pengelasan, E = 85%

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{43,51 \text{ psi} \times 9,9 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 43,51 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,11 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$$

Menurut Perry's edisi 7, Tabel 18.12 halaman 91, dimensi *Screw Conveyor* adalah sebagai berikut:

**TABLE 21-6 Screw-Conveyor Data for 50-lb/ft<sup>3</sup> Material and Pipe-Mounted Sectional Spiral Flights\***

Capacity†	Diam. of flights,	Diam. of pipe,	Diam. of shafts,	Hanger centers,	Max. size of lumps			Speed,	Max. torque capacity,	Feed section diam.,	hp at motor‡					Max. hp capacity at speed	
					All	Lumps 20 to	Lumps 10% or				15-ft. max.	30-ft. max.	45-ft. max.	60-ft. max.	75-ft. max.		
5	200	9	2½	2	10	¾	1½	2¼	40	7,600	6	0.43	0.85	1.27	1.69	2.11	4.3
10	300	10	2½	2	10	¾	1½	2¼	55	7,600	9	0.55	1.09	2.25	3.00	3.75	6.6
15	600	10	2½	2	10	¾	1½	2½	80	7,600	9	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	9.6
		12	2½	2	12	1	2	3	45	7,600 16,400	10	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	5.4 11.7
20	800	12	2½	2	12	1	2	3	60	7,600 16,400	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	7.2 15.6
		12	3½	3	12	1	2	3	75	7,600 16,400	10	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0 11.7
25	1000	12	3½	3	12	1½	2½	3½	45	16,400	12	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	11.7
		14	3½	3	12	1½	2½	3½	55	16,400	12	2.25	3.94	5.05	6.75	7.50	14.3
35	1400	14	3½	3	12	1½	2½	3½	65	16,400	12	2.62	4.58	5.90	7.00	8.75	16.9
40	1600	16	3½	3	12	1½	3	4	50	16,400	14	3.00	4.50	6.75	8.00	10.00	13.0

\*Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. To convert cubic feet per hour to cubic meters per hour, multiply by 0.02832; to convert tons per hour to metric tons per hour, multiply by 0.9078; and to convert screw size in inches to the nearest screw size in centimeters, multiply by 2.5.  
 †Capacities are based on screws carrying 31 percent of their cross section and, in the case of feed sections with half-pitch flights, based on 100 percent of their cross section.  
 ‡Pipe sizes given are for ¼-in (6.35-mm) flights.  
 §Horsepowers listed are calculated for average conditions and are of the proper motor size with factors for length of conveyor, momentary overloads, etc., taken into consideration.

Jenis

Kapasitas Screw Conveyor = Up to 5 ton/jam (200 ft<sup>3</sup>/jam)

Daya Motor = 4,8 HP

Kecepatan Screw = 55 rpm

### 9. Tangki Penyimpanan CaO (ST-1062)

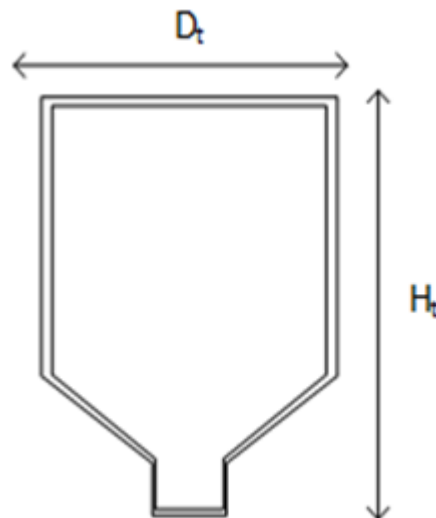
Fungsi : Penyimpanan CaO

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup datar dan alas konikal

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data

Laju Alir Umpan	: 8.690 kg/jam
	: 19.157,97 lb/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30°C
Densitas Campuran	: 3.322,69 kg/m <sup>3</sup>
	: 207,44 lb/ft <sup>3</sup>

### Kapasitas Tangki, Vt

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$

$$V_c = \frac{8.690 \text{ kg/jam}}{3.322,69 \text{ kg/m}^3} = 188,31 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 6.649,81 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

Maka volume storage CaO,

$$V_t = \frac{V_c}{0,9}$$

$$V_t = \frac{188,31 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 209,23 \text{ m}^3/\text{jam} = 7.388,68 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Tangki (Dt)

- Volume Silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 0,785 D_t^3$$

- Volume Konikal, Vk

$$V_k = \frac{\pi}{12} \times D_k^2 \times H_k \quad H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_k$$

$$V_k = \frac{\pi}{12} \times D_k^3 \tan 30^\circ = 0,075 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s \times V_k$$

$$V_r = 0,785 D_r^3 + 0,075 D_r^3 = 0,86 D_r^3$$

$$D_t^3 = \frac{209,23 \text{ m}^3}{0,86} = 243,15 \text{ m}^3$$

$$D_t = \sqrt[3]{243,15 \text{ m}^3} = 6,24 \text{ m}$$

### **Tinggi Tangki, Ht**

- **Tinggi Silinder (Hs)**

$$H_s = D_t$$

$$H_s = 6,24 \text{ m}$$

- **Tinggi Konikal (Hk)**

$$H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_t$$

$$H_k = \frac{1}{4} \times 0,577 \times 6,24 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Ht)**

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 1 m.

$$H_t = H_s + H_k + (\text{tinggi kaki} - H_k)$$

$$H_t = 6,24 + 1,8 + (1 - 1,8) = 7,24 \text{ m}$$

### **Tinggi Cairan, Hb**

$$H_b = \frac{V_c \times (H_s + 2H_k)}{V_t}$$

$$H_b = \frac{188,31 \times 7,24}{209,23} = 6,52 \text{ m}$$

### Tekanan Cairan, Pb

$$P_b = \rho \times g \times H_b$$

$$P_c = 3.322,69 \times 9,8 \times 6,52$$

$$P_c = 212.221,26 \text{ kg/m.s}^2 = 2,1 \text{ atm}$$

### Tekanan Desain, Pd

$$P_d = P_{op} + P_b$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 2,1 \text{ atm}$$

$$P_d = 3,1 \text{ atm} = 44,96 \text{ psi}$$

### Tebal dinding silinder

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$\frac{D\sqrt{0.3P/S}}{2}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/t)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{FDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\* Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values			
	Metal	Temp., °F	S, psi	
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700	
		750	12,000	
		850	8,300	
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700	
		950	11,000	
		1050	5,000	
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000	
		850	16,800	
		950	10,000	
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	Gr.B	1000	6,200
			-20	18,700
			650	11,200
			800	10,500
	Stainless 316 (SA-240)	Gr.B	1000	9,700
			-20	18,700
			650	11,500
Nonferrous metals		800	11,000	
		1000	10,600	
		100	6,700	
		400	3,000	
Copper (SB-11)		100	2,300	
		400	1,000	
Aluminum (SB-209, 1100-0)		100	2,300	
		400	1,000	

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Tekanan desain, Pd = 44,96 psi

Jari jari, R = 122,87 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Wallas, tabel 18.4)

Efisiensi pengelasan, E = 85% (Peter Tabel 4)

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

### Tebal dinding silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE-0,6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{44,96 \text{ psi} \times 122,87 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 44,96 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,6 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding alas konikal

$$T_e = \frac{PDt}{2(SE-0,6P) \cos 30^\circ} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$





	:5,0321 lb/ft.dtk
Densitas Campuran	:1033,105239 kg/m <sup>3</sup>
	: 64,49676007lb/ft <sup>3</sup>
Konversi reaksi	: 0,99

Diasumsikan aliran dalam reaktor adalah aliran *plug flow*, maka volume reaktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_R}{F_{AO}} = \frac{\tau}{C_{AO}} \quad (\text{Levenspiel hal 194})$$

$V_R$  = Volume reaktor

$F_{AO}$  = Laju alir molar reaktan

$C_{AO}$  = Konsentrasi reaktan

Maka,

$$V_R = \frac{F_{AO} \times \tau}{C_{AO}}$$

#### a. Kapasitas Reaktor ( $V_r$ )

- Laju alir volumetrik,  $F_v$

$$\text{Laju alir volumetrik (Fv)} = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetrik (Fv)} &= \frac{958664,9245 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam}}{64,4967 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 14863,76871 \text{ ft}^3/\text{jam} = 420,9030 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Kosentrasi Umpan,  $C_{A0}$

$$\text{Kosentrasi } CaO = \frac{130,19 \text{ kmol/jam}}{420,9030 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,30 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Kosentrasi } H_2O = \frac{23.510,31 \text{ kmol/jam}}{420,9030 \text{ m}^3/\text{jam}} = 55,8568 \text{ kmol/m}^3$$

Maka,  $C_{A0} = 56,166 \text{ kmol/m}^3$  dan  $F_{A0} = 23.640,50 \text{ kmol/jam}$

- **Volume Cairan, Vc**

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{F_{A0} \times t}{C_{A0}}$$

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{23.640,50 \text{ kmol/jam} \times 1 \text{ jam}}{56,166 \text{ kmol/m}^3} = 420,9030 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20% (rule of thumb, hal 32)

$$\text{Volume reaktor (Vr)} = Vc/0,8$$

$$\text{Volume reaktor (Vr)} = 420,9030/0,8 = 526,13 \text{ m}^3$$

- b. Diameter Reaktor (Dr)**

- Volume Silinder, Vs

$$Vs = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$Vs = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 1,1775 D_t^3$$

- Volume Elipsoidel, Ve

$$Ve = \frac{\pi}{24} \times D_e^3 \quad H_e = 0,25 D_e$$

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (Include corrosion allowance in variables)	2:1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in <sup>3</sup>	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{1}{2} \pi L_a^3$	$0.9 \left[ \frac{2\pi L_a^3}{3} (DD) \right]$
DD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	$L_a$	$L_a - [(L_a - r)^3 - (L_a - t - r)^3]^{1/3}$
Approximate weight of dished portion of head, lbm	$\rho_m \left[ \frac{\pi (nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[ \frac{\pi (OD + OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

$$Ve = \frac{\pi}{24} \times D_s^3 = 0,131 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s \times 2V_e$$

$$V_r = 1,1775 D_r^3 + (2 \times 0,131 D_r^3) = 1,44 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{526,13 \text{ m}^3}{1,44} = 365,58 \text{ m}^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{365,58^3} = 7,15 \text{ m}$$

**c. Tinggi Reaktor, Hr**

$$H_r = H_s + 2 \cdot H_e + (\text{tinggi kaki He})$$

$$H_r = 1,5 D_s \times 7,15 + (2 \times 0,25 \times 7,15) + (1 - 0,25 \times 7,15)$$

$$H_r = 13,51 \text{ m} = 44,32 \text{ ft}$$

**d. Tinggi Cairan Dalam Reaktor, Hc**

$$H_c = \frac{\text{volume cairan}}{\text{volume reaktor}} \times H_r$$

$$H_c = \frac{420,9030}{526,13} \times 13,52 = 10,81 \text{ m}$$

**e. Tekanan Cairan Dalam Tangki, Pc**

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 1033,1052 \times 9,8 \times 10,81$$

$$P_c = 109.449,99 \text{ kg/m.s}^2 = 1,06 \text{ atm}$$

**f. Tekanan Desain, Pd**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 1,06 \text{ atm}$$

$$P_d = 2,06 \text{ atm} = 30,30 \text{ psi}$$

**g. Tebal dinding reaktor, td**

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70 <u>in general, for spot examined</u> <u>if electric resistance weld = 0.85</u> if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
		1050	5,000
		1200	1,000
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000
		850	16,800
		950	10,000
High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	-20	18,700	
	850	11,200	
	900	10,500	
	1000	9,700	
Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700	
	650	11,500	
	800	11,000	
Nonferrous metals			
	Copper (SB-11)	100	6,700
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	400	3,000
	400	2,300	
		400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

PC  
GO

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$\frac{D\sqrt{0.3P/S}}{1}$	$\frac{r^2 S / 0.3D^2}{1}$	$\frac{0.3D^2 P / r^2}{1}$	
Torisspherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torisspherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{TM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/t)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\* Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

Tekanan desain, Pd = 30,30 psi

= 30,30 psi

Jari jari, R = 140,7545 in

= 140,7545 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Wallas, tabel 18.4)

= 11500 psi (Wallas, tabel 18.4)

Efisiensi pengelasan, E = 0,85 (peter.tabel 4 hal538)

= 0,85 (peter.tabel 4 hal538)

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

= 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

= 10 tahun

### Tebal dinding silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{30,30 \text{ psi} \times 140,75 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 30,30 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,45 \text{ in} = 0,011 \text{ m}$$

### **Tebal dinding elipsoidal**

$$T_d = \frac{PDt}{2SE - 0,2P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{30,30 \text{ psi} \times 281,5090 \text{ in}}{(2 \times 11500 \text{ psi} \times 85\%) - (0,2 \times 30,30 \text{ psi})} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,45 \text{ in} = 0,011 \text{ m}$$

### **Desain Pengaduk**

Diameter pengaduk,  $D_i$

$$D_i = D_t/3 = 7,15/3$$

$$D_i = 2,4 \text{ m} = 7,8 \text{ ft}$$

### **Panjang daun pengaduk**

$$L = D_i/4$$

$$L = 2,4/4$$

$$L = 0,6 \text{ m} = 1,95 \text{ ft}$$

### **Lebar daun pengaduk**

$$W = D_i/5$$

$$W = 2,4/5$$

$$W = 0,5 \text{ m} = 1,56 \text{ ft}$$

### **Tinggi Pengaduk, H**

$$H = D_i$$

$$H = 2,4 \text{ m} = 7,81 \text{ ft}$$

### **Tinggi Pengaduk dari dasar tangki**

$$E = Di/3$$

$$E = 0,8 \text{ m} = 7,8 \text{ ft}$$

### Lebar bufle

$$J = Dt/12$$

$$J = 0,59 \text{ m} = 1,95 \text{ ft}$$

### Kecepatan Pengaduk

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{Dt}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$g c = 32,2 \text{ ft/s}^2$$

$$N = \frac{\left(1,22 + 1,25 \left[\frac{Dt}{d}\right]\right) \times \left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}}{d}$$

$$N = 0,4 \text{ rps}$$

### Daya pengadukan

$$N_{re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$N_{re} = \frac{64,49 \text{ lb/ft}^3 \times 0,414 \text{ rps} \times 7,8^2 \text{ ft}}{0,00005 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{s}}$$

$$N_{re} = 32453751,12$$

Karena  $N_{re} > 10000$  maka,

$$P = \frac{K_t n^3 d^5 \rho}{g c}$$

$$K_t = 0,87$$

$$P = \frac{0,87 \times 0,41^3 \times 7,8^5 \times 64,49}{32,2}$$

$$P = 3618,77 \text{ lb ft/s} = 6,6 \text{ Hp}$$

**Efisiensi motor = Daya / Kapasitas**

$$= 6,6 / 0,9$$

$$= 7,3 \text{ Hp}$$

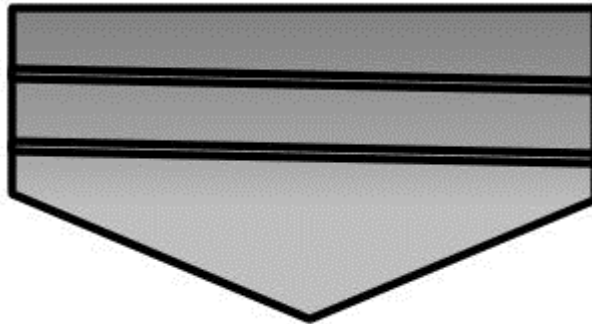
### 11. Vibrating Screen (VS-2111)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*

Jumlah : 1 unit

Gambar sss :



**Gambar 10.5** *Vibrating Screen*

Data

Jumlah Umpan : 434.838,5 kg/jam

: 958.645,0346 lb/jam

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Densitas Campuran : 994,29 kg/m<sup>3</sup>

: 62,07 lb/ft<sup>3</sup>



### Kapasitas Vibrating Screen, $V_t$

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$

$$V_c = \frac{434.838,5352 \text{ kg/jam}}{994,29 \text{ kg/m}^3} = \frac{437,34 \text{ m}^3}{\text{jam}} = 1.434,46 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

Maka volume vibrating screen,

$$V_t = \frac{V_c}{0,9}$$

$$V_t = \frac{437,34 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 485,93 \text{ m}^3/\text{jam} = 1.593,85 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Vibrating Screen (Dt)

- Volume Silinder,  $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s \quad H_s = D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 = 0,785 D_t^3$$

- Volume Konikal,  $V_k$

$$V_k = \frac{\pi}{12} \times D_k^2 \times H_k \quad H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_k$$

$$V_k = \frac{\pi}{12} \times D_k^3 \tan 30^\circ = 0,075 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s + V_k$$

$$V_r = 0,785 D_r^3 + 0,075 D_r^3 = 0,86 D_r^3$$

$$D_t^3 = \frac{485,93 \text{ m}^3}{0,86} = 564,7 \text{ m}^3$$

$$D_t = \sqrt[3]{564,7 \text{ m}^3} = 8,27 \text{ m}$$

### **Tinggi Vibrating Screen, Ht**

- **Tinggi Silinder (Hs)**

$$H_s = D_t$$

$$H_s = 8,27 \text{ m}$$

- **Tinggi Konikal (Hk)**

$$H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_t$$

$$H_k = \frac{1}{4} \times 0,577 \times 8,27 \text{ m} = 2,38 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Ht)**

$$H_t = H_s + H_k$$

$$H_t = 10,65 \text{ m}$$

### **Tinggi Padatan, Hb**

$$H_b = \frac{V_c \times (H_s + H_k)}{V_t}$$

$$H_b = \frac{437,34 \times 10,65}{485,93} = 9,6 \text{ m}$$

### **Tekanan Padatan, Pb**

$$P_b = \rho \times g \times H_b$$

$$P_b = 994,29 \times 9,8 \times 9,6$$

$$P_b = 93.398,7 \text{ kg/m.s}^2 = 0,91 \text{ atm}$$

### **Tekanan Desain, Pd**

$$P_d = P_{op} + P_b$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 0,91 \text{ atm}$$

$$Pd = 1,91 \text{ atm} = 28,02 \text{ psi}$$

### Tebal dinding silinder

**TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure<sup>a</sup>**

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$ , $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$r^2 S / 0.3D$	$0.3D^2 P / r^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$ , $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2] / 6$ , $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$ , $P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

<sup>a</sup> Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

**TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)**

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S <sub>a</sub> , psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	-20 to 750	20,000
		850	18,800
High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	850	10,500
		1000	9,700
Stainless 316 (SA-240)	Stainless 316 (SA-240)	-20	18,700
		650	11,500
Nonferrous metals Copper (SB-11) Aluminum (SB-209, 1100-0)	Nonferrous metals Copper (SB-11) Aluminum (SB-209, 1100-0)	800	11,000
		1000	10,600
		100	6,700
		400	3,000
		100	2,300
		400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Tekanan desain, Pd = 28,02 psi

Jari jari, R = 162,71 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Walas, tabel 18.4)

Efisiensi pengelasan, E = 85% (Peter Tabel 4)

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

$$T_d = \frac{PR}{SE-0,6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{28,02 \text{ psi} \times 162,7 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 28,02 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,5 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding alas konikal

$$T_e = \frac{PD_t}{2(SE-0,6P) \cos 30^\circ} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{28,02 \text{ psi} \times 325,42 \text{ in}}{2 (11500 \text{ psi} \times 85\%) - (0,6 \times 28,02 \text{ psi}) \times 0,86} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,5 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

Menurut tabel wallas halaman 363, didapatkan spesifikasi vibrating screen sebagai berikut :

Model Number	Screen Size per Surface	Capacity in Tons per Hour		Motor	
		Pellets	Crumbles	HP	RPM
203	30" x 60"	13	8	2	1800
43"	40" x 84"	25	15	2	1800
83"	40" x 120"	35	23	3	1800
523	60" x 120"	50	34	7.5	1200
73	60" x 144"	85	55	10	1200

Kapasitas : Up to 50 ton/jam

Luas Area : 7200 in

Kecepatan : 1200 rpm

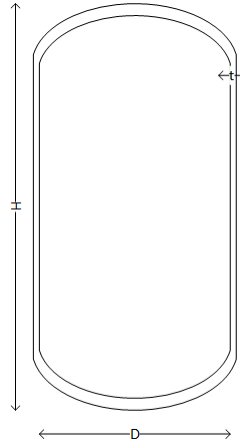
Daya Motor : 7,5 HP

### 12. Reaktor Plug Flow Bubble Reactor (R-2102)

Fungsi : Sebagai tempat pembentukan  $\text{CaCO}_3$  (PCC)

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup dan alas elipsoidal

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*  
Jumlah : 2 unit  
Gambar :



**Gambar 10.4** *Plug Flow Bubble Reactor (PFBR)*

Data

Waktu Operasi : 1 jam  
Jumlah Umpan : 439.060,7304 kg/jam  
: 967.953,2863 lb/jam  
Tekanan : 1 atm  
Temperatur : 30°C  
Viskositas Campuran : 0,0096 cP  
: 0,0000064 lb/ft.dtk  
Densitas Campuran : 983,02 kg/m<sup>3</sup>  
: 61,37 lb/ft<sup>3</sup>

Diasumsikan aliran dalam reaktor adalah aliran *plug flow*, maka volume reaktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_R}{F_{AO}} = \frac{\tau}{C_{AO}} \quad (\text{Levenspiel hal 194})$$

$V_R$  = Volume reaktor

$F_{AO}$  = Laju alir molar reaktan

$C_{AO}$  = Konsentrasi reaktan

Maka,

$$V_R = \frac{F_{AO} \times \tau}{C_{AO}}$$

### a. Kapasitas Reaktor ( $V_r$ )

- **Laju alir volumetrik,  $F_v$**

$$\text{Laju alir volumetrik (Fv)} = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetrik (Fv)} &= \frac{967953,2863 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam}}{61,37 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 15.772,48454 \text{ ft}^3/\text{jam} = 446,64 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- **Kosentrasi Umpan,  $C_{AO}$**

$$\text{Kosentrasi } Ca(OH)_2 = \frac{128,89 \text{ kmol/jam}}{446,64 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,29 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Kosentrasi } CO_2 = \frac{128,89 \text{ kmol/jam}}{446,64 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,29 \text{ kmol/m}^3$$

Maka,  $C_{AO} = 0,58 \text{ kmol/m}^3$  dan  $F_{AO} = 257,77 \text{ kmol/jam}$

- **Volume Cairan,  $V_c$**

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{F_{AO} \times t}{C_{AO}}$$

$$\text{Volume Cairan (Vc)} = \frac{257,77 \text{ kmol/jam} \times 1 \text{ jam}}{0,58 \text{ kmol/m}^3} = 446,64 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20% (Peter, Tabel 6)

TABLE 6  
Factors in equipment scale-up and design PETER

Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	>100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	>100:1	20

Volume reaktor ( $V_r$ ) =  $V_c/0,8$

Volume reaktor ( $V_r$ ) =  $446,64/0,8 = 558,29 \text{ m}^3$

**b. Diameter Reaktor (Dr)**

- Volume Silinder,  $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^2 x H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^3 = 1,1775 D_t^3$$

- Volume Elipsoidel,  $V_e$

$$V_e = \frac{\pi}{24} x D_e^3$$

538 PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (Include corrosion allowance in variables)	2:1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in <sup>3</sup>	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0,9 \left[ \frac{2\pi L_a^3}{3} (IDD) \right]$
IDD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	$L_a$	$L_a - [(L_a - r)^2 - (L_a - t - r)^2]^{1/2}$
Approximate weight of dished portion of head, lbm	$\rho_m \left[ \frac{\pi(nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[ \frac{\pi(OD + OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

$$V_e = \frac{\pi}{24} x D_s^3 = 0,131 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$Vr = V_s \times 2V_e$$

$$Vr = 1,1775 D_r^3 + 0,131 D_r^3 = 1,44 D_r^3$$

$$D_r^3 = \frac{558,29 \text{ m}^3}{1,44} = 387,93 \text{ m}^3$$

$$D_r = \sqrt[3]{387,93 \text{ m}^3} = 7,3 \text{ m}$$

### c. Tinggi Reaktor, Hr

- **Tinggi Silinder (Hs)**

$$Hs = 1,5 Dt$$

$$Hs = 1,5 \times 7,3 \text{ m} = 10,94 \text{ m}$$

- **Tinggi elipsoidal (He)**

TABLE 18.6. Heads and Horizontal Cylinders: Formulas for Partially Filled Volumes and Other Data	
<p><b>Nomenclature</b>  <i>D</i> = diameter of cylinder  <i>H</i> = depth of liquid  <i>S</i> = surface of head  <i>V<sub>0</sub></i> = volume of full head  <i>θ</i> = angle subtended by liquid level or angle of cone</p> <p><b>Cylinder</b>  <math>\theta = 2 \arccos(1 - 2H/D)</math>  <math>\theta(\text{rad}) = \theta^\circ/57.3</math>  <math>V/V_0 = (1/2)\theta - \sin \theta</math></p> <p><b>Hemispherical head</b>  <math>S = 1.571D^2</math>  <math>V = (\pi/3)H^2(1.5D - H)</math>  <math>V_0 = (\pi/12)D^3</math>  <math>V/V_0 = 2(H/D)^2(1.5 - H/D)</math></p> <p><b>Ellipsoidal head (<i>h = D/4</i>)</b>  <math>S = 1.09D^2</math>  <math>V_0 = 0.1369D^3</math>  <math>V/V_0 = 2(H/D)^2(1.5 - H/D)</math></p> <p><b>Torispherical (<i>L = D</i>)</b>  <math>S = 0.842D^2</math>  <math>V_0 = 0.0778D^3</math>  <math>V/V_0 = 2(H/D)^2(1.5 - H/D)</math></p> <p><b>Conical</b>  <math>H = [(D - d)/2] \tan \theta</math>  <math>= \begin{cases} 0.5(D - d), &amp; \theta = 45^\circ \\ 0.2887(D - d), &amp; \theta = 30^\circ \end{cases}</math>  <math>S = 0.785(D + d)\sqrt{4H^2 + (D - d)^2}</math>, curved surface  <math>V = 0.262H(D^2 + Dd + d^2)</math></p>	

$$He = \frac{1}{4} Dt$$

$$He = \frac{1}{4} \times 7,3 \text{ m} = 1,82 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Hr)**

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 1 m.

$$Hr = Hs + 2He + (\text{tinggi kaki-He})$$



$$H_r = 13,76 \text{ m}$$

#### d. Tinggi Cairan Dalam Reaktor, $H_c$

$$H_c = \frac{\text{volume cairan}}{\text{volume reaktor}} \times H_r$$

$$H_c = \frac{446,64}{558,29} \times 13,76 = 11,01 \text{ m}$$

#### e. Tekanan Cairan Dalam Tangki, $P_c$

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 983,01 \times 9,8 \times 11,01$$

$$P_c = 106.070 \text{ kg/m.s}^2 = 1,03 \text{ atm}$$

#### f. Tekanan Desain, $P_d$

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 1,03 \text{ atm}$$

$$P_d = 2,03 \text{ atm} = 29,8 \text{ psi}$$

#### g. Tebal dinding silinder

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	$S_u$ , psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
In general, for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel	-20 to 800	13,700
	for resistance to $H_2$ and $H_2S$	950	11,000
	(SA-387, Gr.12C1.1)	1050	5,000
		1200	1,000
	High-tensile steel	-20 to 750	20,000
	for heavy-wall	850	16,800
	vessels	950	10,000
	(SA-302, Gr.B)	1000	6,200
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance	-20	18,700
	Stainless 304	850	11,200
	(SA-240)	800	10,500
		1000	9,700
	Stainless 316	-20	18,700
	(SA-240)	650	11,500
		800	11,000
		1000	10,600
	Nonferrous metals		
	Copper	100	6,700
	(SB-11)	400	3,000
	Aluminum	100	2,300
	(SB-209, 1100-0)	400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure\*

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$ , $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$ , $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{[M + 0.2t]}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2] / 6$ , $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$ , $P \leq 0.685SE$
Toricircular head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

\* Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

Tekanan desain, Pd = 29,8 psi

Jari jari, R = 143,6 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Wallas, tabel 18.4)

Efisiensi pengelasan, E = 85% (Peter Tabel 4)

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

### Tebal dinding silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{29,8 \text{ psi} \times 143,6 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 29,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,46 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding ellipsoidal

$$T_e = \frac{PDt}{2SE - 0.2P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{29,8 \text{ psi} \times 287,13 \text{ in}}{2(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,2 \times 29,8 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,44 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### 13. Tangki Penyimpanan *Plug Flow Bubble Reactor* (ST-2063)

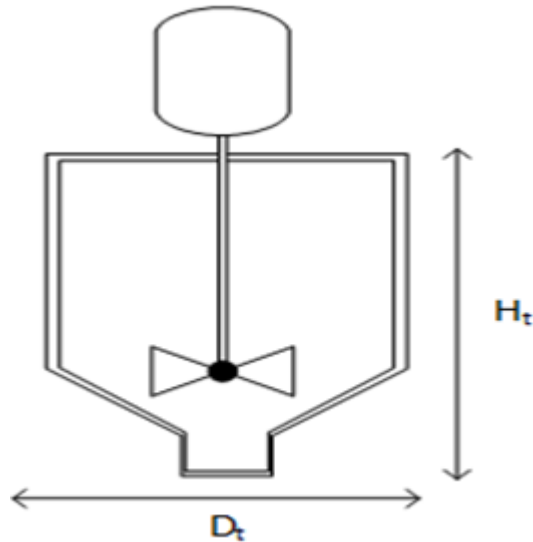
Fungsi : Penyimpanan sementara untuk sirkulasi  $\text{CaCO}_3$  (PCC)

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup datar dan alas konikal

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel* (SA-240)

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data

Waktu Operasi : 1 jam

Jumlah Umpan : 439.060,7304 kg/jam

: 967.953,2863 lb/jam

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Viskositas Campuran : 0,0096 cP

: 0,0000064 lb/ft.dtk

Densitas Campuran : 983,02 kg/m<sup>3</sup>

: 61,37 lb/ft<sup>3</sup>

### Kapasitas Tangki, $V_t$

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$

$$V_c = \frac{439.060 \text{ kg/jam}}{983,02 \text{ kg/m}^3} = 446,65 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 1.464,99 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

Maka volume vibrating screen,

$$V_t = \frac{V_c}{0,9}$$

$$V_t = \frac{446,65 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 496,27 \text{ m}^3/\text{jam} = 1.627,78 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Dimensi Tangki ( $D_t$ )

- Volume Silinder,  $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^2 x H_s \quad H_s = D_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_s^3 = 0,785 D_t^3$$

- Volume Konikal,  $V_k$

$$V_k = \frac{\pi}{12} x D_k^2 x H_k \quad H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_k$$

$$V_k = \frac{\pi}{12} x D_k^3 \tan 30^\circ = 0,075 D_t^3$$

Maka diameter tangki adalah,

$$V_r = V_s x V_k$$

$$V_r = 0,785 D_r^3 + 0,075 D_r^3 = 0,86 D_r^3$$

$$D_t^3 = \frac{496,27 \text{ m}^3}{0,86} = 576,73 \text{ m}^3$$

$$D_t = \sqrt[3]{576,73 \text{ m}^3} = 8,32 \text{ m}$$

### **Tinggi Tangki, Ht**

- **Tinggi Silinder (Hs)**

$$H_s = D_t$$

$$H_s = 8,32 \text{ m}$$

- **Tinggi Konikal (Hk)**

$$H_k = \frac{1}{2} \tan 30^\circ D_t$$

$$H_k = \frac{1}{4} \times 0,577 \times 8,32 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

- **Tinggi total (Ht)**

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 1 m.

$$H_t = H_s + H_k + (\text{tinggi kaki-Hk})$$

$$H_t = 9,32$$

### **Tinggi Cairan, Hc**

$$H_c = \frac{V_c \times (H_s + 2H_k)}{V_t}$$

$$H_c = \frac{446,654 \times 9,32}{496,27} = 8,4 \text{ m}$$

### **Tekanan Cairan, Pc**

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 983,02 \times 9,8 \times 8,4$$

$$P_c = 80.839,84 \text{ kg/m.s}^2 = 0,8 \text{ atm}$$

### **Tekanan Desain, Pd**

$$P_d = P_{op} + P_b$$

$$Pd = 1 \text{ atm} + 0,8 \text{ atm}$$

$$Pd = 1,8 \text{ atm} = 26,23 \text{ psi}$$

### Tebal dinding silinder

**TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure<sup>a</sup>**

Item	Thickness t(in.)	Pressure P(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$ , $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$r^2 S/0.3D$	$0.3D^2 P/r^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$ , $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6$ , $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$ , $P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

<sup>a</sup> Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).  
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

**TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)**

Joint efficiencies	Recommended stress values		
	Metal	Temp., °F	S, psi
For double-welded butt joints if fully radiographed = 1.0 if spot examined = 0.85 if not radiographed = 0.70	Carbon steel (SA-285, Cr. C)	-20 to 650	13,700
		750	12,000
		850	8,300
In general for spot examined if electric resistance weld = 0.85 if lap welded = 0.80 if single-butt welded = 0.60	Low-alloy steel for resistance to H <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S (SA-387, Gr.12C1.1)	-20 to 800	13,700
		950	11,000
		1050	5,000
	High-tensile steel for heavy-wall vessels (SA-302, Gr.B)	1200	1,000
		-20 to 750	20,000
		850	16,800
	High-alloy steel for cladding and corrosion resistance Stainless 304 (SA-240)	950	10,000
		1000	6,200
		-20	18,700
		650	11,200
	Stainless 316 (SA-240)	800	10,500
		1000	9,700
		-20	18,700
Nonferrous metals	Copper (SB-11)	650	11,500
		800	11,000
	Aluminum (SB-209, 1100-0)	1000	10,600
		400	1,000

See the latest ASME Boiler and Pressure Vessel Code for further details.

AC  
Go

Tekanan desain, Pd = 26,23 psi

Jari jari, R = 163,86 in

Allowable Stress, S = 11500 psi (Walas, tabel 18.4)

Efisiensi pengelasan, E = 85% (Peter Tabel 4)

Faktor korosi yang diizinkan, C = 0,002 m/thn (perry's tabel 23-2)

Lama digunakan = 10 tahun

### Tebal dinding silinder

$$T_d = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{26,23 \text{ psi} \times 163,86 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 85\%) - ((0,6 \times 26,23 \text{ psi}))} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,4 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

### Tebal dinding alas konikal

$$T_e = \frac{PDt}{2(SE - 0,6P) \cos 30^\circ} + C \quad (\text{Wallas, tabel 18.3})$$

$$T_d = \frac{26,23 \text{ psi} \times 327,01 \text{ in}}{2 (11500 \text{ psi} \times 85\%) - (0,6 \times 26,23 \text{ psi}) \times 0,86} + (0,002 \text{ m/thn} \times 10 \text{ tahun})$$

$$T_d = 0,5 \text{ in} = 0,01 \text{ m}$$

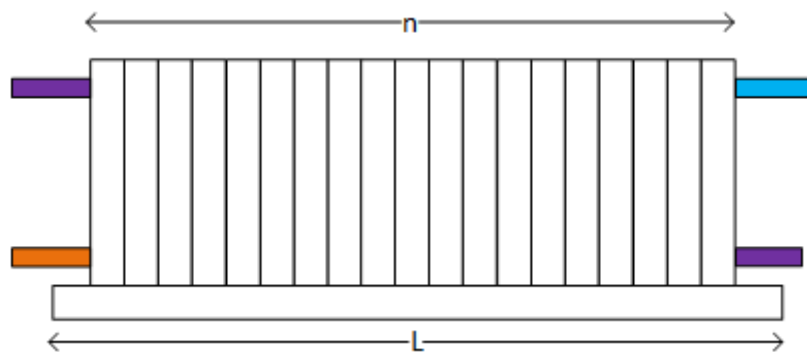
### 14. Filter Press (FP-3131)

Fungsi : Untuk menyaring padatan  $\text{CaCO}_3$

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel (SA-285 Grade A)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.5** Filter Press

Kondisi Operasi :

Laju alir campuran = 851929,6 kg/jam

$$= 1878164 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas campuran} = 943,2142 \text{ kg/m}^3$$

$$= 58,8848 \text{ lb/ft}^3$$

### **Laju alir, Q**

$$Q = \frac{\text{Massa}}{\text{Densitas}}$$

$$Q = \frac{851929,6 \text{ kg/jam}}{943,2142 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q = 903,2196 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### **Tebal cake, Vc**

$$\text{Porositas bahan} \quad (1 - \varepsilon) = (1 - \varepsilon_0) \times 1 + \frac{Pb}{pa} \times \beta$$

$$(1 - \varepsilon) = 0,209 \times 1 + \frac{690}{790} \times 0,22$$

$$= 0,411869$$

$$V_c = \frac{\text{Massa padatan tertahan}}{(1 - \text{porositas}) \times \text{densitas}}$$

$$V_c = \frac{2349,814 \text{ lb/ft}^3}{(1 - 0,4) \times 37639,17 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_c = 0,9547 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### **Massa Padatan tertahan, Mp**

$$M_p = 21135,17 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas cake} = 37639,17 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2349,814 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Porositas Bahan} = 0,411869$$



**TABLE 11.8. Parameters of Equations for Resistivity  $\alpha$  and Porosity  $\varepsilon$  of Some Filter Cakes**

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 + \frac{P_s}{P_0}\right)^n$$

$$(1 - \varepsilon) = (1 - \varepsilon_0) \left(1 + \frac{P_s}{P_0}\right)^{\beta^*}$$

Material	Pressure range, kPa	$P_0$ , kPa	$\alpha_0$ , $\text{m kg}^{-1} \times 10^{-10}$	$n$	$(1 - \varepsilon_0)$	$\beta^*$
CaCO <sub>3</sub> (ref. 7)	3-480	1	11	0.15	0.209	0.06
CaCO <sub>3</sub> (ref. 8)	7-550	7	5.1	0.2	0.225	0.06
	550-7000	790	8.1	0.9	0.263	0.22
Darco-B (ref. 8)	7-275	1.7	1.1	0.4	0.129	0.08
	275-7000	520	4.7	1.8	0.180	0.18
Kaolin-Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ref. 8)	7-415	7	43	0.3	0.417	0.04
	415-7000	345	87	0.7	0.460	0.12
Solka-Floc (ref. 8)	7-275	2.75	0.00058	1.0	0.132	0.16
	275-7000	260	0.13	2.0	0.237	0.26
Talc-C (ref. 8)	7-1400	5.5	4.7	0.55	0.155	0.16
	1400-7000	1400	35	1.8	0.339	0.25
TiO <sub>2</sub> (ref. 8)	7-7000	7	18	0.35	0.214	0.1
Tungsten (ref. 8)	7-480	7	0.39	0.15	0.182	0.05
	480-7000	520	0.38	0.9	0.207	0.22
Hong Kong pink kaolin (ref. 9)	1-15	1	42	0.35	0.275	0.09
	15-1000	12	70	0.55	0.335	0.1
Gairome clay (ref. 10)	4-1000	3.4	370	0.55	0.309	0.09

(Tiller et al, 1979)

### Jumlah frame, F

$$F = \frac{10 \times \text{densitas cake}}{s}$$

Dimana S adalah, densitas dari cake yang tertahan di kain penyaring

$$S = \frac{\text{Massa padatan tertahan}}{\text{tebal cake}}$$

$$S = \frac{21135,17 \text{ kg/jam}}{0,954754 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$S = 22136,77 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga,

$$F = 17 \text{ unit}$$

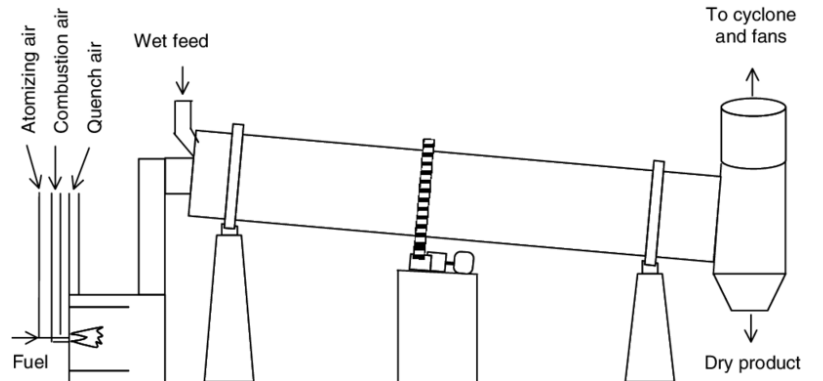
### 15. Rotary Dryer (RD-3141)

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air pada produk CaCO<sub>3</sub>

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel (SA-285 Grade A)*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



**Gambar 10.5 Rotary Dryer**

Komp.	C	K	F
Tb.masuk	30	303,15	86
Tb.keluar	70	343,15	158
Tu.masuk	120	393,15	248
Tu.keluar	40	313,15	104

Laju Alir Umpan = 21135,17 kg/jam

46594,59 lb/jam

Laju udara panas, Gs = 2064,959 kg/jam

4552,408 lb/jam

- **Diameter Rotary**

$$D^2 = \frac{Gs}{\pi G}$$

Dengan G adalah kecepatan alir udara dalam *rotary*, ditentukan dengan

Air-mass velocities in rotary dryers usually range from 0.5 to 5.0 kg/(s·m<sup>2</sup>). It is customary to employ the highest air velocity possible without serious dusting. The amount of dusting occurring during

(Perry's , Hal 1026)

Diambil G = 5 kg/s.m<sup>2</sup>

Maka,

$$D^2 = \frac{2064,959 \text{ kg/jam}}{\frac{3,14}{4} \times (5 \times 3600) \text{ kg/m}^2 \text{ jam}}$$

$$D = \sqrt{0,14614 \text{ m}^2} = 0,3822 \text{ m}$$

- **Tebal Dinding Rotary**

$$S = 11500 \text{ psi}$$

$$E = 0,85$$

$$t_0 = 0,25 \text{ in}$$

$$C = 0,002 \text{ in/tahun}$$

$$P_{op} = \frac{SEt}{R+0,6 \times t}$$

$$P_{op} = \frac{11500 \text{ psi} \times 0,85 \times 0,25 \text{ in}}{(15,0505)/2 \text{ in} + 0,6 \times 0,25 \text{ in}} = 318,394 \text{ psi} = 21,6595 \text{ atm}$$

Maka, tebal dinding rotary adalah

$$t_d = \frac{PR}{SE-0,6P} + C$$

$$t_d = \frac{318,394 \text{ psi} \times (15,0505)/2 \text{ in}}{11500 \text{ psi} \times 0,85 - 0,6 \times 318,394 \text{ psi}} + 0,002 \text{ m/tahun}$$

$$t_d = 0,252 \text{ in} = 0,006 \text{ m}$$

- **Panjang Rotary**

Panjang rotary didasarkan pada

The *L/D* (length-diameter) ratio found most efficient in commercial practice lies between 4 and 10. If the length calculated previously does not fall within these limits, another value of  $N_r$  which will place *L/D* in the proper range may be computed.

(Perry's, Hal 1025)

Dipilih rasio *L/D* dengan  $L = 4 \times D$

Maka,

$$L = 4 \times D$$

$$L = 4 \times 0,38228 \text{ m} = 1,529131 \text{ m} = 5,015549 \text{ ft}$$

- **Putaran Rotary, N**

Didasarkan pada teori

man and Marshall (ibid.). Rotary dryers operate at peripheral speeds of 0.25 to 0.5 m/s. Slopes of rotary-dryer shells vary from 0 to 8 cm/m.

(Perry's, Hal 1027)

Dengan dipilih  $v = 0,5$  m/s

$$N = \frac{v}{\pi \times D}$$

$$N = \frac{(0,5 \times 60) \text{ m/menit}}{3,14 \times 0,38228 \text{ m}} = 24,9923 \text{ Rpm}$$

- **Lama Hold up**

Didasarkan pada teori

Rotary dryers usually operate with 10 to 15 percent of their volume filled with material. Lower fillage will be insufficient to utilize the

$$\begin{aligned} \text{Volume Rotary} &= \pi \times R^2 \times L \\ &= 3,14 \times (0,19114 \text{ m})^2 \times 1,529131 \text{ m} \\ &= 0,17542 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Hold up} = 10\% = 0,1$$

$$\begin{aligned} V \text{ hold up} &= V \text{ hold up} \times \% \text{ hold up} \\ &= 0,17542 \text{ m}^3 \times 0,1 = 0,01754 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Lama hold up} = \frac{V \text{ hold up} \times \text{densitas}}{\text{Laju alir massa umpan}}$$

$$= \frac{0,17542 \text{ m}^3 \times 2032,71 \text{ kg/m}^3}{21135,17 \text{ kg}} = 0,00169 \text{ jam} = 0,10123 \text{ menit}$$

- **Daya Motor**

Daya motor ditentukan berdasarkan

purchase cost. Operating costs will include 5 to 10 percent of one worker's time, plus power and fuel required. Yearly maintenance costs will range from 50 to 10 percent of total installed costs. Total power for fans, dryer drive, and feed and product conveyors will be in the range of  $0.5 D^2$  to  $1.0 D^2$ . Thermal efficiency of a high-temperature direct-heat rotary dryer will range from 55 to 75 percent and, with steam-heated air, from 30 to 55 percent.

$$P = 0,5 \times D^2$$

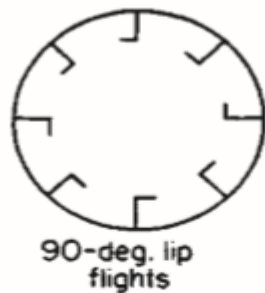
$$P = 0,5 \times 1,25389^2 = 0,78612 \text{ ft}^2 = 0,07416 \text{ Hp}$$

- **Overall Heat Transfers**

$$\begin{aligned} UD &= \frac{1}{D} 10G^{0,16} \\ &= \frac{1}{1,25389 \text{ ft}} \times 10 \times \left(1107 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2\text{h}}\right)^{0,16} \\ &= 24,47964 \text{ lb/ft}^2\text{h} \end{aligned}$$

- **Jumlah Flight**

Jenis flight dipilih jenis 90° lip flight (Perry's 7ed, Hal 12-53)



$$\begin{aligned} \text{Tinggi flight (H)} &= 1/10 D \\ &= 1/10 \times 0,38228 \text{ m} \\ &= 0,26159 \text{ m} \end{aligned}$$

Range jumlah flight untuk rotary dryer = 2,4 – 3D (Perry's 7ed, chap 12)

Diambil 3D untuk diameter >2ft sehingga:

$$\begin{aligned} n \text{ flight} &= 3 \times 0,38228 \text{ m} \\ &= 1,146865 = 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar flight (LF)} &= \frac{\pi D}{n} \\ &= \frac{3,14 \times 0,28228 \text{ m}}{2} \\ &= 0,60018 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Menentukan Slope Rotary Dryer**

Kemiringan dari rotary dryer bervariasi mulai dari 0-8 cm/m atau 0-0,08 ft/ft

(Perry's 7ed, chap. 12)

materials in a 0.3- by 2-m rotary dryer has been presented by Friedman and Marshall (ibid.). Rotary dryers operate at peripheral speeds of 0.25 to 0.5 m/s. Slopes of rotary-dryer shells vary from 0 to 8 cm/m. In some cases of cocurrent-flow operations, negative slopes have been used. The radial flight heights in a direct dryer will range from one-twelfth to one-eighth of the dryer diameter. The number of flights will range from  $0.6 D$  to  $D$ , where  $D$  = diameter, m, for dryers larger than

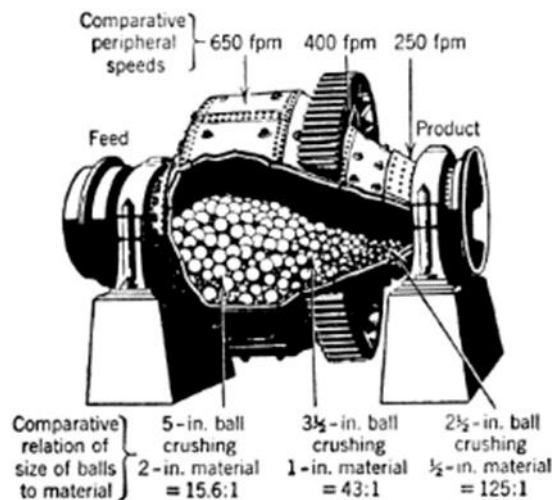
$$S = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times t} \quad (\text{Perry's 7ed, chap.12-58})$$

$$= \frac{0,19 \times 5,01 \text{ ft}}{24,9923 \text{ rpm} \times 1,25 \text{ ft} \times 0,10123 \text{ menit}}$$

$$= 0,3004 \text{ ft/ft}$$

### 16. Ball Mill (BM-3151)

- Fungsi : Mengecilkan ukuran  $\text{CaCO}_3$  (PCC)  
 Tipe : Silinder horizontal  
 Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (SA-240)*  
 Jumlah : 1 unit  
 Gambar :



Data

- Laju Alir Umpan : 12.857,89 kg/jam  
 : 12,86 ton/jam  
 Tekanan : 1 atm

Temperatur : 30°C

Menurut tabel wallas halaman 368 Tabel 12.5, didapatkan spesifikasi ball mill sebagai berikut :

Kapasitas : Up to 10-300 ton/hari  
 Daya : 10 Hp  
 Feeding Size : 1-10 mm  
 Product Size : 325 mesh  
 Berat Bola : 2400 lbs  
 Kecepatan Putar : 39,8 rpm  
 Panjang : 3 in  
 Lebar : 24 in

**TABLE 12.5. Operating Ranges for Commonly Used Size Reduction Equipment**

Equipment	Size of Feed (mm)	Size of Product (mm)	Reduction Ratio	Capacity (tons/hr)	Power Consumption (kW)
Gyratory crushers	200-2000	25-250	8	100-500	100-700
Jaw crushers	100-1000	25-100	8	10-1000	5-200
Cone crushers	50-300	5-50	8	10-1000	20-250
Impact breakers	50-300	1-10	40	10-1000	100-2000
Rod mills	5-20	0.5-2	10	20-500	100-4000
Ball mills	1-10	0.01-0.1	100	10-300	50-5000
Hammer mills	5-30	0.01-0.1	400	0.1-5	1-100
Jet mills	1-10	0.003-0.05	300	0.1-2	2-100

**(b) Hardinge Conical Ball Mills in Continuous Wet Grinding; Dry Grinding Rates Are 10-20% Less**

Size	—Weight of—		Weight of Balls Maximum (lbs)	Rpm*	Motor (max. hp)	Capacity (tons per 24 hrs)		
	Mill	Lining				1 1/2-in to 10 mesh	1/2-in to 100 mesh	1/4-in to 98% -325 mesh
3' x 24"	3,050	2,400	2,400	39.8	10	32	12	4
5' x 22"	10,200	8,000	8,300	30.4	40	140	49	19
6' x 36"	17,100	11,700	17,500	27.7	75	282	97	38
8' x 48"	29,000	23,000	43,500	23.8	200	820	274	108
10' x 66"	50,600	35,000	83,500	21.2	450	1,900	632	249

(Hardinge Co.).

## B. Peralatan Utilitas

### 1. Pompa (P-1001)

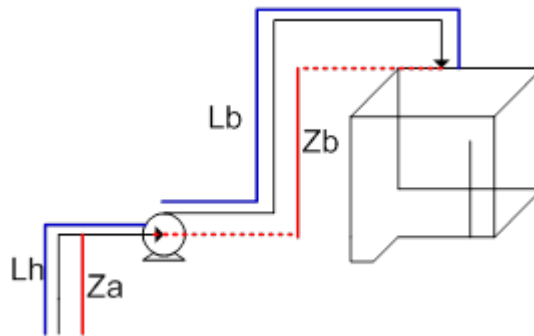
Fungsi : Mengalirkan air sungai ke bak penampungan

Tipe : *Centrifugal Pump*

Bahan Konstruksi : *Commercial Steel Pipe*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Daya pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau

$$\eta W_p = \left( \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left( \frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = \%$$

(Peters, Fig. 14.37)



Data :

- Laju alir massa,  $m$  :  $931.187 \frac{kg}{jam}$   
:  $2.052.895 \frac{lb}{jam}$
- Densitas,  $\rho$  :  $1000 \text{ kg/m}^3$   
:  $62,43 \text{ lb/ft}^3$
- Viskositas,  $\mu$  :  $0,0005 \text{ lb/ft.s}$
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk,  $Z_a$  :  $2 \text{ m} = 6,56 \text{ ft}$
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar,  $Z_b$  :  $4 \text{ m} = 13,12 \text{ ft}$
- Panjang pipa hisap,  $L_s$  :  $8 \text{ m} = 24,8 \text{ ft}$
- Panjang pipa buang,  $L_d$  :  $9,6 \text{ m} = 31,4 \text{ ft}$
- Faktor keamanan 10%

### Laju alir volumetrik, $Q_v$

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{m}{0,9} \\ &= \frac{2.052.895 \text{ lb/jam}}{0,9} \\ &= 2.280.994,4 \text{ lb/jam} \\ &= 63,4 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{Q_p}{\rho} \\ &= \frac{63,49 \text{ lb/s}}{62,434 \text{ lb/ft}^3} = 1,04 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

### Diameter optimum, $D_{opt}$

Asumsi aliran turbulen

$$\begin{aligned} D_{opt} &= 3,9 * Q_v^{0,45} * \rho^{0,13} && \text{(Peter, Pers 14.15)} \\ &= 3,9 * (1,04)^{0,45} * (62,43)^{0,13} \\ &= 7 \text{ in} = 8 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan App 5 Mc. Cabe, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut :

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	8 in sch 40	
OD	8,625 in = 0,7 ft	8,625 in = 0,7 ft
ID	7,981 in = 0,7 ft	7,981 in = 0,7 ft
a''	0,3474 ft <sup>2</sup>	

### Kecepatan aliran, V

V<sub>a</sub> = V<sub>b</sub>, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a''}$$

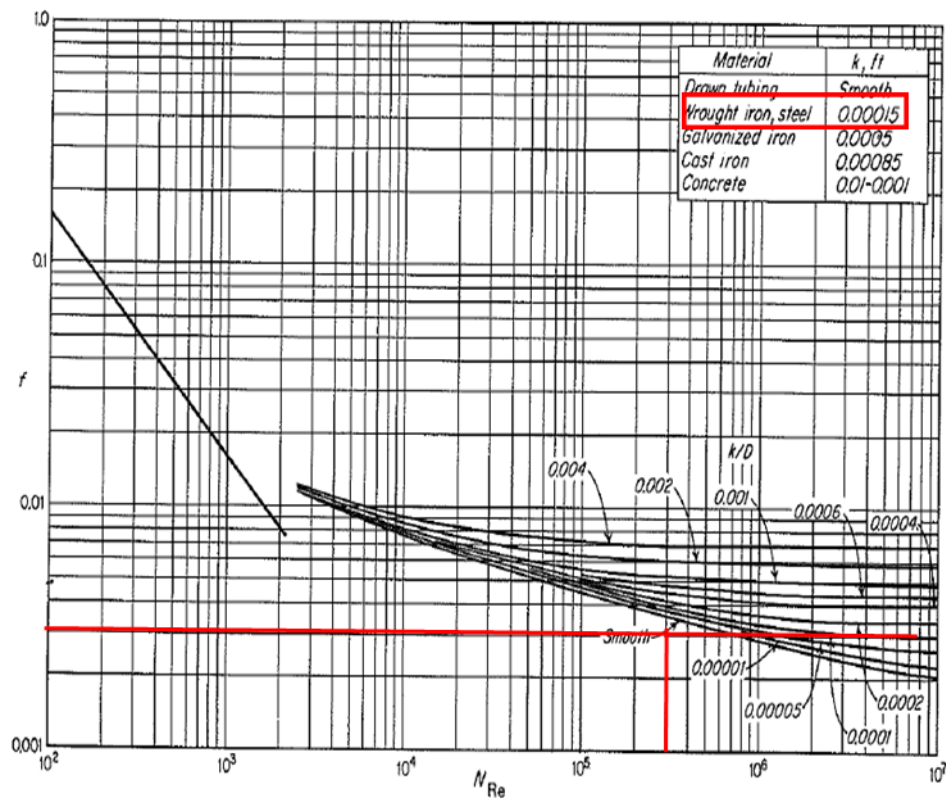
$$= \frac{1,04 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,3474 \text{ ft}^2} = 2,9 \text{ ft/dt}$$

$$\frac{V^2}{2g_c} = \frac{(2,9)^2}{2 \times 32,17} = 0,13 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

### Bilangan Reynolds, N<sub>Re</sub>

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

$$= \frac{62,43 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 2,9 \frac{\text{ft}}{\text{dt}} \times 0,7 \text{ ft}}{0,0005 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}} = 262.180,1$$



(Mc. Cabe Hal 120)

## Rugi Gesek

### - Pipa hisap (*suction*)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsa} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

$$= \frac{0,6651 \text{ ft}}{4} = 0,16635 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *Commercial Steel Pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 ft}{0,16635 ft} = 0,0002$$

$$f = 0,004 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned} h_{fsa} &= 0,004 \times \frac{24,8+30+8 ft}{0,1663 ft} \times 0,13 ft \cdot lb_f/lb \\ &= 0,2 ft \cdot lb_f/lb \end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting*

$$h_{ffa} = K_f \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f (\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f (\text{gate valve}) = 0,2$$

$$\text{Total } K_f = 0,9 + 0,2 = 1,1$$

Maka,

$$\begin{aligned} h_{ffa} &= 1,1 \times 0,13 ft \cdot lb_f/lb \\ &= 0,15 ft \cdot lb_f/lb \end{aligned}$$

#### - **Pipa buang (*discharge*)**

Pada pipa buang, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

- Rugi gesek akibat kulit

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

$$= \frac{0,6651 ft}{4} = 0,1663 ft$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{1,3 \text{ ft}} = 0,0002$$

$$f = 0,004 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

Maka,  $\Delta L + L_e$  (panjang ekuivalen pada fitting/valve)

$$\begin{aligned} h_{fsb} &= 0,004 \times \frac{31,4+30+340 \text{ ft}}{0,1663 \text{ ft}} \times 0,13 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb} \\ &= 1,3 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- Rugi gesek akibat *fitting* dan *valve*

$$h_{ffb} = K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f (\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f (\text{globe valve}) = 10 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$\text{Total } K_f = 3 \times 0,9 + 1 \times 10 = 12,7$$

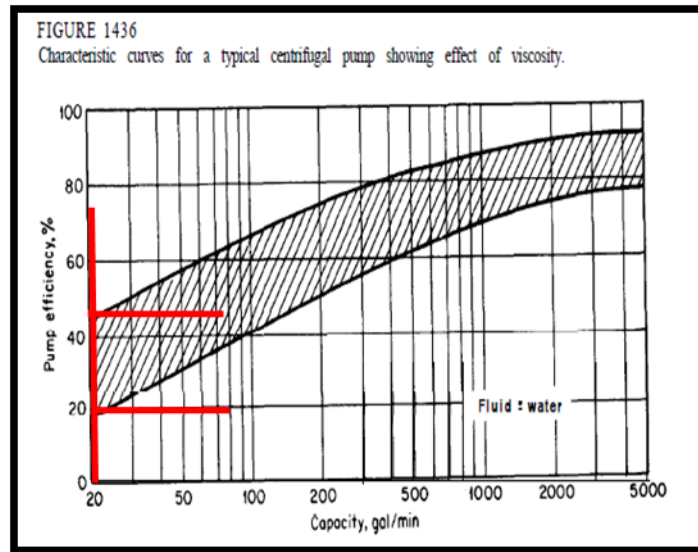
Maka,

$$\begin{aligned} h_{ffb} &= 12,7 \times 0,13 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb} \\ &= 1,7 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$\begin{aligned} &= h_{f_{sa}} + h_{f_{sb}} + h_{f_{fa}} + h_{f_{fb}} \\ &= (0,2 + 0,15 + 1,3 + 1,7) \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \\ &= 1,6 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

- **Daya Pompa**



$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0,33 W_p = (13,12 - 6,56) \text{ft} + 1,6 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$W_p = 25,2 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p \times m}{550}$$

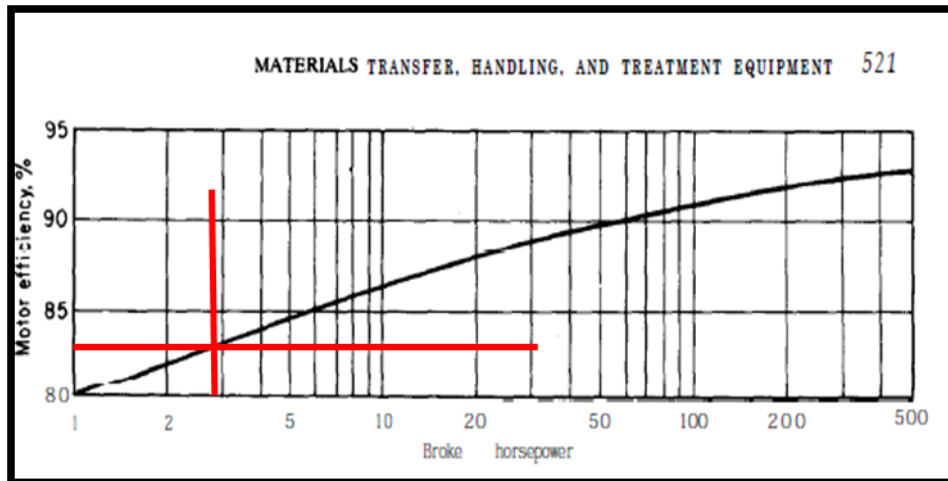
$$= \frac{25,2 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb} \times 63,4 \text{ lb} / \text{dt}}{550}$$

$$= 2,9 \text{ HP}$$

**Daya motor (MHP)**

$$\text{MPH} = \frac{\text{BHP}}{\eta}$$

$$\eta = 84\%$$



(Peters, Fig 14.38)

$$\text{MPH} = \frac{2,9 \text{ HP}}{0,84}$$

$$= 3,5 \text{ HP}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh daya pada masing-masing pompa untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.2 di bawah ini :

**Tabel C.2** Daya Pompa pada Peralatan Proses

Dari	Ke	Kode Pompa	Daya (HP)
BP-1101	BPR-2102	P-1002	3
TP-2201	BPR-2102	P-1003	4,5
TP-2202	BPR-2102	P-1004	3,8
TP-2203	BPR-2102	P-1005	4,1
BPR-2102	SF-2301	P-1006	4,1
SF-2301	BP-2103	P-1007	1,7
BP-2103	ST-3401	P-1008	2,8
ST-3401	TD-3501	P-1009	6,4
TD-3501	CT-3601	P-1010	3,7
TD-3501	DE-3701	P-1012	1
DE-3701	B-3801	P-1014	1

## 2. Bak Penampung Air Sungai (BP-1101)

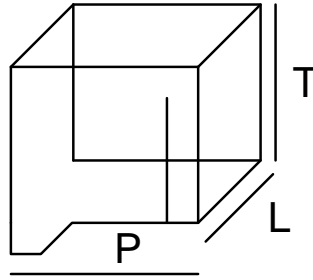
Fungsi : Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang

Jumlah : 1 buah

Konstruksi : Beton bertulang

Gambar :



Data :

- Laju alir massa,  $m$  : 931.187 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  : 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Waktu tinggal : 24 jam

### Laju alir volumetrik, $Q$

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{931.1873 \frac{kg}{jam}}{1000 \frac{kg}{m^3}} = 931,187 \text{ m}^3/jam$$

### Dimensi bak

$$\text{Volume bak} = \frac{931,2 \text{ m}^3}{0,9} = 1.035 \text{ m}^3$$

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu  $P : L : T = 3 : 2 : 1$

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$1.035 \text{ m}^3 = 3T \times 2T \times T$$

$$6T^3 = 1.035 \text{ m}^3$$

$$T = 5,6 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 3T = 16,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2T = 11,1 \text{ m}$$

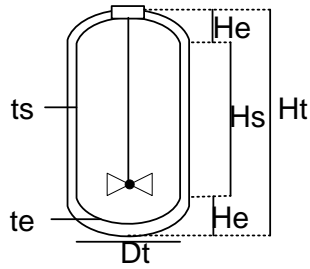
### 3. Tangki Pelarutan Alum (TP-2201)

Fungsi : Tempat melarutkan alum ( $Al_2(SO_4)_3$ )

Jenis : Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal

Gambar :





Data :

- Laju alir = 931.187 kg/j = 1.052.894,9 lb/jam
- Densitas campuran,  $\rho$  = 1.620 kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas campuran,  $\mu$  = 0,012 lb/ft.dtk
- Faktor keamanan 10%

### Kebutuhan Alum

Kekeruhan air sungai lubuk minturun yaitu rata-rata sebesar 25 NTU (SLHD Sumatera Barat, 2019)

Berdasarkan jurnal ISSN :2337-3539, untuk kekeruhan 22,5-30 NTU penggunaan alum yaitu sebesar 20 mg/ltr = 0,00002 kg/ltr air

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alum} &= 0,00002 \text{ kg/ltr air} \times 574.806,8 \text{ l/jam} \\ &= 11,5 \text{ kg/jam} \\ &= 275,9 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Alum yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 25% berat.

$$\text{Berat larutan alum} = \frac{275,9 \text{ kg/hari}}{0,25} = 1.103,63 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume alum 25\%} = \frac{1.103,6 \text{ kg/hari}}{1.620 \text{ kg/m}^3} = 0,7 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$\text{Volume alum total} = \frac{0,7 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,9} = 0,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### Kapasitas Tangki

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan} &= 0,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} \\ &= 5,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= 5,3 \text{ m}^3 / 0,9 \\ &= 5,9 \text{ m}^3\end{aligned}$$

**Dimensi tangki,**

- **Volume silinder,  $V_s$**

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s \qquad H_s = D_t$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3 = 0,785 D_t^3$$

- **Volume ellipsoidal,  $V_e$**

$$V_e = 0,1308 D_t^3 \qquad H_e = 1/4 D_t \quad (\text{Wallas Tabel 18.5, hal650})$$

- **Diameter Tangki,  $D_t$**

$$V_r = V_s + 2 V_e$$

$$\begin{aligned}V_r &= (0,785 D_t^3) + 2(0,1308 D_t^3) \\ &= 0,92 D_t^3\end{aligned}$$

$$D_t^3 = \frac{V_t}{V_r}$$

$$= \frac{5,9}{0,92}$$

$$D_t = \sqrt[3]{6,9}$$

$$= 1,9 \text{ m} = 6,1 \text{ ft} = 73,2 \text{ in}$$

- **Tinggi tangki,  $H_r$**

Tinggi silinder,

$$H_s = D_t = 1,9 \text{ m}$$

Tinggi Ellipsidal,

$$H_e = \frac{1}{4} D_t = 0,46 \text{ m}$$

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 2 m.

Tinggi total,

$$H_b = t \text{ silinder} + 2 t \text{ ellipsoidal} + (2 - t \text{ ellipsoidal})$$

$$= 4,3 \text{ m}$$

- **Tinggi Cairan,  $H_c$**

$$H_c = \frac{\text{Volume Cairan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_t$$

$$H_c = \frac{5,3}{5,9} \times 4,3 \text{ m}$$

$$= 3,9 \text{ m}$$

- **Tekanan Cairan,  $P_c$**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_c = 1620 \text{ kg/m}^3 \times 9.810 \text{ m/s} \times 3,9 \text{ m}$$

$$= 61.786,3 \text{ kg/m dt}^2$$

$$= 0,6 \text{ atm}$$

- **Tekanan Disain,  $P_d$**

$$P_d = P_{\text{operasi}} \times P_c$$

$$= 1 \text{ atm} + 0,6 \text{ atm}$$

$$= 1,6 \text{ atm}$$

$$= 23,5 \text{ psi}$$

- **Tebal dinding tangki,  $t_d$**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 23,5 psi
- Jari-jari tangki, R : 36,6 in
- Allowable stress, S : 11500 psi (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Tahun digunakan : 10 tahun

Maka,

$$t_d = \frac{23,5 \text{ psi} \times 36,6 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 23,5 \text{ psi})} + 0,002 \text{ in/thn} \times 10 \text{ thn}$$

$$= 0,003 \text{ m}$$

- **Tebal dinding alas *ellipsoidal*,  $t_e$**

$$t_e = \frac{PD_t}{2(SE - 0.2P)} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

$$= \frac{23,5 \text{ psi} \times 74,85 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 0.85) - (0.6 \times 23,5 \text{ psi})} + 0.002 \frac{\text{in}}{\text{thn}} \times 10 \text{ thn}$$

$$= 0,0006 \text{ m}$$

### **Desain pengaduk**

Untuk umpan dengan viskositas  $\leq 4.000$  cP, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun 3 (Walas, hal 288)

Untuk mencegah *vortex*, maka pada *dissolved* tangki dipasang *buffle*

$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$
$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$	$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$

(Mc. Cabe, hal 264)

- **Diameter pengaduk,  $d$**

$$D_a = \frac{D_t}{3}$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

- **Panjang daun pengaduk,  $L$**

$$L = \frac{D_a}{4}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

- **Lebar daun pengaduk,  $W$**

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

- **Tinggi pengaduk dari dasar tangki,  $E$**

$$E = D_a$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

- **Lebar *buffle*,  $J$**

$$J = \frac{D_t}{12}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

- **Kecepatan putar pengaduk, N**

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{Dt}{Da}\right) \quad (\text{Robert E-Trybal, pers 6.18, hal 171})$$

$$\sigma = 72,75 \text{ dyn/cm}$$

$$= 72,75 \text{ g/s}^2$$

$$= 0.05 \text{ lbf/ft}$$

$$g_c = 32.17 \text{ ft/dt}^2$$

Maka,

$$N = \frac{\left(1,22 + 1,25 \left(\frac{Dt}{Da}\right) \times \left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}\right)}{Da}$$

$$= 1,4 \text{ rps}$$

- **Daya pengadukan, P**

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

$$= \frac{101,14 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 1,4 \text{ rps} \times (2)^2}{0,01250 \frac{\text{lb}}{\text{ft dt}}} \quad (\text{MC. Cabe Per 19.17, hal 270})$$

$$= 47.610,7$$

Karena  $N_{Re} > 10000$ , maka

$$P = \frac{K_T N^3 Da^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.24, hal 274})$$

$$K_T = 0.87 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 9.23, hal 275})$$

$$P = \frac{0.87 \times (1,4 \text{ rps})^3 \times (2)^5 \times 101,14}{32.17} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ ft lbf/s}}$$

$$= 273,8 \text{ lb/ft dt}$$

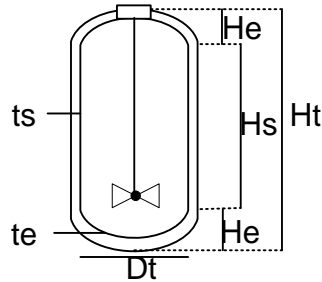
$$= 0,5 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80 \%$$

$$\text{Daya Motor} = \frac{0,5 \text{ hp}}{0.80} = 1,7 \text{ hp} \approx 2 \text{ hp}$$

#### 4. Tangki Pelarutan Kapur Tohor (TP-2202)

- Fungsi : Tempat melarutkan kapur tohor ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )  
Jenis : Silinder vertikal dengan alas dan tutup *ellipsoidal*  
Konstruksi : *Stainless Steel*  
Gambar :



Data :

- Laju alir = 931.187 kg/jam = 2.052.895 lb/jam
- Densitas campuran,  $\rho$  = 3.340 kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas campuran,  $\mu$  = 0,00074 lb/ft.dtk
- Faktor keamanan 10%

#### Kebutuhan kapur tohor

Kekeruhan air sungai lubuk minturun yaitu rata-rata sebesar 25 NTU  
(SLHD Sumatera Barat, 2009)

Berdasarkan jurnal Muhammad arif fahrurozi 2015, penggunaan kapur tohor dosis optimum yaitu sebesar 15 mg/ltr = 0,000015 kg/ltr air

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan kapur tohor} &= 0,000015 \text{ kg/ltr air} \times 278.798,5 \text{ l/jam} \\ &= 4,2 \text{ kg/jam} \\ &= 100,4 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Kapur tohor yang digunakan berupa larutan kapur tohor dengan konsentrasi 40% berat.

$$\text{Berat larutan kapur tohor} = \frac{100,4 \text{ kg/hari}}{0,40} = 290,9 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume kapur tohor 40\%} = \frac{290,9 \text{ kg/hari}}{3.340 \text{ kg/m}^3} = 0,075 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$\text{Volume kapur tohor total} = \frac{0,075 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,9} = 0,08 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### **Kapasitas tangki**

Kebutuhan kapur tohor direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= 0,08 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} \\ &= 0,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### **Dimensi tangki**

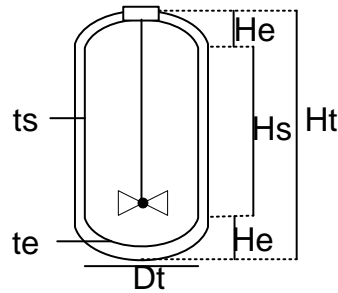
- Diameter Tangki = 0,9 m
- Tebal silinder = 0,02 m
- Tebal alas dan tutup = 0,02 mm
- Tinggi tangki dengan kaki = 3,3 m

### **Dimensi pengaduk**

- Diameter pengaduk = 0,3 m
- Panjang daun pengaduk = 0,07 m
- Lebar daun pengaduk = 0,06 mm
- Tinggi pengaduk = 0,3 m
- Lebar baffle = 0,07 m
- Kecepatan pengaduk = 2,5 rps
- Daya pengaduk = 0,1 Hp
- Daya motor = 0,2 Hp

## **5. Tangki Pelarutan Kaporit (TP-2203)**

- Fungsi : Tempat melarutkan kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )
- Jenis : Silinder vertikal dengan alas dan tutup *ellipsiodal*
- Konstruksi : *Stainless Steel*
- Gambar :



Data :

- Laju alir = 931.187 kg/jam = 2.052.895 lb/jam
- Densitas campuran,  $\rho$  = 2.350 kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas campuran,  $\mu$  = 0,00074 lb/ft.dtk
- Faktor keamanan 10%

### Kebutuhan kaporit

Kekeruhan air sungai lubuk minturun yaitu sebesar 25 NTU (SLHD Sumatera Barat, 2014)

Berdasarkan jart test PDAM, penggunaan kaporit dosis optimum yaitu sebesar 20 mg/ltr =  $2 \times 10^{-5}$  kg/ltr air

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alum} &= 2 \times 10^{-5} \text{ kg/ltr air} \times 396.249,8 \text{ l/jam} \\ &= 7,9 \text{ kg/jam} \\ &= 190,2 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kaporit yang digunakan berupa larutan kaporit dengan konsentrasi 40% berat.

$$\text{Berat larutan kaporit} = \frac{190,2 \text{ kg/hari}}{0,4} = 475,5 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume kaporit 40\%} = \frac{475,5 \text{ kg/hari}}{2.350 \text{ kg/m}^3} = 0,20 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$\text{Volume kaporit total} = \frac{0,20 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,9} = 0,22 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### Kapasitas tangki

Kebutuhan kaporit direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari



$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= 0,22 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} \\ &= 1,7 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### Dimensi tangki

- Diameter Tangki = 1,2 m
- Tebal silinder = 0,002 m
- Tebal alas dan tutup = 0,002 m
- Tinggi tangki dengan kaki = 3,9 m

### Dimensi pengaduk

- Diameter pengaduk = 0,4 m
- Panjang daun pengaduk = 0,1 m
- Lebar daun pengaduk = 0,08 mm
- Tinggi pengaduk = 0,4 m
- Lebar baffle = 0,1 m
- Kecepatan pengaduk = 1,9 rps
- Daya pengaduk = 0,2 Hp
- Daya motor = 0,3 Hp

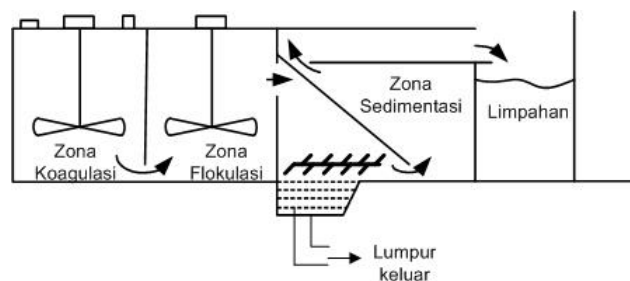
## 6. Unit Pengolahan Raw Water (BPR-2102)

Fungsi : Tempat pencampuran, pembentukan dan pengendapan flok-flok yang terkandung dalam air

Bentuk : Persegi panjang

Konstruksi : semen

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, m = 931.187 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  =  $997 \text{ kg/m}^3 = 62,24271 \text{ lb/ft}^3$

- Viskositas,  $\mu$  = 0,0089 cP = 0,00055 lb/ft.dtk
- Waktu tinggal = 2 jam
- Faktor keamanan 10%

### Kapasitas bak

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{931.1873 \text{ kg/jam}}{62,24271 \text{ kg/m}^3} = 933,9 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

$$\text{Kapasitas bak} = \frac{933,9 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 2 \text{ jam}}{0,9} = 2.075,5 \text{ m}^3$$

### Dimensi bak

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu P : L : T = 4 : 1 : 1

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$2.075,5 \text{ m}^3 = 4T \times T \times T$$

$$6T^3 = 2.075,5 \text{ m}^3$$

$$T = 7,01 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 3T = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2T = 14,03 \text{ m}$$

#### a. Bak Pencampur

##### Volume bak pencampur

Direncanakan panjang bak pencampur adalah 20% dari panjang bak unit pengolahan *raw water*.

$$\text{Panjang bak pencampur} = 20\% \times 21,05 \text{ m} = 4,2 \text{ m}$$

Sehingga ukuran bak pencampur adalah

$$\text{Panjang} = 4,2 \text{ m} = 13,8 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar} = 14,03 \text{ m} = 46,1 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 7,02 \text{ m} = 23,02 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pencampur} &= P \times L \times T \\ &= 415,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Perencanaan sistem pengaduk

#### Dimensi Pengaduk

- Diameter impeller = 4,7 m
- Panjang daun pengaduk = 1,2 m
- Lebar daun pengaduk = 0,9 m
- Tinggi impeler dari dasar tangki = 4,7 m
- Lebar *baffle* = 1,2 m
- Kecepatan pengadukan = 0,1 rps
- Daya pengadukan = 5,7 hp
- Daya motor = 6,7 hp

#### b. Bak Pembentukan Flok

##### Volume bak pembentukan flok

Direncanakan panjang bak pembentukan flok adalah 20% dari panjang bak unit pengolahan *raw water*.

$$\text{Panjang bak pembentukan flok} = 20\% \times 21,05 \text{ m} = 4,2 \text{ m}$$

Sehingga ukuran bak pembentukan flok adalah

Panjang	= 4,2 m	= 13,8 ft
Lebar	= 14,03 m	= 46,1 ft
Tinggi	= 7,02 m	= 23,02 ft

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pencampur} &= P \times L \times T \\ &= 415,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Perencanaan sistem pengaduk

#### Dimensi Pengaduk

- Diameter impeller = 4,7 m
- Panjang daun pengaduk = 1,2 m
- Lebar daun pengaduk = 0,9 m
- Tinggi impeler dari dasar tangki = 4,7 m
- Lebar *baffle* = 1,2 m

- Kecepatan pengadukan = 0,1 rps
- Daya pengadukan = 5,7 hp
- Daya motor = 6,7 hp

### c. Bak Sedimentasi

#### Volume bak sedimentasi

Direncanakan panjang bak sedimentasi adalah 30% dari panjang bak unit pengolahan *raw water*.

$$\text{Panjang bak sedimentasi} = 30\% \times 21,1 \text{ m} = 6,3 \text{ m}$$

Sehingga ukuran bak sedimentasi adalah

$$\text{Panjang} = 6,3 \text{ m} = 20,7 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar} = 14,04 \text{ m} = 46,1 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 7,02 \text{ m} = 23,03 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak sedimentasi} &= P \times L \times T \\ &= 622,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### d. Bak Penampung Berpelampung (*Float Chamber*)

Direncanakan panjang bak pelampung adalah 30% dari panjang bak unit pengolahan *raw water*.

$$\text{Panjang bak pelampung} = 30\% \times 21,1 \text{ m} = 6,3 \text{ m}$$

Sehingga ukuran bak pelampung adalah

$$\text{Panjang} = 6,3 \text{ m} = 20,7 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar} = 14,04 \text{ m} = 46,1 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 7,02 \text{ m} = 23,03 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pelampung} &= P \times L \times T \\ &= 622,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## 7. Sand Filter (SF-2301)

Fungsi : Menyaring sisa-sisa flok yang berasal dari bak penampung berpelampung (*float chamber*)

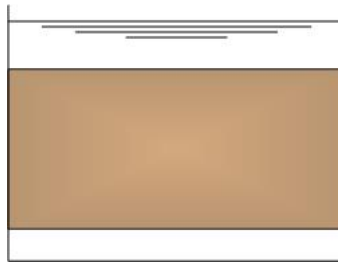
Bentuk : Persegi panjang

Konstruksi : beton bertulang

Isi : pasir silica, karbon dan batu-batu kecil

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir massa,  $m$  = 931.187 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  = 997 kg/m<sup>3</sup> = 62,24271 lb/ft<sup>3</sup>
- Waktu tinggal = 1 jam
- Faktor keamanan 10%

### Kapasitas bak

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{931.1877 \frac{kg}{jam}}{997 \frac{kg}{m^3}} = 933,989 \text{ m}^3/jam$$

Faktor keamanan 10%

$$\text{Kapasitas bak} = \frac{933,9 \frac{m^3}{jam} \times 1 \text{ jam}}{0,9} = 1.037,8 \text{ m}^3$$

### Kondisi filter

Porositas unggun,  $\varepsilon = 0,4$

Air yang terisi dalam unggun 80% dari air masuk.

Volume ruang kosong = Volume yang terisi air

Volume unggun = V air yang mengisi unggun + V partikel

$$\begin{aligned} \text{Air yang mengisi unggun} &= 80\% \times 1.037,8 \text{ m}^3 \\ &= 830,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume partikel} = \frac{830,2 \text{ m}^3}{0,4} = 2.075,5 \text{ m}^3$$

Maka, volume unggun = (830,2 + 2.075,5) m<sup>3</sup> = 2.905,7 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang tidak mengisi unggun} &= 20\% \times \text{volume unggun} \\ &= 581,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= V \text{ unggun} + V \text{ air yang tidak mengisi unggun} \\ &= 2.905,7 \text{ m}^3 + 581,1 \text{ m}^3 = 3.486,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### **Dimensi bak *sand filter***

Perbandingan dimensi bak *sand filter* yaitu P : L : T = 3 : 2 : 1

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$3.486,9 \text{ m}^3 = 3T \times 2T \times T$$

$$6T^3 = 3.486,9 \text{ m}^3$$

$$T = 8,3 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 3T = 25,03 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2T = 16,7 \text{ m}$$

#### **8. Bak Penampung Air Bersih**

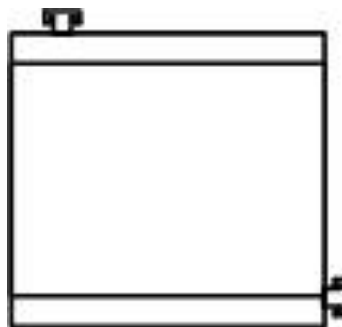
Fungsi : Menampung air bersih hasil penyaringan di *sand filter*

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang

Jumlah : 1 unit

Konstruksi : Beton bertulang

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, m : 931.187 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  : 997 kg/m<sup>3</sup>
- Waktu tinggal : 24 jam
- Viskositas,  $\mu$  : 0,00899 cP = 6,0413 lb/ft.dt.s

- Faktor keamanan : 0,1

### Laju alir volumetrik, Q

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{931.187 \frac{kg}{jam}}{997 kg/m^3} = 933,989 m^3/jam$$

### Volume bak

Faktor keamanan 10%

$$V = \frac{933,989 m^3/jam}{0,9} = 1.037,8 m^3$$

### Dimensi bak

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu P : L : T = 3 : 2 : 1

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$1.037,8 m^3 = 3T \times 2T \times T$$

$$6T^3 = 1.037,8 m^3$$

$$T = 5,6 m$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

Panjang = 16,7 m

Lebar = 11,1 m

## 9. Softener Tank (Kation + Anion Exchanger)

Fungsi : Tempat pertukaran kation dan anion dalam air dengan H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dari resin

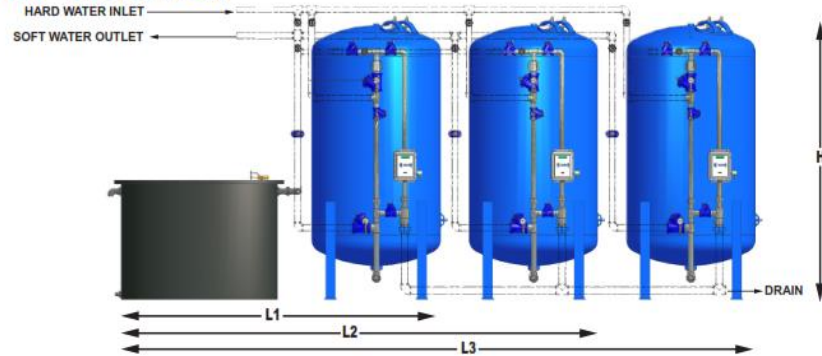
Jenis : Silinder vertikal dengan tutup dan alas *ellipsoidel*

Jumlah : 1 unit

Konstruksi : *Carbon steel with safety blue exterior paint*

Gambar :

### 'MHC' Series - Front View



Data :

- Laju alir massa,  $m$  : 931.187 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  : 997 kg/m<sup>3</sup> = 62,242 lb/ft<sup>3</sup>
- Waktu : 24 jam

### Laju alir volumetrik, Q

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{931.187 \frac{kg}{jam}}{997 \frac{kg}{m^3}} = 933,989 \text{ m}^3/jam$$

Kapasitas :

Faktor keamanan 10%

$$V = \frac{933,989 \text{ m}^3/jam \times 24 \text{ jam}}{0,9}$$

$$= 24.906,4 \text{ m}^3/jam$$

$$= 879.543,7 \text{ ft}^3/jam$$

$$= 117.570 \text{ gal/jam}$$

$$= 1.175 \text{ gal/min}$$

Berdasarkan data kapasitas yang diperoleh, maka dipilih alat *softener tank* tipe MHC-5400-8 dengan spesifikasi sebagai berikut (Marlo-inc.com, 2017)

Laju alir : Up to 1700 GPM

Ukuran pipa : 8 in

Tinggi : 206 in = 5,2 m

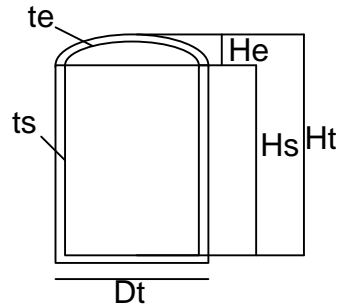
Lebar : 134 in = 3,4 m

Panjang : 123 in = 3,1 m



## 10. Tangki Air Demin

- Fungsi : Tempat penyimpanan air bersih bebas mineral  
Jenis : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsiodal*  
Jumlah : 1 unit  
Konstruksi : *Stainless steel*  
Gambar :



Data :

- Laju alir massa,  $m$  : 1.004.565 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  : 997 kg/m<sup>3</sup> = 62,242 lb/ft<sup>3</sup>
- Waktu tinggal : 1 jam
- Viskositas : 997 cp = 0,6699 lb/ft.s

### Kapasitas tangki

$$V = \frac{m \times t}{\rho}$$
$$= \frac{1.004.565 \frac{kg}{jam} \times 1 jam}{997 kg/m^3} = 1.007,6 m^3 = 35.581,9 ft^3$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$V_t = \frac{1.007,6 m^3}{0,9} = 1.1197,5 m^3 = 39.535,5 ft^3$$

### Dimensi tangki

#### • Volume silinder, $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_e^2 \times H_s \quad H_s = 1,5 D_s$$

Maka  $V_s =$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_e^3 = 3,14 / 4 = 0,785 \text{ Dt}^3$$

- **Volume ellipsoidal,  $V_e$**

$$V_e = \frac{\pi}{6} \times D_e^2 \times H_e \quad H_e = 0,25 D_e$$

Maka,

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{\pi}{24} \times D_e^3 \\ &= \frac{3,14}{24} \times 1,5 \\ &= 0,00204427 \text{ dt}^3 \end{aligned}$$

Maka diameter tangki adalah

$$\begin{aligned} V_t &= V_s + V_e \\ &= 0,785 \text{ Dt}^3 + 0,00204427 \text{ Dt}^3 \\ &= 0,7870 \text{ Dt}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Dt}^3 = \frac{1.119,5 \text{ m}^3}{0,7870 \text{ m}^3} = 1.422,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Dt} = 11,3 \text{ m}$$

- **Tinggi Tangki,  $H_t$**

$$\text{Tinggi silinder, } H_s = \text{Dt} = 11,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tutup dishead, } H_d = 5,6$$

Maka,

$$H_t = H_s + 2 \times H_d$$

$$H_t = 16,9 \text{ m}$$

- **Tinggi Cairan,  $H_c$**

$$H_c = \frac{V_c \times (H_s + 2H_e)}{V_t}$$

$$H_c = \frac{1.007,6 \times 16,9}{1.119,5}$$

$$= 15,2 \text{ m}$$

- **Tekanan Cairan,  $P_c$**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= 997 \text{ kg/m}^3 \times 9.810 \text{ m/s} \times 15,2 \text{ m} \\
 &= 148.343,6 \text{ kg/m dt}^2 \\
 &= 1,4 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

- **Tekanan Design, Pd**

$$\begin{aligned}
 P_d &= P_{\text{operasi}} + P_c \\
 &= 1 \text{ atm} + 1,4 \text{ atm} \\
 &= 1,4 \text{ atm} \\
 &= 35,8 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

- **Tebal dinding tangki, t<sub>d</sub>**

$$t_d = \frac{PR}{SE-0,6P} + C \quad (\text{Peter, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 35,8 psi
- Jari-jari tangki, R : 221,4 in
- *Allowable stress*, S : 11500 psi (Walas, Tabel 4 Hal 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Waktu operasi pabrik : 10 tahun

Maka,

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{35,8 \text{ psi} \times 221,4 \text{ in}}{(11500 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 35,8 \text{ psi})} + (0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 10 \text{ tahun}) \\
 &= 0,8 \text{ in} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Tebal tutup Tangki, t<sub>d</sub>** (Peter, Tabel 18.3)

$$\begin{aligned}
 t_e &= \frac{PD_t}{2SE-0,2P} + C \\
 &= \frac{35,8 \text{ psi} \times 442,8 \text{ in}}{2(11500 \text{ psi} \times 0,85) - (0,2 \times 35,8 \text{ psi})} + (0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 10 \text{ tahun}) \\
 &= 1,02 \text{ in} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

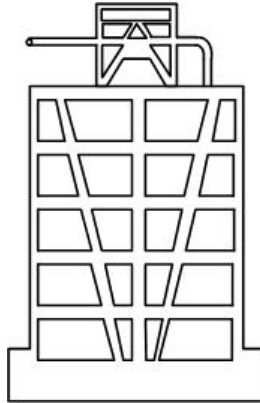
## 11. Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air sirkulasi yang telah dipakai untuk pendinginan

Jenis : *Induced draft cooling tower*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir massa,  $m$  : 84.879 kg/jam
- Densitas,  $\rho$  :  $997 \text{ kg/m}^3 = 62,24 \text{ lb/ft}^3$
- Viskositas : 0,00899 cp = 6,0412 lb/ft.s
- Temperatur masuk :  $50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$
- Temperatur keluar :  $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$
- $h_{\text{udara}} = h_u$  : 22 Btu/lb udara kering
- $h_{\text{air}} = h_a$  : 105 Btu/lb udara kering

Berdasarkan Fig. 12.2 dan Fig. 12.3 Perry's, diperoleh data sebagai berikut :

- Temperatur bola basah :  $65^\circ\text{F}$
- Temperatur bola kering :  $72^\circ\text{F}$
- $T_{\text{av}} = 68,5^\circ\text{F}$

**Laju alir volumetrik,  $W_c$**

$$W_c = \frac{m}{\rho}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{84.879 \frac{kg}{jam}}{997 kg/m^3} = 85,12 \text{ m}^3/jam \\
&= 374,8 \text{ galon/menit}
\end{aligned}$$

*Cooling tower* yang digunakan adalah tipe *induced draft cooling tower* dengan aliran *counter current*.

$$Cooling \ range = 122^\circ F - 86^\circ F = 36^\circ F$$

### **Luas tower, A**

Kandungan air,  $C_a = 1,5 \text{ galon/menit.ft}^2$  (Perry's, Fig 12-14)

$$\begin{aligned}
\text{Luas menara} &= \frac{Wc}{C_a} \\
&= \frac{374,8 \frac{gallon}{menit}}{1,5 \frac{gallon}{menit.ft^2}} = 249,9 \text{ ft}^2
\end{aligned}$$

Factor keamanan 10%

$$\text{Maka, } A = \frac{249,9 \text{ ft}^2}{0,9} = 277,7 \text{ ft}^2$$

### **Daya yang dibutuhkan fan**

Performa standar menara 97%

Maka, daya yang didapatkan = 0,037 HP/ft<sup>2</sup> (Perry's, Fig 12-15)

Sehingga,

$$\begin{aligned}
P_{act} &= 0,037 \text{ HP/ft}^2 \times 277,7 \text{ ft}^2 \\
&= 10,3 \text{ HP}
\end{aligned}$$

### **Dimensi tower**

$$D_t = \frac{A \times \sqrt{Z_t}}{C_t \times \sqrt{C_t}} \quad (\text{Perry's, Pers 12-15})$$

Dengan,  $D_t$  = koefisien bahan menara

$A$  = luas menara

$Z_t$  = tinggi menara

$C_t$  = koefisien performa menara = 5 (Perry's, Hal 12-21)

Untuk menghitung  $D_t$  digunakan persamaan :

$$\frac{W_L}{Dt} = 90,85 \left( \frac{\Delta h}{\Delta T} \right) \sqrt{\Delta t + (0,3124 \Delta h)} \quad (\text{Perry's, Pers 12-16})$$

Dengan  $\Delta h$  = perubahan panas =  $h_a - h_u = 83$  Btu/lb

$\Delta T$  = perubahan temperatur melalui menara

$$= 122^\circ\text{F} - 86^\circ\text{F} = 36^\circ\text{F}$$

$W_L$  = beban air pada menara

$$= 437530,55 \text{ kg/jam} = 964579,9 \text{ lb/jam}$$

$\Delta t$  = T keluar – T bola kering

$$= 14^\circ\text{F}$$

Maka,

$$\frac{187.123,7}{Dt} = 90,85 \left( \frac{83}{36} \right) \sqrt{14 + (0,3124 \times 83)}$$

$$Dt = 141,4 \text{ ft}$$

Direncanakan  $Zt = 1,5 D$

$$Zt^{0,5} = \frac{Dt(Ct\sqrt{Ct})}{A}$$

$$(1,5 D)^{0,5} = \frac{Dt(Ct\sqrt{Ct})}{A}$$

$$(1,5 D)^{0,5} = \left( \frac{141,4 (5\sqrt{5})}{277,7} \right)$$

$$D = 32,4 \text{ ft} = 9,9 \text{ m}$$

Sehingga, tinggi menara =  $1,5 \times 9,9 \text{ m} = 14,8 \text{ m}$

## 12. Deaerator

Fungsi : Menghilangkan gas terlarut dalam air umpan *boiler*

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup dan alas *ellipsoidal*

Konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Air umpan boiler : 7.955 kg/jam = 17.538 lb/jam

Direncanakan akan didesain *duo-tank deaerator* yang mampu mengolah 239.105 lb/jam air umpan boiler.

Berdasarkan kapasitas tersebut, diperoleh data sebagai berikut.

- Tipe : SM 30 D
- Lebar Tangki : 15 in = 0,4 m
- Panjang tangki : 54 in = 1,4 m

Table 1-7. General Information, Duo-Tank Deaerator (Spraymaster Only)

Model No.	Rating lb/hr	Gallons to Overflow 10 Minute Storage	Tank Size
SM7 D	7,000	230/160	36" x 9'0"
SM15 D	15,000	300	48" x 11'6"
SM30 D	30,000	600	54" x 15'0"
SM45 D	45,000	900	60" x 17'3"
SM70 D	70,000	1,400	66" x 22'8"
SM100 D	100,000	2,000	72" x 26'0"
SM140 D	140,000	2,800	84" x 25'0"
SM200 D	200,000	4,000	96" x 26'3"
SM280 D	280,000	5,600	108" x 28'4"

NOTES:  
 Duo-Tank Deaerators have a 10 minute storage capacity in each section.  
 200 and 280 Models use two internal sprays.

(CleaverBrooks "Operation, maintenance, And Parts Manual Deaerator and Surge Controls)

### 13. Boiler

Fungsi : Menghasilkan *steam*

Tipe : *Fire-tube boiler*

Konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data-data :

- Jumlah *steam* dibutuhkan = 7.955 kg/jam
- Kondensat yang diregenerasi = 7.160 kg/jam
- *Steam* yang akan dihasilkan diproduksi 20 % berlebih

Jumlah *steam* yang dihasilkan = 8.839 kg/jam = 19.487 lb/jam

Berdasarkan data jumlah *steam* yang dihasilkan, maka dipilih *boiler* tipe THW-I 70 –NTE 60 dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Efisiensi 92 %
- Temperatur *flue gas* : 175°C
- Tekanan operasi : 10 bar
- Panjang : 5,9 m
- Lebar : 2,5 m
- Tinggi : 4,5 m

Technical data THW-I ... NTE Type	Boiler output kW*	Water content litres	Transport weight bar/kg	Net efficiency %**	L x W x H mm
(23/15)	1500 - 2300	2800	10 / 4500	91.3 - 93.3	3480 x 1750 x 2430
(28/20)	2000 - 2800	3500	10 / 6000	91.4 - 92.9	3980 x 1850 x 2530
(35/25)	2500 - 3300	4500	10 / 6900	91.7 - 93.1	4330 x 1950 x 2630
(40/30)	3000 - 4000	5000	10 / 7600	91.9 - 93.2	4630 x 2000 x 2835
(45/35)	3500 - 4500	5500	10 / 8200	92.1 - 93.2	4780 x 2050 x 2885
(50/40)	4000 - 5000	6500	10 / 10000	92.4 - 93.3	5180 x 2150 x 3065
(55/45)	4500 - 5500	7000	10 / 10800	92.3 - 93.2	5430 x 2200 x 3165
(60/50)	5000 - 6000	8000	10 / 12200	92.4 - 93.2	5480 x 2250 x 3215
(70/60)	6000 - 7000	9000	10 / 13500	92.6 - 93.2	5970 x 2450 x 3505
(80/70)	7000 - 8000	10000	10 / 15000	92.4 - 93.0	6270 x 2550 x 3605
(90/80)	8000 - 9000	11500	10 / 17000	92.6 - 92.9	6570 x 2650 x 3705
(100/90)	9000 - 10000	13000	10 / 18500	92.3 - 92.8	6720 x 2750 x 3910
(120/100)	10000 - 12000	14000	10 / 21000	92.4 - 93.2	7020 x 2850 x 4060
(140/120)	12000 - 14000	15000	10 / 23000	92.2 - 92.9	7220 x 3050 x 4260
(160/140)	14000 - 16000	16500	10 / 26500	92.2 - 92.9	7420 x 3250 x 4460
(180/160)	16000 - 18000	20000	10 / 30500	92.6 - 93.1	7620 x 3350 x 4745
(200/180)	18000 - 20000	25000	10 / 35500	92.8 - 93.2	7920 x 3650 x 5245

Boiler pressure: standard 6 and 10 bar Subject to modifications

\* kW Burner setting full load, air coefficient  $\lambda = 1.1$   
(CO<sub>2</sub> heating oil EL = 13.9%, natural gas = 10.8%).  
Flue gas temperature at nominal output approx. 175° C

\*\* % With a clean boiler, boiler water (average temperature) = 70 °C  
Dimensions and weight: incl. insulation, without burner and other fitted parts

(Hoval Industrial Boilers, Advantages at a glance)



## LAMPIRAN D

### ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dihitung untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik.

#### 1. Perhitungan Jumlah Modal

Prarancangan pabrik *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) untuk industri farmasi dan makanan dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun ini mengolah bahan padat - cair. Dalam hal ini, untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik diperoleh dari hasil perkiraan dengan metoda *percentage delivered equipment cost* (Peters, 1991).

##### 1.1 Perhitungan Harga Alat

Untuk menghitung harga peralatan pada tahun 2026 ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Harga Sekarang} = \text{Harga awal} \times \left( \frac{\text{indeks harga sekarang}}{\text{indeks harga awal}} \right) \quad (\text{Peters, 1991})$$

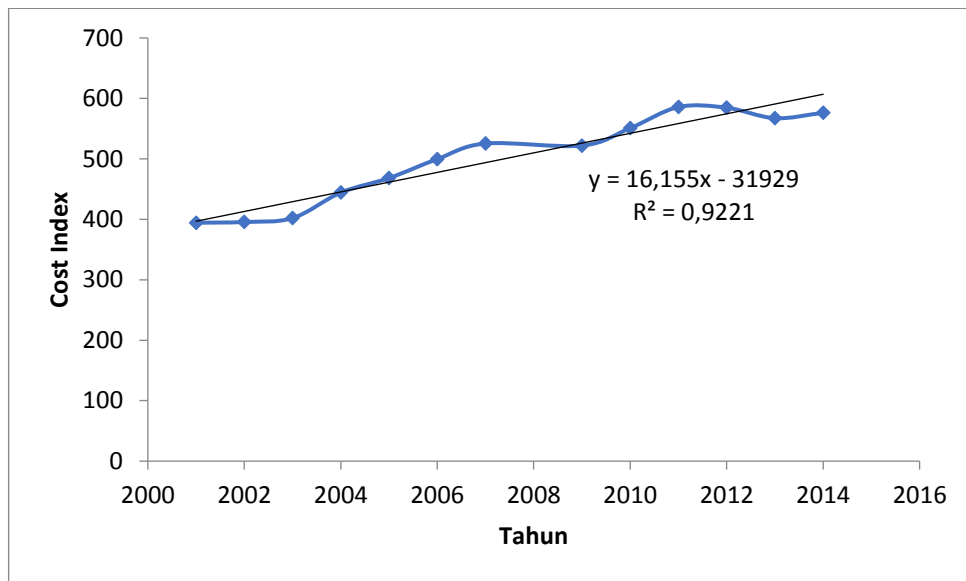
Daftar indeks harga rata-rata tahunan menurut *Engineering Plant Cost* dapat dilihat pada Tabel D.1 dan Gambar D.1 di bawah ini.

**Tabel D.1** Daftar Indeks Harga Rata-Rata Tahunan

Tahun	Indeks Harga (Cost Index)
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1

(Sumber : Chemical Engineering Plant Cost Index, <http://www.chemengonline.com/pci-home>)

Berdasarkan Tabel D.1 maka diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar D.1 sebagai berikut.



**Gambar D.1** Grafik Hubungan *Cost Index* terhadap Tahun

Persamaan yang diperoleh sesuai Gambar D.1 adalah :

$$y = 16,155x - 31929$$

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari harga indeks pada tahun penghitungan dan perancangan pabrik yaitu tahun 2026 yaitu :

$$x = 2014$$

$$y = 576,1$$

$$x = 2026$$

$$y = 16,155(2026) - 31929$$

$$y = 801,0$$

Contoh perhitungan harga peralatan :

Harga *Storage Tank* dengan kapasitas 209,23 m<sup>3</sup> pada tahun 2014 adalah US\$ 195.600

Nilai indeks harga tahun 2014 : 576,1

Nilai indeks harga tahun 2026 : 801,0

Harga satu buah *Storage Tank* tahun 2026 adalah :

$$= 195.600 \times \left( \frac{801,0}{576,1} \right)$$

= US\$ 271.969 = Rp. 3.940.698.022

Diketahui : 1 Dollar = Rp 14.489,5 (17 Juli 2021)

Dengan cara yang sama, diperoleh perkiraan harga peralatan utama dan utilitas seperti yang terlihat pada Tabel D.2 dan Tabel D.3 di bawah ini.

**Tabel D.2** Daftar Perkiraan Harga Peralatan Proses

Komponen	Jumlah	Harga/Unit (US\$)	2014		2026	
			US\$	Rp	US\$	Rp
Continous Washer Conveyor	1	65.700	65.700	951.960.150	91.352	1.323.639.366
Mixer Cutting Machine	1	334.000	334.000	4.839.493.000	464.406	6.729.003.780
Rotary Vacuum Filter	1	229.300	229.300	3.322.442.350	318.827	4.619.642.416
Cooler	1	168.300	168.300	2.438.582.850	234.010	3.390.692.623
Storage Rotary Vacuum Filter	1	700	700	10.142.650	973	14.102.703
Storage CaO	1	195.600	195.600	2.834.146.200	271.969	3.940.698.022
Screw Conveyor	4	8.000	32.000	463.664.000	44.494	644.694.973
Belt Conveyor	1	9.200	9.200	133.303.400	12.792	185.349.805
Reaktor CSTR	1	200.100	200.100	2.899.348.950	278.226	4.031.358.253
Vibrating Screen	2	69.600	139.200	2.016.938.400	193.549	2.804.423.132
Storage Vibrating Screen	1	11.300	11.300	163.731.350	15.712	227.657.912
Gas Conditioning Tower	1	12.000	12.000	173.874.000	16.685	241.760.615
Reaktor PFBR	1	205.600	91.500	1.325.789.250	127.225	1.843.424.688
Storage PFBR	1	91.500	205.600	2.979.041.200	285.874	4.142.165.201
Filter Press	1	206.500	206.500	2.992.081.750	287.125	4.160.297.247

Storage Filter Press	1	51.400	51.400	744.760.300	71.468	1.035.541.300
Rotary Dryer	1	202.900	202.900	2.939.919.550	282.119	4.087.769.063
Ball Mill	1	92.100	92.100	1.334.482.950	128.059	1.855.512.719
Pompa	6	8.900	53.400	773.739.300	74.249	1.075.834.736
Pipa	1	143	143	2.071.999	199	2.880.981
Ware House	2	15.431	30.862	447.174.949	42.912	621.768.008
<b>Total</b>				<b>2.331.805</b>	<b>33.786.688.548</b>	<b>3.242.225</b>
						<b>46.978.217.544</b>

Sumber : ([www.alibaba.com/www.matches.com](http://www.alibaba.com/www.matches.com))

Total harga peralatan proses :

- Harga peralatan proses, A	: US\$	3.242.224,89	= Rp	46.978.217.544
- Biaya transportasi dan asuransi, 12 % A	: US\$	389.066,9868	= Rp	5.637.386.105
- Pajak bea cukai, 10 % A	: US\$	<u>324.222,489</u>	= Rp	<u>4.697.821.754</u> +
<b>Total</b>	<b>: US\$</b>	<b>3.955.514</b>	<b>= Rp</b>	<b>57.313.425.403,90</b>

**Tabel D.3** Daftar Perkiraan Harga Peralatan Utilitas

Komponen	Jumlah	Harga/Unit (US\$)	2014		2026	
			US\$	Rp	US\$	Rp
Pompa air sungai ke Bak Penampung	1	195	233	3.373.990	324	4.691.317
Bak penampungan Air Sungai	1	15.300	18.270	264.728.484	25.404	368.087.932
Pompa bak penampungan ke Raw Water	1	195	233	3.373.990	324	4.691.317
Tangki Pelarutan Alum	1	40.700	48.602	704.212.374	67.577	979.162.016
Pompa Larutan Alum	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Tangki Pelarutan Kapur Tohor	1	40.700	48.602	704.212.374	67.577	979.162.016
Pompa Larutan Kapur Tohor	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Tangki Pelarutan kaporit	1	40.700	48.602	704.212.374	67.577	979.162.016
Pompa Larutan Kaporit	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Unit Pengolahan Raw Water	1	49.300	58.871	853.014.005	81.857	1.186.061.116
Pompa Raw Water ke Sand filter	1	195	233	3.373.990	324	4.691.317
Sand filter	2	34.500	82.396	1.193.873.557	114.566	1.660.004.401
Pompa Sand filter ke Bak Air Bersih	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Bak penampungan air bersih	2	15.300	36.541	529.456.969	50.808	736.175.865
Pompa Bak Air Bersih ke Softener Tank	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Softener tank	1	35.700	42.631	617.699.797	59.275	858.871.842
Pompa ST ke Tangki Air Demin	1	113	135	1.955.184	188	2.718.558
Tangki air demin	1	20.500	24.480	354.701.564	34.038	493.189.713
Pompa air Demin menuju Cooling Tower	1	162	193	2.803.007	269	3.897.402
Cooling Tower	1	97.600	116.548	1.688.725.496	162.053	2.348.064.197
Daerator	1	3.000	3.582	51.907.546	4.981	72.174.104

Boiler	1	212.700	253.994	3.680.245.009	353.162	5.117.144.002
<b>Total</b>			<b>784.820</b>	<b>11.371.645.633</b>	<b>1.091.241</b>	<b>15.811.541.922</b>

Sumber : ([www.alibaba.com/www.matches.com](http://www.alibaba.com/www.matches.com))

Total harga peralatan utilitas :

- Harga peralatan utilitas, B	: US\$	1.091.241,376	= Rp	15.811.541.922
- Biaya transportasi dan asuransi, 12 % B	: US\$	130.948,9652	= Rp	1.897.385.031
- Pajak bea cukai, 10 % B	: <u>US\$</u>	<u>109.124,1376</u>	= Rp	<u>1.581.154.192 +</u>
<b>Total</b>	<b>: US\$</b>	<b>1.331.314,479</b>	<b>= Rp</b>	<b>19.290.081.145,25</b>

Total harga peralatan = harga peralatan proses + harga peralatan utilitas

= US\$ 5.372.120

= Rp 77.839.329.030

## 1.2 Perhitungan Komponen-Komponen Investasi

Perkiraan investasi dihitung dengan menggunakan faktor rasio berdasarkan metode *delivered equipment cost* untuk *solid-fluid processing plant* seperti yang dapat dilihat pada Tabel D.4 di bawah ini.

**Tabel D.4** Perhitungan *Capital Investment* Pabrik PCC

Komponen	%	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
<b>Direct Cost</b>			
Biaya peralatan	<b>100%</b>	5.372.120	77.839.329.030
pemasangan alat	<b>39%</b>	2.095.127	30.357.338.322
instrumentasi dan alat kontrol	<b>13%</b>	698.376	10.119.112.774
pemasangan pipa	<b>31%</b>	1.665.357	24.130.191.999
Pemasangan instalasi listrik	<b>10%</b>	537.212	7.783.932.903
Bangunan	<b>29%</b>	1.557.915	22.573.405.419
Pengembangan area	<b>10%</b>	537.212	7.783.932.903
Fasilitas pelayanan	<b>55%</b>	2.954.666	42.811.630.966
Lahan	<b>6%</b>	322.327	4.670.359.742
<b>Total Direct Cost</b>		15.740.311	228.069.234.058
<b>Indirect Cost</b>			
<i>Engineering and supervision</i>	<b>32%</b>	1.719.078	24.908.585.290
Biaya konstruksi	<b>34%</b>	1.826.521	26.465.371.870
<b>Total Indirect Cost</b>		3.545.599	51.373.957.160
<b>Total DC dan IC</b>		19.285.910	279.443.191.218
Biaya kontraktor	<b>18%</b>	966.982	14.011.079.225
Biaya tidak terduga	<b>36%</b>	1.933.963	28.022.158.451
<b>Fixed Capital Investment</b>		22.186.855	321.476.428.894
<b>Work Capital Investment</b>	<b>15%TCI</b>	3.915.327	56.731.134.511
<b>Total Capital Investment</b>		<b>26.102.182</b>	<b>378.207.563.404</b>

Sumber : Peters, Tabel 17 Hal 183

## 2. Sumber Investasi

Sumber investasi atau permodalan berasal dari modal sendiri dan modal pinjaman bank dengan persentase 50 % - 50 %.

- Modal sendiri = 50 % x 26.102.182 US\$  
= US\$ 13.051.091
- Pinjaman bank = 50% x 26.102.182 US\$  
= US\$ 13.051.091

## 3. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

### 3.1 Biaya Bahan Baku



- CaO (Kebutuhan Utilitas)
  - Kebutuhan : 10,5 kg/jam
  - Harga : US\$ 0,6 /kg
  - $Total\ harga = 10,5 \frac{kg}{jam} \times \frac{24\ jam}{1\ hari} \times \frac{330\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 0,6 /kg$
  - $= US\$ 49.682$
- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>
  - Kebutuhan : 46 kg/jam
  - Harga : US\$ 1,3 /kg
  - $Total\ harga = 46 \frac{kg}{jam} \times \frac{24\ jam}{hari} \times \frac{330\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 1,3 /kg$
  - $= US\$ 473.457$
- Ca(ClO)<sub>2</sub>
  - Kebutuhan : 19,8 kg/jam
  - Harga : US\$ 0,9/kg
  - $Total\ harga = 19,8 \frac{kg}{hari} \times \frac{24\ jam}{hari} \times \frac{330\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 0,9/kg$
  - $= US\$ 141.223$
- CaO (Kebutuhan Produksi)
  - Kebutuhan : 8.690 kg/jam
  - Harga : US\$ 0,6/kg
  - $Total\ harga = 8.690 \frac{kg}{hari} \times \frac{24\ jam}{hari} \times \frac{330\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 0,6/kg$
  - $= US\$ 41.294.880$
- Lidah Buaya
  - Kebutuhan : 34.760 kg/jam
  - Harga : US\$ 0,5 /kg
  - $Total\ harga = 34.760 \frac{kg}{hari} \times US\$ 0,5/kg$
  - $= US\$ 137.649.600$
- CO<sub>2</sub>
  - Kebutuhan : 5.671 kg/jam
  - Harga : US\$ 1 /kg
  - $Total\ harga = 5.671 \frac{kg}{hari} \times \frac{24\ jam}{hari} \times \frac{330\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 1/kg$

= US\$ 44.913.982

Total biaya untuk pembelian bahan baku tiap tahunnya adalah

= US\$ 227.620.974

= Rp 3.298.114.108.811

### 3.2 Gaji Karyawan

Daftar gaji karyawan pra rancangan pabrik PCC dari Kapur Tohor dapat dilihat pada Tabel D.5 di bawah ini.

**Tabel D.5** Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Sistem Gaji	Total/Bulan (US\$)	Total/tahun (US\$)
Dewan Komisaris	2	5 x UMR	208.774	2.505.282
Direktur	1	3,5 x UMR	73.071	876.849
Kepala bagian				
-S2 Teknik Kimia	1	2,5 x UMR	52.193	626.321
-S2 Teknik Industri	1	2,5 x UMR	52.193	626.321
-S2 Teknik Manajemen	1	2,5 x UMR	52.193	626.321
-S2 Teknik Akuntansi	1	2,5 x UMR	52.193	626.321
Karyawan				
-S1 Teknik Manajemen	2	1,5 x UMR	62.632	751.585
-S1 Teknik Akuntansi	3	1,5 x UMR	93.948	1.127.377
-S1 Teknik Lingkungan	1	1,5 x UMR	31.316	375.792
-S1 Teknik Teknik Kimia & Industri	2	1,5 x UMR	62.632	751.585
Sekretaris				
-S1 Teknik Manajemen	1	1,5 x UMR	31.316	375.792
Kepala satpam				
-D3	1	1,2 x UMR	25.053	300.634
Sopir				
-SMA Otomotif	2	1 x UMR	41.755	501.056
Dokter				
-S1 Kedokteran	1	2 x UMR	41.755	501.056
Perawat				
-D3 Keperawatan	2	1 x UMR	41.755	501.056
Karyawan Produksi				
-D3 Teknik kimia	10	1,2 x UMR	250.528	3.006.339
-D3 Teknik industri	5	1,2 x UMR	125.264	1.503.169
-SMA	5	1,2 x UMR	125.264	1.503.169

Karyawan Utilitas				
-D3 Teknik kimia	6	1,2 x UMR	150.317	1.803.803
-D3 Teknik lingkungan	4	1,2 x UMR	100.211	1.202.535
Karyawan Mesin (teknisi)				
-D3 Teknik mesin	3	1,2 x UMR	75.158	901.902
Karyawan laboratorium dan Pengendali Mutu				
a. Laboratorium proses				
-D3 kimia analisis	1	1,2 x UMR	25.053	300.634
-SMK analisis	4	1,2 x UMR	100.211	1.202.535
a. Laboratorium pengendalian mutu				
-D3 kimia analisis	1	1,2 x UMR	25.053	300.634
-SMK analisis	2	1,2 x UMR	50.106	601.268
Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal				
-D3 Teknik elektro	3	1,2 x UMR	75.158	901.902
Satpam				
-SMA	3	1 x UMR	62.632	751.585
Supervisor				
-S1 Teknik kimia	2	2 x UMR	83.509	1.002.113
Office boy				
-SMA	4	1 x UMR	83.509	1.002.113
<b>Total</b>	<b>87</b>		<b>28.560.218</b>	<b>413.823.280.464</b>

### 3.3 Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total

Perhitungan komponen biaya produksi total berdasarkan Table 27 Peter's, dapat dilihat pada Tabel D.6 di bawah ini.

**Tabel D.6** Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total

Parameter	%	Fixed Cost (US\$)	Variable Cost (US\$)
<b>Direct Production Cost (DPC)</b>			
Raw Materials (10-50% TPC)			224.522.824
Operating Labor (10-20% TPC)			27.057.049
Direct Supervisory (10-20% OL)			2.705.705
Utilities (10-20% TPC)	10%		36.142.716,88
Maintenance and Repairs (2-10% FCI)	2%		443.737
Operating Supplies (0,5-1% FCI)	0,50%		2.219
Laboratory Charges (10-20% OL)	10%		2.705.705
Patents and Royalties (0-6% TPC)	1%		224.522.824
<b>Total DPC</b>		-	<b>297.194.227</b>
<b>Fixed Charge</b>			

Depreciation(10% FCI)	10%	2.218.685	
Local Taxes (1-4% FCI)	1,0%	221.869	
Insurance (0,4-1% FCI)	0,4%	88.747	
<b>Total FC</b>		<b>2.529.301</b>	
<b>Plant Overhead Cost</b>	10%		<b>18.071.358</b>
<b>General Expenses</b>			
Administrative cost (2-6% TPC)	2%		7.228.543,38
Distribution Cost (2-20% TPC)	2%		18.071.358,44
Research and Development (5% TPC)	5%		18.071.358,44
Financing (0-10% TCI)	1%		261.022
<b>Total General Expenses</b>			<b>43.632.282</b>
<b>Total Production Cost</b>		<b>2.529.301</b>	<b>358.897.867</b>

$$\begin{aligned} \text{Total Production Cost} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{General Expenses} \\ &= (\text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost}) \end{aligned}$$

$$\text{TPC} = 260.227.562 + 0,28 \text{ TPC}$$

$$0,72 \text{ TPC} = 260.227.562$$

$$\text{TPC} = \text{US\$ } 361.427.169$$

$$= \text{Rp } 5.236.898.962.694$$

Sehingga :

- *Direct Production Cost* = US\$ 297.194.227  
= Rp 4.306.195.750.508
- *Fixed Cost* = US\$ 2.529.301  
= Rp 36.648.312.894
- *Plant Overhead Cost* = US\$ 18.071.358  
= Rp 261.844.948.135
- *General Expenses* = US\$ 43.632.282  
= Rp 632.209.951.157
- *Variable Cost* = US\$ 358.897.867  
= Rp 5.200.250.649.800

#### 4. Harga Penjualan Produk (*Total Sales*)

- *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)  
Kapasitas produksi : 100.000 ton/tahun  
Harga jual pasaran = 3,7 US\$/kg

$$\begin{aligned}
\text{Total penjualan} &= 100.000 \text{ ton/tahun} \times \text{US\$ } 3,7 \text{ US\$/kg} \times 1.000 \\
&= \text{US\$ } 370.000.000 \\
&= \text{Rp } 5.361.115.000.000
\end{aligned}$$

## 5. Analisa Kelayakan Investasi

### 5.1 Laba

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 26.102.182
- Total Penjualan Produk (TS) = US\$ 370.000.000
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 361.427.169
- Laba Sebelum Pajak (Laba Kotor)
  - = Total Penjualan – Biaya Produksi
  - = US\$ 370.000.000 - US\$ 361.427.169
  - = US\$ 8.572.831
  - = Rp 124.216.037.306

Pajak 12.5 % (Dirjen Pajak)

$$\begin{aligned}
\text{Laba Bersih} &= \text{Laba Kotor} - (\text{Laba kotor} \times \text{Pajak}) \\
&= \text{US\$ } 8.572.831 - (12.5 \% \times \text{US\$ } 8.572.831) \\
&= \text{US\$ } 7.501.227 \\
&= \text{Rp } 108.689.032.643
\end{aligned}$$

### 5.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate Of Return*)

$$\begin{aligned}
ROR &= \frac{\text{laba bersih}}{TCI} \times 100 \% \\
&= \frac{\text{US\$ } 7.501.227}{\text{US\$ } 26.102.182} \times 100\% = 59 \%
\end{aligned}$$

### 5.3 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Masa *start up* : 2 tahun

Umur pabrik : 10 tahun

Kapasitas produk pabrik selama beroperasi :

Tahun I : 70%

Tahun II : 90%

Tahun III dan seterusnya : 100%

Keuntungan masing-masing kapasitas setelah ditambah depresiasi

1. Kapasitas 70%
  - = total penjualan 70% - [*fixed cost* + (*variable cost* x 70%)]
  - = US\$ 5.242.191
2. Kapasitas 90%
  - = total penjualan 90% - [*fixed cost* + (*variable cost* x 90%)]
  - = US\$ 7.462.618
3. Kapasitas 100%
  - = total penjualan 100% - [*fixed cost* + (*variable cost* x 100%)]
  - = US\$ 370.000.000

Jumlah keuntungan selama *start up* adalah = US\$ 12.704.809

$$\begin{aligned}
 POT &= 2 + \frac{TCI - \text{jumlah keuntungan selama start up}}{\text{keuntungan saat kapasitas 100\%}} \\
 &= 2 + \frac{\text{US\$ } 26.102.182 - \text{US\$ } 12.704.809}{\text{US\$ } 370.000.000} \\
 &= 3,04 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh POT sebesar 3 tahun.

#### 5.4 Titik Impas (*Break Even Point*)

*Total Sales* = US\$ 370.000.000

*Fixed Cost* = US\$ 2.529.301

*Variabel Cost* = US\$ 337.586.339

$$BEP = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Total Sales} - \text{Variable Cost}} \times 100 \% = 38 \%$$

