

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK *CELLULOSE NANO*  
*CRYSTALS* (CNC) DARI TANDAN KOSONG KELAPA  
SAWIT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 200  
TON/TAHUN**



**Muhammad Afif El Firsti**

**1610017411015**

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

**UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**Maret 2021**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu di muka bumi ini, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pra Rancangan Pabrik *Cellulose Nanocrystals* (CNC) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kapasitas Produksi 200 Ton/ Tahun.

Adapun tujuan penulisan 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, ST, MT, selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Pasymi, ST., MT., selaku Pembimbing II 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 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 Fachrul Rozy selaku *partner* Tugas Akhir penulis. Berkat bantuan dan kerja kerasnya sehingga T.A ini dapat diselesaikan.

7. Rekan-rekan di Teknik Kimia 16 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.
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 Generation Survive SMA-IT Insan Cendekia Boarding School angkatan 1 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.
10. Serta penulis berterimakasih kepada teman – teman yang selakunya tidak dapat penulis sebutkan satu.

Penulis menyadari 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 karya tulis ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Padang, Maret 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kapasitas .....	3
1.2.1. Kebutuhan Pasar di Canada untuk <i>Cellulose Nanocrystals</i> (CNC) ....	3
1.2.2. <b>Ketersediaan Bahan Baku</b> .....	4
1.2.3. <b>Kapasitas Minimum dari Pabrik yang Telah Berdiri</b> .....	5
1.2.4. <b>Kapasitas Produksi Pabrik CNC</b> .....	6
1.3. Lokasi Pabrik.....	6
1.3.1. Alternatif Lokasi I (Tanjung Palas, Dumai Timur, Kota Dumai, Riau) .....	7
1.3.2. Alternatif Lokasi II (Bunut, Kota Kisaran Barat, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara) .....	9
1.3.3. Alternatif Lokasi III (Kumba, Kecamatan Jagoi Babang, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat).....	11
1.3.4. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	13
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>15</b>
2.1. Tinjauan Umum.....	15
2.1.1. Selulosa.....	15

2.1.2.	Hemiselulosa.....	16
2.1.3.	Lignin.....	17
2.1.4.	Teknologi nano (nanotechnology) .....	18
2.1.5.	Nanokristalin Selulosa .....	18
2.2.	Tinjauan Proses.....	19
2.3.	Sifat Fisik dan Kimia.....	22
2.3.1.	Bahan Baku.....	22
2.3.2.	Bahan Penunjang .....	23
2.4.	Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Penunjang dan Produk.....	26
<b>BAB III. TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES .....</b>		<b>29</b>
3.1.	Tahapan Proses dan Blok Diagram.....	29
3.1.1.	Tahapan Proses .....	29
3.1.2.	Blok Diagram.....	29
3.2.	Deskripsi Proses dan <i>Flowsheet</i> .....	31
3.2.1.	Deskripsi Proses.....	31
3.2.2.	<i>Flowsheet</i> Proses Produksi .....	33
<b>BAB IV. NERACA MASSA DAN ENERGI .....</b>		<b>35</b>
4.1.	Neraca Massa.....	35
4.1.1.	Bak Perendaman .....	35
4.1.2.	<i>Shreeder and Press</i> (SP-1401).....	36
4.1.3.	Tangki Pelarutan NaOH .....	37
4.1.4.	<i>Digester</i> (DG-2601).....	37
4.1.5.	<i>Rotary Vacum Filter</i> (RVF-2701) .....	38
4.1.6.	<i>Bleacher I</i> (R-3801).....	39
4.1.7.	<i>Washer I</i> (RVF-3702).....	40
4.1.8.	<i>Bleacher II</i> (R-3802).....	41
4.1.9.	<i>Washer II</i> (RVF-3705).....	42
4.1.10.	<i>Rotary Dryer</i> (RD-4801) .....	43

4.1.11. Tangki Pelarutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	43
4.1.12. Mixing Tank (MT-4803) .....	44
4.1.13. <i>Netralizer Reaktor</i> (R-4804) .....	44
4.1.14. <i>Centrifuge</i> (C-4101) .....	45
4.1.15. Tangki pelarutan Cellulose Nanocrystals (MT-4704) .....	45
4.1.16. <i>Ultrafiltrasi</i> (UH-4111) .....	46
4.1.17. <i>Spray Dryer</i> (SD-4121) .....	47
4.2. Neraca Energi .....	47
4.2.1. <i>Digester</i> .....	47
4.2.2. <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	48
4.2.3. <i>Bleacher I</i> .....	48
4.2.4. <i>Washer I</i> .....	49
4.2.5. <i>Bleacher II</i> .....	49
4.2.6. <i>Washer II</i> .....	50
4.2.7. <i>Rotary Dryer</i> .....	50
4.2.8. Mixing Tank .....	51
4.2.9. <i>Netralizer Reactor</i> .....	51
4.2.10. <i>Spray Dryer</i> .....	52
<b>BAB V. UTILITAS .....</b>	<b>53</b>
5.1. Unit Penyediaan Listrik .....	53
5.2. Unit Penyediaan Air .....	55
5.2.1. Air Sanitasi .....	55
5.2.2. Air Proses dan Air Umpan <i>Boiler</i> .....	59
5.2.3. Air Pendingin.....	64
5.3. Unit Pembangkit <i>Steam</i> .....	64
5.3.1. <i>Daerator</i> .....	64
5.3.2. <i>Boiler</i> .....	65
5.4. Unit Pengolahan Limbah .....	66
<b>BAB VI. SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>69</b>

6.1. Spesifikasi Peralatan Utama .....	69
6.1.1. <i>Warehouse</i> .....	69
6.1.2. <i>Shereeder and Press</i> .....	70
6.1.3. <i>Digester</i> .....	70
6.1.4. <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	72
6.1.5. <i>Bleacher I</i> .....	72
6.1.6. <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	73
6.1.7. <i>Bleacher II</i> .....	73
6.1.8. <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	74
6.1.9. <i>Screw Conveyor</i> .....	75
6.1.10. <i>Rotary Dryer</i> .....	76
6.1.11. <i>Mixing Tank</i> .....	76
6.1.12. <i>Tangki Pelarutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i> .....	77
6.1.13. <i>Netralizer Reactor</i> .....	78
6.1.14. <i>Centrifuge</i> .....	79
6.1.15. <i>Tangki Pelarutan Cellulose Nanocrystals</i> .....	80
6.1.16. <i>Ultrafiltrasi</i> .....	81
6.1.17. <i>Spray Dryer</i> .....	81
6.1.18. <i>Storage Tank Cellulose Nanocrystals</i> .....	82
6.1.19. <i>Pompa Slurry</i> .....	83
6.1.20. <i>Pompa Sentrifugal</i> .....	83
6.2. Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	84
6.2.1. <i>Pompa Alat Pengolahan Air</i> .....	84
6.2.2. <i>Screening</i> .....	85
6.2.3. <i>Bak Pengendapan Awal</i> .....	86
6.2.4. <i>Tangki Pelarutan PAC</i> .....	87
6.2.5. <i>Tangki Koagulasi</i> .....	87
6.2.6. <i>Tangki Flokulasi</i> .....	88
6.2.7. <i>Tangki Sedimentasi</i> .....	89
6.2.8. <i>Sand Filter</i> .....	89

6.2.9. <i>Carbon Filter</i> .....	90
6.2.10. Bak Penampung Air Bersih .....	90
6.2.11. <i>Mix Bed Ion Exchange</i> .....	91
6.2.12. Tangki Air Demin.....	91
6.2.13. <i>Cooling Tower</i> .....	92
6.2.14. <i>Daerator</i> .....	92
6.2.15. <i>Boiler</i> .....	93
<b>BAB VII. TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP) .....</b>	<b>95</b>
7.1. Tata Letak Pabrik.....	95
7.2. Kesehatan, Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup .....	99
7.2.1. Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan.....	100
7.2.2. Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja .....	101
7.2.3. Jenis – Jenis Dan Tindakan Untuk Menghindari/Mengurangi Kecelakaan Kerja .....	101
7.2.4. Peraturan – Peraturan Pemerintah Terkait Dengan K3.....	102
7.2.5. Alat Pelindung Diri (APD) .....	103
7.2.6. Macam – Macam Alat Pelindung Diri.....	104
<b>BAB VIII. ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>	<b>108</b>
8.1. Bentuk Perusahaan.....	108
8.2. Struktur Organisasi .....	108
8.3. Tugas dan Wewenang.....	109
8.3.1. Pemegang Saham.....	110
8.3.2. Dewan Komisaris.....	110
8.3.3. Direktur.....	110
8.3.4. Kepala Bagian.....	111
8.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	114
8.5. Sistem Kerja.....	115



8.5.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i> .....	115
8.5.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i> .....	115
8.6. Jumlah Karyawan .....	115
8.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	117
<b>BAB IX. ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>121</b>
9.1. <i>Total Capital Investment (TCI)</i> .....	121
9.2. Biaya Produksi ( <i>Total Production Cost</i> ) .....	122
9.3. Harga Jual ( <i>Total Sales</i> ).....	122
9.4. Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	123
9.4.1. Laba Kotor dan Laba Bersih.....	123
9.4.2. Laju Pengembalian Modal ( <i>Rate of return</i> ).....	123
9.4.3. Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time</i> ).....	123
9.4.4. Titik Impas ( <i>Break Even Point</i> ).....	124
<b>BAB X. TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>125</b>
10.1. Pendahuluan.....	125
10.2. Ruang Lingkup Rancangan.....	125
10.3. Rancangan.....	126
10.4. Kesimpulan Rancangan .....	154
<b>BAB XI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>158</b>
11.1. Kesimpulan .....	158
11.2. Saran .....	159

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Kebutuhan <i>Cellulose Nanocrystals</i> (CNC) di Canada .....	3
<b>Tabel 1.2</b> Data produksi kelapa sawit di Indonesia.....	4
<b>Tabel 1.3</b> Kapasitas pabrik CNC yang telah berdiri di dunia.....	6
<b>Tabel 1.4</b> Penentuan Lokasi Pabrik Berdasarkan Metode Kuantitatif.....	13
<b>Tabel 1.5</b> Penentuan Lokasi Pabrik Berdasarkan Metode Kualitatif.....	14
<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .....	26
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi Natrium Hidroksida (NaOH) .....	26
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) .....	27
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....	27
<b>Tabel 2.5</b> Spesifikasi Air (H <sub>2</sub> O) .....	27
<b>Tabel 2.6</b> Spesifikasi <i>Cellulose Nanocrystals</i> (CNC) .....	28
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa Bak Perendaman TKKS.....	36
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa <i>Shreeder and Press</i> .....	36
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa Tangki Pelarutan NaOH.....	37
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa <i>Digester</i> .....	38
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa <i>Washer</i> .....	38
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa <i>Bleacher I</i> .....	39
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa <i>Washer I</i> .....	40
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa <i>Bleacher II</i> .....	41
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa <i>Washer II</i> .....	42

<b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> .....	43
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Massa Tangki Pelarutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	43
<b>Tabel 4.12</b> Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> .....	44
<b>Tabel 4.13</b> Neraca Massa <i>Netralizer Reactor</i> .....	45
<b>Tabel 4.14</b> Neraca Massa <i>Centrifuge</i> .....	45
<b>Tabel 4.15</b> Neraca Massa Tangki Pelarutan <i>Cellulose Nanocrystals</i> .....	46
<b>Tabel 4.16</b> Neraca Massa Ultrafiltrasi.....	46
<b>Tabel 4.17</b> Neraca Massa <i>Spray Dryer</i> .....	47
<b>Tabel 4.18</b> Neraca Energi Digester .....	48
<b>Tabel 4.19</b> Neraca Energi <i>Washer</i> .....	48
<b>Tabel 4.20</b> Neraca Energi <i>Bleacher I</i> .....	48
<b>Tabel 4.21</b> Neraca Energi <i>Washer I</i> .....	49
<b>Tabel 4.22</b> Neraca Energi <i>Bleacher II</i> .....	49
<b>Tabel 4.23</b> Neraca Energi <i>WasherII</i> .....	50
<b>Tabel 4.24</b> Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> .....	50
<b>Tabel 4.25</b> Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> .....	51
<b>Tabel 4.26</b> Neraca Energi <i>Netralizer Reactor</i> .....	51
<b>Tabel 4.27</b> Neraca Energi <i>Spray Dryer</i> .....	52
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Listrik.....	54
<b>Tabel 5.2</b> Kualitas Air Sungai Dumai .....	55
<b>Tabel 5.3</b> Syarat Air Sanitasi.....	56
<b>Tabel 5.4</b> Media dalam <i>sand filter</i> .....	59

<b>Tabel 5.5</b> Kebutuhan Air Sanitasi .....	59
<b>Tabel 5.6</b> Kebutuhan Air Proses.....	59
<b>Tabel 5.7</b> Persyaratan Air Umpan Boiler .....	60
<b>Tabel 5.8</b> Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada Boiler .....	61
<b>Tabel 5.9</b> Spesifikasi Resin Kation dan Anion.....	62
<b>Tabel 5.10</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	64
<b>Tabel 5.11</b> Kebutuhan <i>Steam</i> .....	66
<b>Tabel 5.12</b> Baku Mutu Air Limbah Pabrik Bioetanol .....	66
<b>Tabel 6.1</b> Spesifikasi <i>Warehouse</i> .....	69
<b>Tabel 6.2</b> Spesifikasi <i>Shreeder and Press</i> .....	70
<b>Tabel 6.3</b> Spesifikasi <i>Digester</i> .....	70
<b>Tabel 6.4</b> Spesifikasi <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	72
<b>Tabel 6.5</b> Spesifikasi <i>Bleacher I</i> .....	72
<b>Tabel 6.6</b> Spesifikasi <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	73
<b>Tabel 6.7</b> Spesifikasi <i>Bleacher II</i> .....	73
<b>Tabel 6.8</b> Spesifikasi <i>Rotary Vacum Filter</i> .....	74
<b>Tabel 6.9</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	75
<b>Tabel 6.10</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....	76
<b>Tabel 6.11</b> Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> .....	76
<b>Tabel 6.12</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	77
<b>Tabel 6.13</b> Spesifikasi <i>Netralizer Reactor</i> .....	78
<b>Tabel 6.14</b> Spesifikasi <i>Centrifuge</i> .....	79

<b>Tabel 6.15</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Cellulose Nanocrystals .....	80
<b>Tabel 6.16</b> Spesifikasi <i>Ultrafiltrasi</i> .....	81
<b>Tabel 6.17</b> Spesifikasi <i>Spray Dryer</i> .....	81
<b>Tabel 6.18</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Cellulose Nanocrystals</i> .....	82
<b>Tabel 6.19</b> Spesifikasi Pompa Slurry .....	83
<b>Tabel 6.20</b> Spesifikasi Pompa Sentrifugal .....	83
<b>Tabel 6.21</b> Spesifikasi Seluruh Pompa Sentrifugal Pada Peralatan Proses .....	84
<b>Tabel 6.22</b> Spesifikasi Pompa Sentrifugal Pada Alat Pengolahan Air .....	84
<b>Tabel 6.23</b> Spesifikasi Seluruh Pompa Sentrifugal Pada Alat Pengolahan Air ...	85
<b>Tabel 6.24</b> Spesifikasi <i>Screening</i> .....	85
<b>Tabel 6.25</b> Spesifikasi Bak Pengendapan Awal .....	86
<b>Tabel 6.26</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan PAC .....	87
<b>Tabel 6.27</b> Spesifikasi Tangki Koagulasi .....	87
<b>Tabel 6.28</b> Spesifikasi Tangki Flokulasi .....	88
<b>Tabel 6.29</b> Spesifikasi Tangki Sedimentasi .....	89
<b>Tabel 6.30</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> .....	89
<b>Tabel 6.31</b> Spesifikasi <i>Carbon Filter</i> .....	90
<b>Tabel 6.32</b> Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih .....	90
<b>Tabel 6.33</b> Spesifikasi <i>Mix Bed Ion Exchange</i> .....	91
<b>Tabel 6.34</b> Spesifikasi Tangki Air Demin.....	91
<b>Tabel 6.35</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	92
<b>Tabel 6.36</b> Spesifikasi <i>Daerator</i> .....	92

<b>Tabel 6.37</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> .....	93
<b>Tabel 7.1</b> Keterangan Tata Letak Peralatan Pabrik CNC.....	98
<b>Tabel 8.1</b> Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i> .....	115
<b>Tabel 8.2</b> Karyawan <i>Non Shift</i> .....	116
<b>Tabel 8.3</b> Karyawan <i>Shift</i> .....	117
<b>Tabel 10.1</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Cellulose Nanocrystals</i> .....	154
<b>Tabel 10.2</b> Spesifikasi <i>Digester</i> .....	154
<b>Tabel 10.3</b> Spesifikasi Pompa Sentrifugal .....	156
<b>Tabel 10.4</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....	156
<b>Tabel 10.5</b> Spesifikasi <i>Centrifuge</i> .....	157

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Kebutuhan CNC dari Tahun 2015 Hingga 2019 .....	4
<b>Gambar 1.2</b> Produksi Kelapa Sawit dari Tahun 2015 Hingga 2019 .....	5
<b>Gambar 1.3</b> Tanjung Palas, Kecamatan Dumai Timur, Kota Dumai, Riau .....	7
<b>Gambar 1.4</b> Bunut, Kota Kisaran Barat, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara....	9
<b>Gambar 1.5</b> Kumba, Kecamatan Jagoi Babang, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat .....	11
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Selulosa.....	16
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Hemiselulosa .....	16
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Lignin .....	17
<b>Gambar 2.4</b> Produksi Nano Kristal Selulosa dengan Hidrolisis Asam .....	21
<b>Gambar 3.1</b> Blok diagram proses pembuatan <i>Cellulose Nanocrystals</i> (CNC)....	30
<b>Gambar 3.2</b> Proses pembentukan <i>Cellulose Nanocrystals</i> (CNC) .....	32
<b>Gambar 3.3</b> <i>Flowsheet</i> produksi <i>Cellulose Nano Crystals</i> (CNC).....	34
<b>Gambar 5.1</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi .....	56
<b>Gambar 5.2</b> Lapisan Kerak pada Pipa .....	61
<b>Gambar 5.3</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Air Proses.....	61
<b>Gambar 5.4</b> Proses Deaerasi di Deaerator .....	65
<b>Gambar 5.5</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair .....	68
<b>Gambar 7.1</b> Tata Letak Lingkungan Pabrik CNC .....	97
<b>Gambar 7.2</b> Tata Letak Peralatan Pabrik CNC.....	98

<b>Gambar 7.3</b> <i>Safety Helmet</i> .....	104
<b>Gambar 7.4</b> <i>Safety Belt</i> .....	104
<b>Gambar 7.5</b> <i>Boot</i> .....	105
<b>Gambar 7.6</b> <i>Safety Shoes</i> .....	105
<b>Gambar 7.7</b> <i>Safety Gloves</i> .....	105
<b>Gambar 7.8</b> <i>Ear Plug</i> .....	106
<b>Gambar 7.9</b> <i>Safety Glasses</i> .....	106
<b>Gambar 7.10</b> <i>Respirator</i> .....	106
<b>Gambar 7.11</b> <i>Face Shield</i> .....	107
<b>Gambar 7.12</b> <i>Rain Coat</i> .....	107
<b>Gambar 8.1</b> Struktur Organisasi Perusahaan <i>Cellulose Nano Crystals (CNC)</i> .....	120
<b>Gambar 9.1</b> Grafik <i>Break Event Point (BEP)</i> .....	124
<b>Gambar 10.1</b> <i>Storage Tank Cellulose Nanocrystals</i> .....	126
<b>Gambar 10.2</b> <i>Digester</i> .....	131
<b>Gambar 10.3</b> Desain Pengaduk <i>Digester</i> .....	136
<b>Gambar 10.4</b> Pompa Mengalirkan Air Sungai Ke Bak Penampungan .....	141
<b>Gambar 10.5</b> <i>Rotary Dryer</i> .....	147
<b>Gambar 10.6</b> <i>Centrifuge</i> .....	152



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A</b> Perhitungan Neraca Massa.....	LA-1
<b>Lampiran B</b> Neraca Energi.....	LB-1
<b>Lampiran C</b> Spesifikasi Peralatan.....	LC-1
<b>Lampiran D</b> Analisa Ekonomi.....	LD-1