

**PRARANCANGAN PABRIK NANO SILICA DARI PASIR SILIKA
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 42.000 TON/TAHUN**



Oleh :

Maulana Agzevi Alfath 1610017411025

*Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat guna mencapai gelar sarjana
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2021**



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 NANOSILICA DARI PASIR SILICA DENGAN
KAPASITAS 42.000 TON/TAHUN**

OLEH :

Maulana Agzevi Alfath
(1610017411025)

Disetujui oleh :

Pembimbing 1

Ellyta Sari, S.T, M.T

Pembimbing 2

Dr. Pasymi, S.T, M.T

Diketahui oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan

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

Jurusan Teknik Kimia

Ketua

Dr. Firdaus, S.T, M.T



PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/PRA RANCANGAN PABRIK

Nama : Maulana Agzevi Alfath
NPM : 1610017411025
Tanggal Sidang : 7 Agustus 2021

Tan Penguji

Jabatan	Nama/NIK/NIP	Tanda tangan
Ketua	Ellyta Sari, S.T, M.T	
Anggota	Dr. Maria Ulfah, S.T, M.T	
	Dr. Firdaus, S.T, M.T	

Pembimbing 1

Ellyta Sari, S.T, M.T

Diketahui Oleh:

Pembimbing 2

Dr. Pasymi, S.T, M.T



**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

Kampus III Jl. Gajah Mada No.19 Padang, Telp (0751) 7054257 Pes. 131

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

No : 121.m/SK-AK.10/FTI-TK/VIII-2021

Pada hari *Sabtu* tanggal *Tujuh* Bulan *Agustus* Tahun *Dua Ribu Dua Puluh Satu*, telah dilangsungkan Sidang Tugas Akhir (Perancangan Pabrik) Program Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, terhadap :

1.	Nama/NPM	:	Maulana Agzevi Alfath / 1610017411025
2.	Jurusan	:	Teknik Kimia
3.	Program Studi	:	Teknik Kimia Strata Satu
4.	Judul Tugas Akhir	:	Pra Rancangan Pabrik NanoSilica Dari Pasir silika Dengan Kapasitas 42.000 Ton/Tahun
5.	Pembimbing I	:	Ellyta Sari, S.T., M.T.
6.	Pembimbing II	:	Dr. Pasymi, ST. MT.
7.	Tanggal / Waktu Ujian	:	7 Agustus 2021 / 13.30 – 15.00 WIB
8.	Ruang Ujian	:	Ruang Sidang Teknik Kimia
9.	Nilai Sidang Tugas Akhir	:	Angka ...74.....; Huruf A / A ⁻ / B+ (B) / B ⁻ / C+ / C / D
10.	Prediket Lulus	:

TEAM PENGUJI :

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Ellyta Sari, ST. MT.	Ketua	1.
2.	Dr. Firdaus, ST. MT.	Anggota	2.
3.	Dr. Maria Ulfah, ST. MT.	Anggota	3.

Demikianlah Berita Acara ini dikeluarkan agar dipergunakan seperlunya.



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT.

Dikeluarkan : Di Padang
Tanggal : 7 Agustus 2021
Jurusan Teknik Kimia
Ketua,

Dr. Firdaus, ST., MT.

INTISARI

Pabrik nanosilica dari pasir silika dirancang dengan kapasitas produksi 42.000 Ton/Tahun. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan nanosilica adalah pasir silika. Pabrik Nanosilica dari pasir silika ini akan didirikan di Kota Padang, Provinsi Sumatra Barat. Hal ini mengacu dengan kapasitas bahan baku yang besar dan diikuti oleh Analisa SWOT yang mendukung di lokasi tersebut. Pabrik ini beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan nanosilica dari pasir silika ini melalui tiga tahapan proses utama yaitu Proses Persiapan Bahan Baku, Proses Pembentukan natrium metasilikat, Proses Pemurnian. Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan jumlah investasi sebesar US\$ 31.148.035,94 yang diperoleh dari pinjaman bank 50% dan modal sendiri 50%. Laju Pengembalian Modal (ROR) sebesar 61%, waktu pengembalian modal (POT) adalah 1 tahun 8 bulan 4 hari dan Titik Impas (BEP) sebesar 13%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 Laporan Seminar Tugas Akhir yang berjudul Pra rancangan Pabrik *Nanosilica* dari *Pasir Silika* dengan Kapasitas Produksi 42.000 Ton/Tahun.

Adapun tujuan penulisan Laporan Seminar Tugas Akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis yang harus dipenuhi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Pembuatan Laporan Seminar 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, ST., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus, ST., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang
3. Ibu Ellyta Sari, ST,M.T, selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Pasymi, S.T M.T selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk Laporan Seminar Tugas Akhir.
6. Kedua orang tua penulis yang telah memberi dukungan moral dan material kepada penulis.
7. Rekan-rekan Angkatan 2016 di Teknik Kimia yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat.
8. Kepada teman-teman penulis yang selalu mendukung penulis dari jarak jauh dan selalu sabar mendengar keluhan penulis selama masa kuliah ini
9. Terimakasih kepada Tri Sandi Ramadhan, S.T , Febrian Pratama, S.T , Lukman Hakim, S.T , Zulfitri Ghazali, S.T dan teman-teman yang lainnya yang telah memotivasi saya untuk penyelesaian tugas akhir ini.

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. Aamiin.

Padang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kapasitas Rancangan	2
1.3. Pabrik Nano Silika di Indonesia Beserta Kapasitasnya	4
1.4. Penyebaran Pasir Silika di Indonesia	4
1.5. Lokasi Pabrik	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Silika (SiO ₂)	9
2.1.1. Teknologi nano (nanotechnology)	10
2.1.2. Asal Usul Nanosilika	10
2.1.3. Struktur Nano Silika	10
2.2. Tinjauan Proses	11
2.3. Sifat Fisik dan Kimia	15
2.3.1. Bahan Baku	15
2.3.2. Bahan Penunjang	16
2.4. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	17
2.4.1. Spesifikasi Bahan Baku	17
2.4.2. Spesifikasi Produk	18

BAB III. TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES	19
3.1. Tahapan Proses dan Blok Diagram	19
3.1.1. Tahapan Proses	19
3.1.2. Blok Diagram	19
3.2. Deskripsi Proses dan <i>Flowsheet</i>	21
3.2.1. Deskripsi Proses	21
3.2.2. <i>Flowsheet</i> Proses Produksi	21
BAB IV. NERACA MASSA DAN ENERGI	22
4.1. Neraca Massa	22
4.1.1. Tumbling (TM-151)	22
4.1.2. <i>Mixing Tank</i> (MT-1401)	23
4.1.3. Tangki HCl (THCL-2101)	24
4.1.4. Centrifuge 1 (C-1501)	25
4.1.5. <i>Reactor 1</i> (R-2301)	26
4.1.6. Tangki NaOH (TNaOH-2201)	26
4.1.7. <i>Reactor 2</i> (R-2302)	27
4.2. Neraca Energi	28
4.2.1. <i>Heater</i> (HE-3701)	29
4.2.2. <i>Mixing Tank</i> (MT-3402)	30
4.2.3. Reaktor 1 (R-2301)	30
4.2.4. Reaktor 2 (R-2302)	31
4.2.5. <i>Spray Dryer</i> (SD-3801)	32
BAB V. UTILITAS	33
5.1. Unit Penyediaan Listrik	33
5.2. Unit Penyediaan Air	34
5.2.1. Air Sanitasi	35
5.2.2. Air Proses dan Air Umpan Boiler	38
5.2.3. Unit Pembangkit <i>Steam</i>	43

5.3. Deaerator.....	44
5.4. Unit Pengolahan Limbah	45
5.5. Penanganan Limbah Gas	46
BAB VI. SPESIFIKASI PERALATAN.....	49
6.1. Spesifikasi Peralatan Utama.....	49
6.1.1. <i>Warehouse</i>	49
6.1.2. <i>Screw Conveyor 1</i>	50
6.1.3. <i>Screw Conveyor 2</i>	50
6.1.4. <i>Screw Conveyor 3</i>	51
6.1.5. <i>Mixing Tank</i>	52
6.1.6. Tangki NaOH	53
6.1.7. Tangki HCl	53
6.1.8. <i>Reactor 1</i>	53
6.1.9. <i>Reactor 2</i>	54
6.1.10. <i>Centrifuge 1</i>	57
6.1.11. <i>Centrifuge 2</i>	57
6.1.12. <i>Ultrafiltrasi</i>	58
6.1.13. <i>Spray Dryer</i>	58
6.1.14. <i>Storage Tank Nanosilica</i>	58
6.1.15. Pompa Slurry.....	60
6.1.16. <i>Tumbling Mill</i>	60
6.2. Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	61
6.2.1. Pompa Air Sungai (P-1001).....	61
6.2.2. Pompa Peralatan Utilitas	62
6.2.3. Bak Penampung Air Sungai (BP-1101)	63
6.2.4. Tangki Pelarutan Alum (TP-1201).....	63
6.2.5. Tangki Pelarutan Kapur Tohor (TP-1202).....	70
6.2.6. Tangki Pelarutan Kaporit (TP-1203)	71
6.2.7. Unit Pengolahan <i>Raw Water</i> (BPR-2102)	72

6.2.8. <i>Sand Filter</i> (SF-2301)	73
6.2.9. Bak Penampungan Air Bersih (BP-2103).....	74
6.2.10. <i>Mixedbed Tank</i> (MBT-3401)	74
6.2.11. Tangki Air Demin (TDW-3501)	75
BAB VII. TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP).....	76
7.1. Tata Letak Pabrik	76
7.2. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup	78
7.2.1. Keselamatan Kerja	78
7.2.2. Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan.....	79
7.2.3. Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja	80
7.2.4. Jenis-Jenis dan Tindakan Untuk Menghindari atau Mengurangi Kecelakaan Kerja.....	80
7.2.5. Daftar Peraturan Pemerintah tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja	81
7.2.6. Alat Pelindung Diri (APD).....	82
7.2.7. Macam – Macam Alat Pelindung Diri.....	83
BAB VIII. ORGANISASI PERUSAHAAN	87
8.1. Struktur Organisasi	87
8.1.1. Bentuk Organisasi.....	87
8.1.2. Tugas dan Wewenang	88
8.1.3. Jumlah Karyawan	142
8.1.4. Sistem Kerja.....	143
8.2. Sistem Kepegawaian dan Gaji	144
BAB IX. ANALISA EKONOMI	148
9.1. <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	149
9.2. Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i>)	149
9.3. Harga Jual (<i>Total Sales</i>)	150

9.4. Tjauan Kelayakan Pabrik	150
BAB X. TUGAS KHUSUS	153
10.1. Pendahuluan	153
10.2. Teori Pengantar Tugas Khusus	153
10.2.1. Screw Conveyor	153
10.2.2. Centrifuge	153
10.2.3. Reaktor CSTR	154
10.2.4. Spray Dryer.....	154
10.2.5. Mixing Tank.....	155
10.3. Ruang Lingkup Lingkungan	155
10.4. Rancangan	155
10.4.1. Screw Conveyor	155
10.4.2. Centrifuge	156
10.4.3. Reaktor CSTR	157
10.4.4. Spray Dryer.....	162
10.4.5. Mixing Tank.....	165
10.5. Kesimpulan Rancangan	169
BAB XI. KESIMPULAN DAN SARAN	171
11.1. Kesimpulan	171
11.2. Saran.....	172

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Harga Bahan Baku dan Produk.....	3
Tabel 1.2 Nilai impor nanosilica	3
Tabel 1.3 Pabrik Nano Silika di Indonesia Beserta Kapasitasnya.....	4
Tabel 1.4 Kapasitas bahan baku pasir silica di Indonesia	5
Tabel 1.5 Analisa SWOT Kota Padang	6
Tabel 1.6 Analisa SWOT Kabupaten Indragili Hilir	8
Tabel 2.1 Perbandingan antara ketiga metode.....	15
Tabel 4.1 Neraca Massa Tumbling Mill (TM-151).....	23
Tabel 4.2 Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-1401).....	23
Tabel 4.3 Neraca Massa Tangki Pelarutan HCl (THCL-2101)	24
Tabel 4.4 Neraca Massa Centrifuge 1 (C-1501)	25
Tabel 4.5 Neraca Massa <i>Reaktor 1</i> (R-2301).....	26
Tabel 4.6 Neraca Massa Tangki NaOH (TNaOH-2201)	27
Tabel 4.7 Neraca Energi <i>Reaktor 2</i> (R-2302)	28
Tabel 4.8 Nilai Kapasitas Panas Komponen Padat	28
Tabel 4.9 Nilai Panas Pembentukan Komponen.....	29
Tabel 4.10 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-3701)	29
Tabel 4.11 Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-3402)	30
Tabel 4.12 Reaktor 1 (R-2301).....	31
Tabel 4.13 Neraca Energi Reaktor (R-2302)	31
Tabel 4.14 Neraca Energi Spray Dryer (SD-3141).....	32

Tabel 5.1 Kebutuhan Listrik	33
Tabel 5.2 Kualitas Air Sungai Dumai	34
Tabel 5.3 Syarat Air Sanitasi	35
Tabel 5.4 Media dalam <i>sand filter</i>	38
Tabel 5.5 Kebutuhan Air Sanitasi	38
Tabel 5.6 Kebutuhan Air Proses	38
Tabel 5.7 Persyaratan Air Umpan Boiler	39
Tabel 5.8 Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada Boiler	40
Tabel 5.9 Spesifikasi Resin Kation dan Anion	41
Tabel 5.11 Kebutuhan <i>Steam</i>	42
Tabel 5.12 Baku Mutu Air Limbah Pabrik Bioetanol	45
Tabel 6.1 Spesifikasi <i>Warehouse</i>	49
Tabel 6.2 Spesifikasi <i>Screw Conveyor 1</i>	50
Tabel 6.3 Spesifikasi <i>Screw Conveyor 2</i>	50
Tabel 6.4 Spesifikasi <i>Screw Conveyor 3</i>	50
Tabel 6.5 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i>	52
Tabel 6.6 Spesifikasi Tangki NaOH	53
Tabel 6.7 Spesifikasi Tangki HCl	53
Tabel 6.8 Spesifikasi <i>Reactor 1</i>	55
Tabel 6.9 Spesifikasi <i>Reactor 2</i>	55
Tabel 6.10 Spesifikasi <i>Centrifuge 1</i>	57
Tabel 6.11 Spesifikasi <i>Centrifuge 2</i>	57

Tabel 6.12 Spesifikasi <i>Ultrafiltrasi</i>	58
Tabel 6.13 Spesifikasi <i>Spray Dryer</i>	59
Tabel 6.14 Spesifikasi <i>Storage Tank Nanosilica</i>	59
Tabel 6.15 Spesifikasi Pompa Slurry	60
Tabel 6.16 Spesifikasi Tumbling Mill	60
Tabel 6.17 Daya Pompa pada Peralatan Utilitas	62
Tabel 8.1 Karyawan Non Shift	142
Tabel 8.2 Karyawan Shift	143
Tabel 8.3 Waktu Kerja Karyawan Non Shift	143
Tabel 8.4 Gaji Karyawan	144
Tabel 9.1 Biaya Komponen TCI	149
Tabel 9.2 Biaya Komponen Manufacturing Cost	149
Tabel 9.3 Laba kotor dan laba bersih	150
Tabel 10.1 Spesifikasi <i>Screw Conveyor 1</i>	169
Tabel 10.2 Spesifikasi <i>Centrifuge 1</i>	169
Tabel 10.3 Spesifikasi <i>Reactor CSTR</i>	170
Tabel. 10.4 Spesifikasi <i>Spray Dryer</i>	171
Tabel. 10.5 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i>	172

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Import nanosilika di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Lokasi Pabrik Kota Padang	6
Gambar 1.3 Lokasi Pabrik di Kabupaten Indragiri Hilir.....	7
Gambar 3.1 Blog Diagram proses pembuatan nanosilika dari pasir silika	31
Gambar 3.2 Flowshett pembuatan nanosilika dari pasir silika	32
Gambar 5.1 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi	35
Gambar 5.2 Lapisan Kerak pada Pipa.....	40
Gambar 5.3 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Proses	41
Gambar 5.4 Proses Deaerasi di Deaerator	44
Gambar 5.5 Blok Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair	48
Gambar 7.1 Tata Letak Lingkungan Pabrik	78
Gambar 7.2 Tata Letak Alat Pabrik	79
Gambar 7.3 Safety Helmet	83
Gambar 7.4 Safety Belt	84
Gambar 7.5 Boot.....	84
Gambar 7.6 Safety Shoes	84
Gambar 7.7 Safety Gloves.....	85
Gambar 7.8 Ear Plug	85
Gambar 7.9 Safety Glasses	85
Gambar 7.10 Respirator	86
Gambar 7.11 Face Shield.....	86

Gambar 7.12 Rain Coat	86
Gambar 9.1 Grafik Break Event Point (BEP)	151
Gambar 10.1 Centrifuge	154
Gambar 10.2 Reaktor CSTR	154
Gambar 10.3 Spray Dryer	155
Gambar 10.4 Mixing tank	155

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Neraca Masa.....	LA 1
Lampiran B Neraca Energi	LB 1
Lampiran C Spesifikasi Alat.....	LC 1
Lampiran D Analisa Ekonomi	LD 1

DAFTAR PUSTAKA

Alibaba.com (tanggal akses 15 Januari 2021)

Badan Pusat Statistik, 2020

Morri, Heditsugu 2003. Extraction of Silicon Dioxide from Waste Colored Glasses by Alkali Fusion Using Sodium Hydroxide. *Journal of The Ceramic Society of Japan*.111 (6). 376-381.

Morri, Heditsugu. Extraction of Silicon Dioxide from Waste Colored Glasses by Alkali Fusion Using Potasium Hydroxide. *Journal of The Ceramic Society of Japan*.38 2003): 3461-3468.

M. Waseem, S. Mustafa, A. Naeem, K. H. Shah, Irfan Shah And Ihsan-Ul-Haque: Synthesis And Characterization Of Silica By Sol-Gel Method. *J Pak Mater Soc* 2009 3 (1)

Munasir, Ahmad Mirwan Abdullah, Triwikantoro, 2010. Sintesis Silika Amorf Dari Bahan Alam Lumpur Sidoarjo dengan Metode Kopresipitasi, Prosiding Seminar Nasional UNNES Semarang.

Munasir, Sulton A, Triwikantoro, M. Zainuri, Darminto., (2013). Synthesis of Silica Nanopowder from Slopeng Natural Sands via Alkalifussion Route., *AIP Conf. Proc.* 1555, 28 (2013); doi: 10.1063/1.4820986

P.K. Jal , M. Sudarshan, A. Saha, Sabita Patel, B.K. Mishra ,. (2004). "Synthesis and characterization of nanosilica prepared by precipitation method." *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 240: 6.

Samsudin Affandi, Heru Setyawan , Sugeng Winardi, Agus Purwanto , Ratna Balgis . A Facile Method For Production Of High- Purity Silica Xerogels From Bagasse Ash. *Advanced Powder Technology* 20 (2009) 468–472

Van, Hoek., Winter, R., 2002. “Amorphous silica and the intergranular structure of nanocrystalline silica ”. *Phys Chem Glass* 43C 80.

Yasuhiko Arai, Hiroyo Segawa ,Kazuaki Yoshida. Synthesis Of Nano Silica Particles For Polishing Prepared By Sol–Gel Method. *Journal Of Sol-Gel Science And Technology* 32, (2004) 79–83

Carl Branen., 2002, “Rules of Thumb for Chemical Engineering”, Gulf Professional Publishing. Houston .

- Carl L. Yaws., 1997, "Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety", 3 ed., Gulf Professional Publishing. Houston .
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering Volume 6", Pergamon Press, Oxford.
- David M. Himmelblau., 2004, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", 7 ed., Professional Technical Reference., New Jersey.
- Fogler, H.S., 1999, "Elements of Chemical Reaction Engineering", 3 ed., Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Incropera, F.P. and De Witt, D.P., 1981, "Fundamentals of Heat Transfer", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- King, C.J., 1982, "Separation Processes", 2 ed., McGraw-Hill Publishing Book Company, Ltd., New Delhi.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1977, "Encyclopedia of Chemical Technology", 18 ed., John Wiley & Sons, New York
- Ludwig, G.E., 1968, "Applied Design for Chemical and Petrochemical Plants", vol. 2, 2 ed., Gulf Publishing Co., Houston
- Levenspiel, O., 1999, "Chemical Reactor Engineering", 3 ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Marlin, T. E., 2000, "Process Control : Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance", 2 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., Singapore.
- Perry, R.H., 1997, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 7 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, R.E., 2003, " Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 5 ed., McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", McGraw-Hill Book Company, New York
- Shahrokhi and Baghmisheh., 2005, "Modeling, simulation and control of methanol synthesis fixed-bed reactor", Sharif University of Technology, Iran.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1959, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 2 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith, J.M., 1981, "Chemical Engineering Kinetics", 3 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott, M.M., 1996, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 5 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith. R., 1995, " Chemical Process Design", International ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Stephanopoulos, G., 1984, " Chemical Process Control", Prentice Hall, Inc., new Jersey.
- U.S. Patent 2008/0194879 A1 (14 August 2008), BASE SE: Ludwlgshafen (DE)
- Walas, S.M., 1988, "Chemical Process Equipment", Butterworth Publishers, Stoneham, MA, USA
- Warren L.McCabe., 1993, "Unit Operations of Chemical Engineering", 5 ed., McGraw-Hill, Inc., New York.