

SKRIPSI

**PRA RENCANA PEMBUATAN PABRIK TETRASODIUM
PYROPHOSPHATE KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya**



Prayudhitia Putri Kusumawardani

NIM 03031381821003

Sagita Dwi Intansari

NIM 03031381821019

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

SKRIPSI

**PRA RENCANA PEMBUATAN PABRIK TETRASODIUM
PYROPHOSPHATE KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya**



Prayudhitia Putri Kusumawardani

NIM 03031381821003

Sagita Dwi Intansari

NIM 03031381821019

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN TETRASODIUM
PYROPHOSPHATE KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

Prayudhitia Putri Kusumawardani
NIM 03031381821003

Sagita Dwi Intansari
NIM 03031381821019

Palembang, Juli 2020

Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M.Sc
NIP 196108121987031003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



HALAMAN PERSETUJUAN

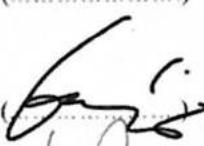
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Tetrasodium Pyrophosphate Kapasitas 24.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan **Prayudhitia Putri Kusumawardani dan Sagita Dwi Intansari** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juni 2020.

Palembang, 08 Juli 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

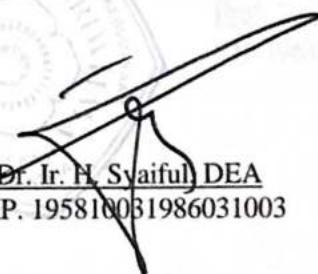
1. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 195910191987111001
2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariyah, S.T, M.T.
NIP. 197503261999032002
3. Bazlina Dawami Afrah, S.T, M.T.
NIP. 1671046701900003


(.....)



(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prayudhitia Putri Kusumawardani
NIM : 03031381821003
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate*
Kapasitas 24.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Sagita Dwi Intansari didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 5 Juni 2020



Prayudhitia Putri Kusumawardani



NIM. 03031381821003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sagita Dwi Intansari

NIM : 03031381821019

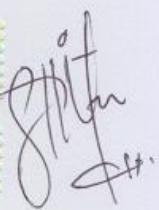
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate*
Kapasitas 24.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Prayudhitia Putri Kusumawardani didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 05Juni 2020



Sagita Dwi Intansari

NIM. 03031381821019

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate* Kapasitas 24.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya .
- 2) Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc, selaku dosen pembimbing.
- 3) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Juni 2020

Penulis

RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN *TETRASODIUM PYROPHOSPHATE*
KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juni 2020

Prayudhitia Putri Kusumawardani dan Sagita Dwi Intansari; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxvi + 322 halaman, 12 tabel, 11 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate* Kapasitas 24.000 Ton/Tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2029 di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 3,5 Ha. Bahan baku dari pembuatan tetrasodium pirofosfat ini adalah asam fosfat dan natrium hidroksida. Proses pembuatan tetrasodium pyrophosphate ini mengacu pada US Patent No. 2015/0139884 A1 dengan proses pre-netralisasi asam fosfat dan natrium hidroksida, proses netralisasi natrium dihydrogen fosfat dengan natrium hidroksida serta proses reaksi pada rotari kiln membentuk tetrasodium pyrophosphate. Reaktor pertama dan kedua adalah reaktor jenis *continuous stirred tank reactor*. Reaktor pertama beroperasi pada temperatur 95°C dan tekanan 1 atm sedangkan reaktor kedua beroperasi pada temperatur 103°C dan tekanan 1 atm.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 152 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik tetrasodium pyrophosphate ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- | | |
|---|--------------------|
| • <i>Total Capital Investment (TCI)</i> | = US \$ 12.766.890 |
| • Total Penjualan | = US \$ 36.670.545 |
| • <i>Total Production Cost (TPC)</i> | = US \$ 23.097.059 |
| • <i>Annual Cash Flow</i> | = US \$ 9.501.046 |
| • <i>Pay Out Time</i> | = 1,159 Tahun |
| • <i>Rate Of Return On Investment (ROR)</i> | = 74,42% |
| • <i>Break Even Point (BEP)</i> | = 23,28% |
| • <i>Service Life</i> | = 11 Tahun |

Kata Kunci: Tetrasodium Pyrophosphate, Netralisasi, *Continous Stirred Tank Reactor*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan.....	2
1.3.1. Proses Dua Tahap	3
1.3.2. Proses Hoechst-Knapsack	4
1.3.3. Proses Dua Tahap dengan Pre-treatment Netralisasi pada PT. Petrocentral Gresik	5
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	7
1.4.1. Asam Fosfat	7
1.4.2. Natrium Hidroksida.....	8
1.4.3. Tetrasodium Pyrophosphate	8
1.4.4. Air	9
BAB II PERENCANAAN PABRIK	10
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	10
2.2. Penentuan Kapasitas.....	11

2.3. Pemilihan Bahan Baku	12
2.4. Pemilihan Proses	12
2.5. Uraian Proses	14
2.5.1. Proses Netalisasi	14
2.5.2. Proses <i>Drying</i>	14
2.5.3. Proses Pembentukan Produk	15
2.6. Proses Pengolahan Limbah	15
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	17
3.1. Lokasi Pabrik	17
3.2. Tata Letak Pabrik	19
3.3. Perkiraan Luas Tanah	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	23
4.1. Neraca Massa	23
4.1.1. Neraca Massa Reaktor Pre-Netralisasi (R-110)	23
4.1.2. Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R – 120)	23
4.1.3. Neraca Massa Spray Dryer (B – 210)	24
4.1.4. Neraca Massa Cyclone I (H – 212)	24
4.1.5. Neraca Massa Screw Conveyor I (J – 213)	25
4.1.6. Neraca Massa Rotary Kiln (B – 310)	25
4.1.7. Neraca Massa Cyclone II (H – 312)	26
4.1.8. Neraca Massa Screw Conveyor II (J – 313)	26
4.1.9. Neraca Massa Rotary Cooler (B – 320)	27
4.1.10. Neraca Massa Cyclone III (H- 321)	27
4.1.11. Neraca Massa Screw Conveyor III (J – 322)	28
4.1.12. Neraca Massa Ball Mill (C – 410)	28
4.1.13. Neraca Massa Vibrating Screen (H – 412)	29
4.1.14. Neraca Massa Screw Conveyor IV (J – 413)	29
4.1.15. Neraca Massa Silo (F – 414)	29
4.2. Neraca Panas	30
4.2.1. Neraca Panas Heater – 1 (E – 115)	30

4.2.2. Neraca Panas Heater – 2 (E – 116)	30
4.2.3. Neraca Panas Reaktor Pre-netralisasi (R – 110)	30
4.2.4. Neraca Panas Heater – 3 (E – 122)	31
4.2.5. Neraca Panas Heater – 4 (E- 123)	31
4.2.6. Neraca Panas Reaktor Netralisasi (R – 120)	32
4.2.7. Neraca Panas Spray Dryer (B – 210)	32
4.2.8. Neraca Panas Furnace – 1 (Q – 211).....	33
4.2.9. Neraca Panas Rotary Kiln (B – 310).....	34
4.2.10. Neraca Panas Rotary Cooler (B – 320).....	34
4.2.11. Neraca Panas Furnace – 2 (Q – 311).....	35
BAB V UTILITAS	37
5.1. Unit Pengadaan Air	37
5.1.1. Air Pendingin	37
5.1.2. Air Umpam Boiler.....	39
5.1.3. Air Domestik.....	40
5.1.4. Total Kebutuhan Air	41
5.2. Unit Pengadaan Steam	41
5.2.1. Steam Pemanas.....	41
5.3. Unit Pengadaan Listrik	42
5.3.1. Listrik untuk Peralatan	42
5.3.2. Listrik untuk Penerangan	43
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	43
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	44
5.4.1. Bahan bakar Boiler	44
5.4.2. Bahan bakar keperluan generator.....	45
5.4.3. Bahan Bakar Furnace	45
5.4.4. Total Kebutuhan Bahan Bakar	46
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	48
6.1. Tangki – 01 (F – 111)	48
6.2. Tangki – 02 (F – 112)	48

6.3. Pompa – 01 (L – 113)	49
6.4. Pompa – 02 (L – 114)	50
6.5. Heater – 01 (E – 115)	50
6.6. Heater – 02 (E – 116)	51
6.7. Reaktor – 01 (R – 110)	52
6.8. Pompa – 03 (L – 121)	53
6.9. Reaktor – 02 (R – 120)	53
6.10. Heater – 03 (E – 122)	54
6.11. Heater – 04 (E – 123)	55
6.12. Pompa – 04 (L – 124)	56
6.13. Spray Dryer (B – 210)	56
6.14. Furnace – 01 (Q – 211)	57
6.15. Cyclone – 01 (H – 212)	58
6.16. Screw Conveyor – 01 (J – 213).....	58
6.17. Rotary Kiln (B – 310)	59
6.18. Furnace – 02 (Q – 311)	59
6.19. Cyclone – 02 (H – 312).....	60
6.20. Screw Conveyor – 02 (J – 313).....	60
6.21. Rotary Cooler (B – 320).....	61
6.22. Cyclone – 03 (H – 321).....	62
6.23. Screw Conveyor – 03 (J – 322).....	62
6.24. Bucket Elevator (J – 411).....	63
6.25. Ball Mill (C – 410).....	63
6.26. Vibrating Screen (H – 412).....	64
6.27. Screw Conveyor – 04 (J – 413).....	65
6.28. Silo (F – 414)	65
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	67
7.1. Struktur Organisasi	67
7.2. Manajemen Perusahaan	67
7.3. Kepegawaian	68
7.3.1. Peraturan Pekerjaan	68

7.3.2. Waktu Kerja	68
7.4. Penentuan Jumlah Pekerja	69
7.4.1. <i>Direct Operating Labor</i>	69
7.4.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	70
BAB VIII ANALISA EKONOMI	73
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	74
8.1.1. Total Penjualan Produk.....	74
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i>	74
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	75
8.2.1. Perhitungan Depresiasi.....	75
8.2.2. Lama Pengangsuran Pengembalian Pinjaman	76
8.2.3. <i>Pay Out Time</i> (POT)	77
8.3. Total Modal Akhir	77
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project</i> (NPOTLP)	77
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i> (TCS)	79
8.4. Laju Pengembalian Modal	79
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROR)	79
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR)	80
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP)	80
8.5.1. Model Matematis	81
8.5.2. Metode Grafis	81
BAB IX KESIMPULAN	85
DAFTAR PUSTAKA	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jumlah Kebutuhan Tetrasodium Pyrophosphate di Indonesia	10
Tabel 2.2. Macam-macam Proses Pembuatan <i>Tetrasodium Pyrophosphate</i>	13
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas	37
Tabel 5.2. Total Kebutuhan Air	41
Tabel 5.3. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 150 °C.....	41
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	42
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Bahan Bakar	47
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift.....	69
Tabel 7.2. Jumlah Pekerja	70
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk.....	74
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman	76
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Two-stage process for production of Tetrasodium Pyrophosphate</i> ...	3
Gambar 1.1. Proses Hoechst-Knapsack	4
Gambar 1.1. Proses Kombinasi Dari Proses Dua Tahap Dan Hoechst-Knapsack Pada Pabrik Petrocentral Gresik	5
Gambar 2.1. Diagram Alir Proses	17
Gambar 2.2. Diagram Alir Neraca Massa	17
Gambar 2.3. Diagram Alir Neraca Panas	17
Gambar 3.1. Lokasi Pendirian Pabrik tetrasodium Pyrophosphate.....	19
Gambar 3.2. Layout Pabrik Pembuatan Tetrasodium Pyrophosphate	21
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan	22
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	72
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	83

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C	= Tebal korosi yang diizinkan
D	= Diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, dimensionless
He	= Tinggi head, m
Hs	= Tinggi silinder, m
Ht	= Tinggi total tangki, m
P	= Tekanan Desain, atm
S	= Working stress yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur Operasi, K
V _h	= Volume ellipsoidal head, m ³
V _s	= Volume silinder, m ³
V _t	= Volume tangki, m ³
W	= Laju alir massa, kg/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³

2. SILO

C	= Faktor korosi, in
D	= Diameter <i>shell</i> , ft
d	= Diameter ujung konis, ft
E	= <i>Welded joint efficiency</i>
F	= <i>Allowance stress</i> , psi
h	= Tinggi silo, ft
G	= Laju Alir Massa, kg/s
g	= Percepatan Gravitasi, m/s ²
P	= Tekanan, atm
T	= Temperatur, K
V _t	= Volume tangki, m ³
W _s	= Laju alir massa, kg/jam

α = *angle of repose*

ρ = Densitas, kg/m³

θ = Sudut Silo

3. REAKTOR

C_{A_0} = konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m³

C = Tebal korosi yang dizinkan, atm

D_K = Diameter katalis, cm

F_{A_0} = Laju alir umpan, kmol/jam

H_r = Tinggi Reaktor, m

ID = Inside Diameter, m

k = Konstanta laju reaksi, m³/kmol.s

N = Bilangan Avogadro

OD = Outside Diameter, m

P = Tekanan, atm

Q_f = Volumetric Flowrate Umpan

Re = Bilangan Reynold

S = Working Stress yang diizinkan, atm

T = Temperatur. °C

t = Tebal dinding vessel

V_t = Volume reaktor, m³

X = Konversi

ρ = Densitas

σ = Diameter Partikel, cm

4. SCREW CONVEYOR

ρ = Densitas bahan, lb/ft³

Q = volumetric flowrate, ft³/jam

W = Laju alir massa, kg/jam

5. BELT CONVEYOR

C	= Faktor material
H	= Panjang <i>belt</i> , ft
THP	= Kapasitas <i>belt</i> , ton/jam
f	= Faktor keamanan, %
V	= Tinggi <i>belt</i> , ft
W_s	= Laju alir massa, kg/jam

6. ROTARY COOLER

C_p	= Kapasitas panas udara, kkal/kg $^{\circ}$ C
D	= Diameter dryer, m
F	= Jumlah sayap
G_s	= Jumlah udara yang digunakan, lb/jam
L	= Panjang dryer, m
L_f	= Panjang flight
N	= Jumlah putaran
P	= Power dryer, HP
S_s	= Jumlah produk yang dikeringkan, lb/jam
t_1	= Temperatur umpan masuk, $^{\circ}$ F
t_2	= Temperatur umpan keluar, $^{\circ}$ F
t_w	= Temperatur wet bulb, $^{\circ}$ F
T_{G1}	= Temperatur udara masuk, $^{\circ}$ F
T_{G2}	= Temperatur udara keluar, $^{\circ}$ F
U_d	= Overall heat transfer area, lb/ft 2 jam
θ	= Time of retention, jam

7. ROTARY KILN

t	= <i>Residence time</i> , menit
D	= Diameter rotary kiln, ft
L	= Panjang rotary kiln, ft
p	= Kemiringan rotary kiln, $^{\circ}$

n	= Kecepatan putaran, rpm
H	= <i>Angle of repose, °</i>
F	= <i>Factor for constriction of cylinder</i>
Q	= Laju alir, kg/menit
a	= Perbandingan fee/produk rotary kiln
b	= Densitas feed, kg/m ³
V	= Volume rotary kiln, m ³
W	= Total massa rotary kiln, lb
bd	= Diameter roller shaft bearing, in
td	= Diameter riding ring, in
N	= Putaran rotary kiln shell, rpm
F	= Koefisien friksi roller bearing
rd	= Diameter rollerm in

8. FURNACE

A	= Luas tube, ft ²
Acp	= Cold plate area, ft ²
Acpw	= Cold plate area tube wall, ft ²
Art, a	= Luas area radian section, luas tube, ft ²
ε	= Emisivitas
F	= Faktor seksi konveksi
G	= Mass velocity pada minimum cross section, lb/s.ft ²
L	= Panjang tube, ft
L _{beam}	= Mean beam length, ft
Nt	= Jumlah tube
OD	= Diameter luar tube, in
Qn	= Net heat release, Btu/jam
qL	= Tube heat loss
qr	= Radian duty, Btu/jam
t _f , t _t	= Temperatur fluida, temperatur dinding, °F
ρ _g	= Densitas fuel gas, lb/ft ³

9. HEATER

A	= Area perpindahan panas, ft ²
C	= Clearance antar tube, in
D	= Diameter dalam tube, in
D _e	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft ² /in ²
G _s	= Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft ²
G _t	= Laju alir massa fluida pada tube, lb/jam.ft ²
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft ² .°F
h _{i,h_{io}}	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F
L	= Panjang tube, pipa, ft
LMTD	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
N _t	= Jumlah tube
P _T	= Tube pitch, in
ΔP _r	= Return drop sheel, Psi
ΔP _s	= Penurunan tekanan pada shell, Psi
ΔP _t	= Penurunan tekanan tube, Psi
ID	= Inside Diameter, ft
OD	= Outside Diameter, ft
ΔP _T	= Penurunan tekanan total pada tube, Psi
Q	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
R _d	= Dirt factor, Btu/jam.ft ² .°F
R _e	= Bilangan Reynold, dimensionless
s	= Specific gravity
T _{1,T₂}	= Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t _{1,t₂}	= Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T _c	= Temperatur rata-rata fluida panas, °F

t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	= Clean overall coefficient, design overall coefficient, Btu/jam.ft ² .°F
W_1	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
W_2	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	= Viscositas, cp

10. POMPA

A	= Area alir pipa, in ²
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_{i\ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f\ suc}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_{f\ dis}$	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
H_{fsuc}	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)
H_{fe}	= Sudden expansion friction loss (ft lb _m /lb _f)
ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft
L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumeterik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam

- V = Kecepatan alir
 ΔP = Beda tekanan, Psi

11. SPRAY DRYER

- V_o = Laju alir volumetrik, m^3/s
 H = Tinggi bejana, m
 D = Diameter bejana, m
 r = jari-jari, inch
 f = *Allowable working stress*, psi
 E = Equivalent roughness
 f = Faktor friksi
 C = Faktor korosi
 V_s = Velocity Settling, m/s
 θ = *Residence time*, s

12. CYCLONE

- D_c = Diameter cyclone, m
 D_e = Diameter *gas exit duct* cyclone, m
 H_c = Tinggi *inlet duct* cyclone, m
 L_c = Panjang *collecting electrode* cyclone, m
 S_c = Tinggi *gas exut duct* cyclone, m
 Z_c = Panjang *solid collecting duct*, m
 J_c = Panjang *solid exit duct*, m

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	89
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS	112
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN	154
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI	315

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berkembangnya ilmu dan teknologi menuntut bangsa Indonesia untuk mengembangkan sektor industri, terutama pabrik kimia. Kebutuhan bahan baku dan bahan – bahan kimia lainnya dalam negeri perlu ditingkatkan untuk menuju kemandirian industri dibidang industri kimia. Era sekarang menuntut bangsa ini untuk lebih efisien dalam melakukan terobosan-terobosan sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pangsa pasar yang tinggi, daya saing yang kuat, efektif dan efisien. Usaha pembangunan ekonomi jangka panjang yang ditujukan untuk menciptakan struktur ekonomi yang kokoh dan seimbang dapat diwujudkan dengan cara memperhatikan pembangunan dan perkembangan industri kimia di Indonesia.

Salah satu produk yang perlu dikembangkan adalah *Tetrasodium Pyrophosphate* ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) merupakan salah satu komoditi impor terbesar di Indonesia. Pemenuhan akan kebutuhan TSPP di Indonesia hingga saat ini dapat terpenuhi dengan cara mengimpor TSPP dari luar negeri, dikarenakan Indonesia hanya memiliki satu industri yang memproduksi *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP). Pendirian pabrik pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) di Indonesia diharapkan dapat menjadikan Indonesia lebih mandiri serta dapat membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat.

Tetrasodium Pyrophosphate (TSPP) merupakan salah satu bahan baku atau komoditi yang sangat dibutuhkan dalam pembuatan detergen sebagai *builder* atau penghilang noda, sebagai *electroplating* pada permukaan logam, sebagai zat pendispersi dan stabilisator dalam industri cat, sebagai pengatur *retarder* pada beton dan mortar pada semen dalam industri konstruksi, sebagai *deflocculant* pada industri keramik dan sebagainya.

Pada industri kimia, *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) merupakan suatu komoditi penting yang dapat secara ekonomis dan efektif diproduksi dalam skala besar. Kebutuhan *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) dalam negeri dinilai cukup tinggi yang dan produksi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan

tersebut. Melihat dari kasus tersebut, maka gagasan tentang perlu didirikannya pabrik *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) dalam negeri dapat menjadi sebuah solusi untuk memenuhi kebutuhan *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) dalam negeri.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

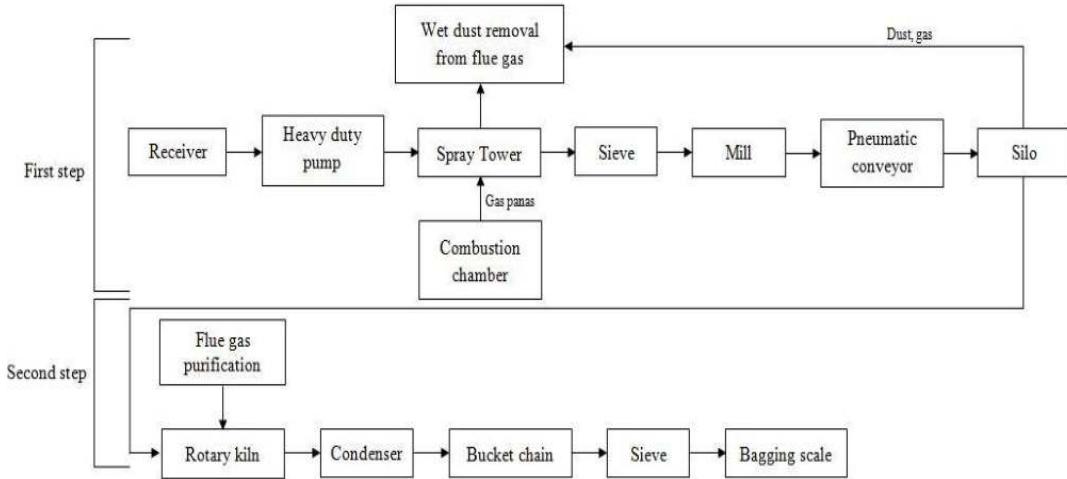
Perkembangan *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP) bermula pada tahun 1908 dimana Ludwig Utz dan Jean Hensel mendirikan pabrik di desa Budenheim yang memproduksi kalsium dan sodium pirofosfat (TSPP). Perkembangan produk TSPP meningkat seiring dengan permintaan yang juga meningkat pada akhir tahun 1940. Permintaan yang meningkat ini didorong oleh penggunaan utama TSPP sebagai pembentuk deterjen. Salah satu pencipta besar ialah *Procter & Gamble* yang memproduksi deterjen dengan TSPP serta disusul oleh *Colgate & Unilever*. TSPP dibuat dengan mereaksikan asam fosfat dengan natrium hidroksida, cairan natrium fosfat yang dihasilkan dikeringkan dan dipanaskan sampai suhu transformasi yang diinginkan sehingga dihasilkan produk TSPP (*Gilmour, 2014*).

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate* (TSPP)

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pemilihan proses dilakukan agar pabrik dapat berproduksi secara efisien dengan mempertimbangkan segala aspek yang ada, baik dari bahan baku, bahan penunjang, sistem utilitas, hingga biaya produksi. Menurut Ullman (2003), Secara umum proses pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate* dapat diperoleh dari:

- 1) Proses Dua Tahap
- 2) Proses *Hoechst-Knapsack*
- 3) Proses Kombinasi dengan *Pretreatment* Netralisasi pada Pabrik Petrocentral Gresik

1.3.1. Proses Dua Tahap



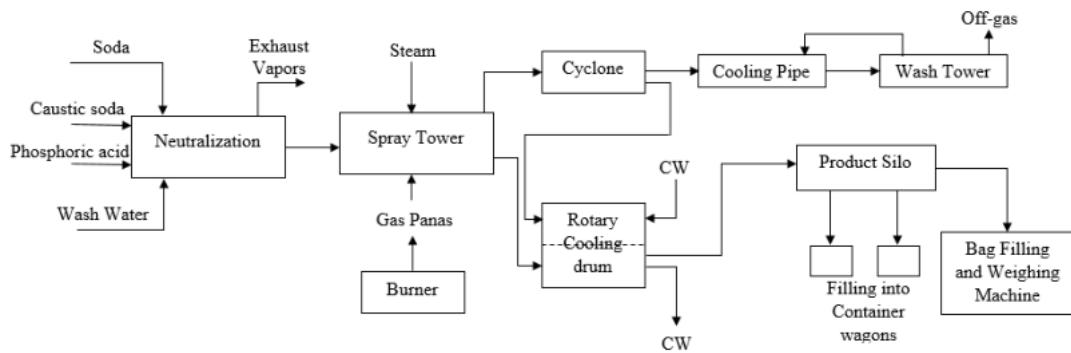
Gambar 1.1 Two-stage process for production of Tetrasodium Pyrophosphate

Menurut Ullmann's (1990), dalam proses dua tahap terdiri dari tahap satu dan tahap dua. Pada tahap pertama terjadi dehidrasi untuk mencampurkan monofosfat anhidrat pada *receiver*. Dari *receiver* dipompa dengan *heavy duty pump* menuju *spray tower* untuk tahap pengeringan atau proses terbentuknya butiran granul. Seringkali kondensasi parsial dengan pembentukan difosfat sudah terjadi pada tahap ini. Umumnya, *spray dryer* digunakan untuk dehidrasi monofosfat. Pada *spray tower* gas panas diperoleh dari hasil pembakaran dari udara alam dengan *combustion chamber*. Debu dari *Spray tower* dan *silo* nantinya akan dialirkan pada *wet dust removal from flue gas* sebelum di buang ke udara bebas. Butiran granular setelah itu masuk ke *sieve* untuk tahap *screening* untuk nantinya dialirkan ke alat *mill* untuk di menghancurkan butiran *monodyle* menjadi yang lebih halus. *Pneumatic conveyor* membawa butiran granul *monodyle* ke *silo* sebagai tempat penyimpanan sementara.

Dalam proses dua tahap juga melibatkan dehidrasi larutan monofosfat konsentrat untuk menghasilkan dinatrium hidrogen fosfat anhidrat, yang kemudian diubah menjadi sodium pirofosfat dalam *rotary kiln*. Keluar dari *rotary kiln*, produk mempunyai suhu yang tinggi kemudian masuk ke kondensor untuk tahap pendinginan. Dari kondensor, produk dibawa dengan *bucket chain* masuk ke

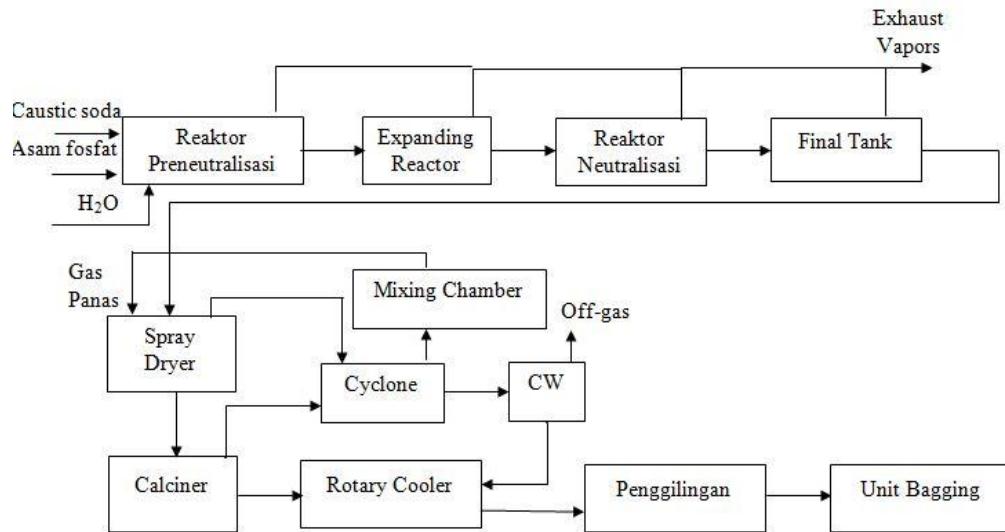
tahap *screening* pada *sieve*. Tahap akhir yaitu *bagging scale* sebelum produk siap di distribusikan.

1.3.2. Proses Hoechst-Knapsack



Gambar 1.2 Proses Hoechst-Knapsack

Menurut Ullmann's (1990), proses Hoechst-Knapsack untuk pembuatan *tetrasodium pyrophosphate* adalah proses *single stage* yang melibatkan *spray drying towers*. *Caustic soda* dan *phosphoric acid* dari tanki diumpulkan ke dalam *neutralization reactor* dimana di tambahkan larutan NaOH dan *wash water*. Kemudian larutan monofosfat disemprotkan pada 1-2Mpa ke dalam *stainless-steel spray tower*. Pembakar disusun secara konsentris di sekitar nosel dan menghasilkan zona api yang diarahkan secara bersinggungan ke arah pusat menara. Penyemprotan bergerak kebawah *cocurrent* dengan gas burner dan cepat mengalami dehidrasi menjadi TSPP. Partikel yang lebih halus akan dipisahkan dari gas oleh *cyclone*. Gas kemudian dimurnikan lebih lanjut dengan cairan pencuci sebelum keluar ke atmosfer. Produk dari *tetrasodium pyrophosphate* ini masuk ke dalam *rotary cooling drum* dimana produk ini didinginkan terlebih dulu dengan menggunakan *cooling water* sehingga suhu produk berkisar $T = 60^{\circ}\text{C}$. Setelah dari *rotary cooling drum* produk masuk ke dalam silo dan dipacking.



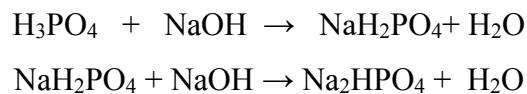
Gambar 1.3 Proses Kombinasi Dari Proses Dua Tahap Dan Proses Hoechst-Knapsack Pada Pabrik Petrocentral Gresik

1.3.3. Proses Kombinasi dengan *Pretreatment Netralisasi* pada PT. Petrocentral Gresik

Proses pembuatan TSPP dimulai dari *caustic soda* yang berbentuk kristal diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* kemudian dimasukkan ke dalam tangki pelarutan yang dilengkapi pengaduk dan pemanas. Bersamaan itu pula dipompaan air dari tangki air proses sehingga *caustic soda* dapat larut dalam tangki pelarutan. Proses netralisasi adalah proses pencampuran atau penetralan asam fosfat dengan *caustic soda* dalam tangki netralisasi sehingga diperoleh larutan garam. Proses netralisasi ini merupakan tahap yang menentukan untuk mendapatkan produk akhir *Tetrasodium Pyrophosphate* yang mempunyai konversi tinggi. *Caustic soda* masuk ke reaktor bersamaan itu dialiri asam fosfat yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *heat exchanger*.

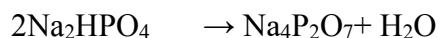
Karena reaksi netralisasi menghasilkan foam maka dibutuhkan *expanding reactor* (reaktor perpanjangan) agar terdapat cukup waktu untuk foam menghilang dengan sistem vakum. Reaksi antara asam fosfat dengan *caustic soda* diatur sedemikian rupa dengan mol rasio antara asam fosfat dan *caustic soda* = 5 : 3 dimana asam fosfat dan *caustic soda* merupakan basis perhitungan. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis sehingga untuk menjaga agar suhu reaksi tidak tinggi,

maka diberikan *jacket* pendingin dengan air. Reaksi netralisasi ini adalah sebagai berikut:



Jika sudah didapatkan mol ratio yang seimbang maka *monodilye* akan dialirkan ke tangki penampungan final. *Monodilye* yang sudah sesuai mol rasinya akan difilter menggunakan *wire mesh* dengan ukuran 60 *mesh*. Lalu dipompa menggunakan *high pressure pump* menuju *spray dryer*. Gas panas berasal dari *burner* yang menggunakan bahan bakar gas alam (propana dan metana). Gas panas dari *calciner* akan ditangkap oleh *cylcon* untuk memisahkan debu dan gas panasnya, kemudian dicampur dengan gas panas dari *burner* di *mixing chamber*. Gas panas akan kontak langsung secara *counter-current* dengan monodilye lalu membentuk *orthophosphate* yang berbentuk kasar dengan suhu sekitar 90° C. Gas hasil pengeringan dari *spray dryer* dialirkan ke *cyclone* untuk dipisahkan debunya, lalu ditangkap oleh *exhaust fan*, kemudian menuju *scrubber*. Pada *scrubber*, disemprotkan *polluted cooling water* agar debu-debu yang terikut larut ke dalam air, sehingga udara menjadi bersih. Lalu terdapat *demister* yang akan menangkap debu-debu yang kemungkinan masih lolos sebelum akhirnya menuju atmosfir.

Yang dimaksud dengan tahap reaksi pembentukan produk disini adalah reaksi pembentukan *Tetrasodium Pyrophosphate* dari garam *orthophosphate* kering. Reaksi yang terjadi :



Reaksi ini berlangsung dalam *rotary kiln*. Gas panas kontak dengan ortophosphate secara *counter current*. Gas panas berasal dari *burner* yang menggunakan bahan bakar gas alam dengan suhu 450° C. Produk dari *calciner* adalah *Tetrasodium Pyrophosphate* yang bersuhu sekitar 350°C. Peralatan yang dipakai pada proses pendinginan ini adalah *rotary cooler* dan *cooling water non polluted*. *Cooling water* tidak kontak langsung dengan *Tetrasodium Pyrophosphate* tetapi melalui *plate-plate* pada *rotary cooler*. *Tetrasodium Pyrophosphate* keluar dari *rotary cooler* pada suhu 60°C.

Tetrasodium Pyrophosphate yang telah didinginkan diumpankan kedalam *vibrating screen* yang bertujuan untuk mengatur *particel size*. Lalu diangkut menuju *bagging unit* menggunakan *conveyor*. Setelah dimasukkan kedalam *hopper storage*, maka *Tetrasodium Pyrophosphate* akan mengalir secara fluidisasi ke *packing machine jumbo bag* dengan berat 1 ton dan *small bag* dengan berat 25kg. Produk *Tetrasodium Pyrophosphate* berbentuk powder (*technical grade*).

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1 Asam fosfat

- Sifat Fisika

Nama lain	: Asam Ortofosfat
Rumus Kimia	: H ₃ PO ₄
Berat Molekul	: 98 gram/mol
Densitas (30°C)	: 1,572 gr/cm ³
Wujud	: Cair
Titik didih	: 158 °C
Titik leleh	: 94 °C
<i>Specific Gravity</i>	: 1,685 pada suhu 25 °C (Air = 1)
<i>Vapor Pressure</i>	: 0,3 kPa pada suhu 20°C
<i>Vapor Density</i>	: 3,4 (Air = 1)

(Perry, 1999)

- Sifat Kimia

- a) Mudah larut dalam air panas dan larut dalam air dingin
- b) Bereaksi dengan logam untuk membebaskan gas hidrogen yang mudah terbakar
- c) Reaktif dengan zat pengoksidasi, bahan mudah terbakar, logam, dan alkali

1.4.2 Natrium Hidroksida

- Sifat Fisika

Nama lain	: <i>Caustic Soda</i>
Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 40 gram/mol
Wujud	: Putih, kristal

Titik leleh	: 12 °C
Titik didih	: 143 °C
Densitas (20°C)	: 1,53 gram/cm ³
<i>Specific Gravity</i>	: 2,130
<i>Specific Heat Capacity</i> :	3,24 J Kg ⁻¹ K ⁻¹
<i>Heat of Fusion</i>	: 6,77 kJ/mol

(Perry, 1999)

- Sifat Kimia
 - a) NaOH murni sangat higroskopik
 - b) NaOH larut dalam pelarut air
 - c) NaOH mudah reaktif dengan oksidator dan logam

1.4.3 *Tetrasodium pyrophosphate*

- Sifat Fisika

Nama lain	: <i>Sodium Pyrophosphate, Tetranatrium diphosphate</i>
Rumus kimia	: Na ₄ P ₂ O ₇
Berat molekul	: 265,95 gram/mol
Densitas	: 2,53 gr/cm ³
Wujud	: Padat
Warna	: Putih
Titik leleh	: 988 °C
<i>Specific Gravity</i>	: 2,45
pH	: 10,4 pada 1% larutan

(Perry, 1999)

- Sifat Kimia
 - a) Mudah larut dalam air panas, larut dalam air dingin, dan tidak larut dalam metanol, dietil eter, n-oktanol
 - b) Apabila kontak dengan sesuatu lembab bertindak sebagai zat pengering dengan formasi Na₄P₂O₇.10H₂O
 - c) Sangat reaktif dengan asam dan logam
 - d) Korosif dengan adanya aluminium, seng, tembaga. Sedikit korosif terhadap korosif dengan adanya baja. Tidak korosif terhadap kaca

1.4.4 Air

Rumus molekul	:	H ₂ O
Berat molekul	:	18,016 kg/kmol
Fase	:	<i>gas</i> atau <i>liquid</i>
Berat jenis	:	0,998 g/cm ³ (293°K)
Titik didih	:	373,15°K
Titik beku	:	273,2°K
$\Delta H_f(298)$:	-2,42E+5 KJ/kmol
Temperatur kritis	:	647,3°K
Tekanan kritis	:	221,2 bar
Kalor penguapan	:	40,656 KJ/mol

(Sinnott, 2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Tetrasodium Pyrophosphate dari Tahun 2012-2018*. (Online). <http://www.bps.go.id/>. (Diakses pada Tanggal 15 November 2019).
- Bank Indonesia. 2020. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). https://www.bi.go.id/id/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp_222220.aspx (Diakses pada Tanggal 28 April 2020).
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Evans, J. E., dan Lobo, W. E. 1939. *Heat Transfer in the Radiant Section of Petroleum Heaters*. New York: Kellog Company.
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. United States of America: Prentice-Hall International.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kementerian PU. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kirk-Othmer. 2013. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 2 Edisi 4*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kirk-Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 23 Edisi 3*. New York: John Wiley and Sons.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 23 April 2020).

- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook 12th Edition*. Oklahoma: University of Tulsa.
- Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2010. Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030.
- Peraturan Daerah No. 5 Tahun 2012. Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Gresik Tahun 2015.
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edisi 4*. Singapore: McGraw Hill.
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. R. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5th Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Shreve, R. N. 1937. *Chemical Process Industries 5th Edition*. Tokyo: McGraw-Hill Book Kogakusha Ltd.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. (Hal. 322: Heat Capacities of the Element). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Ulrich, G. G. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley and Sons.

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1995. Tentang Perseroan Terbatas. (Online). <https://www.bphn.go.id/data/documents/95uu001.pdf>. (Diakses pada Tanggal 12 April 2020).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada Tanggal 12 April 2020).
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education