

2019

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA
PABRIK ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Indira Nur Sakinah 03031381520046

Farra Unzilah Kendari Putri 03031381520062

Palembang, Mei 2019

Pembimbing



Lia Cundari, S.T., M.T.

NIP. 198412182008122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syailol, DEA

NIP. 195810031986031003



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Sulfat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Indira Nur Sakinah dan Farra Unzilah Kendari Putri di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Mei 2019.

Palembang, Mei 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi:

1) Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

NIP. 197503261999032002

2) Novia, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197311052000032003

3) Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197505112000122001

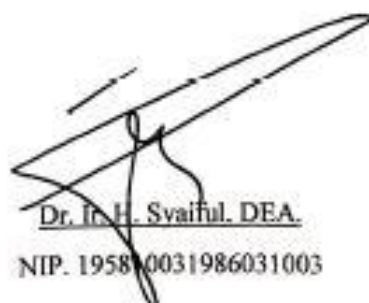
()

()

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Svaiful, DEA.
NIP. 19580031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

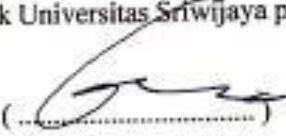
Indira Nur Sakinah	03031381520046
Farra Unzilah Kendari Putri	03031381520062

Judul:

**"PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ASAM SULFAT
DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN"**

Mahasiswa di atas telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Mei 2019 oleh Dosen Penguji :

1) Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

()

NIP. 197503261999032002

Mengetahui.

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful, DEA.
NIP. 19581003196031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indira Nur Sakinah

NIM : 03031381520046

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Sulfat dengan
Kapasitas 100.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Farra Unzilah Kendari Putri** 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 aturanc yang berlaku.

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

Palembang, Juni 2019



Indira Nur Sakinah

NIM. 03031381520046



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farra Unzilah Kendari Putri
NIM : 03031381520062
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Sulfat dengan
Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Indira Nur Sakinah** 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, Juni 2019



Farra Unzilah Kendari Putri

NIM, 03031381520062



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Sulfat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkan 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) Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
 - 3) Ibu Lia Cundari, S. T., M. T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
 - 4) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan dukungan dan saran.
- Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-macam Proses	3
1.3.1. Proses Bilik	3
1.3.2. Proses Kontak	4
1.3.3. Proses <i>Wet Sulfuric Acid</i> (WSA)	4
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia	5
1.4.1. Sulfur	5
1.4.2. Sulfur Dioksida	5
1.4.3. Sulfur Trioksida	5
1.4.4. Oksigen	6
1.4.5. Air	6
1.4.6. Asam Sulfat	7
1.4.7. Vanadium Pentoksida	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Pemilihan Bahan Baku	9
2.3. Penentuan Kapasitas	10
2.4. Pemilihan Proses	11
2.5. Uraian Proses	11

BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	14
3.1. Lokasi Pabrik	14
3.1.1. Penyediaan Bahan Baku Produksi	14
3.1.2. Pemasaran	15
3.1.3. Keadaan Lingkungan dan Iklim	16
3.1.4. Utilitas	16
3.1.5. Tenaga Kerja	17
3.1.6. Pengolahan Limbah	17
3.2. Tata Letak Peralatan	17
3.3. Tata Letak Pabrik	18
3.4. Luas Area Pabrik	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	20
4.1. Neraca Massa	20
4.1.1. Neraca Massa Melter-01 (M-01)	20
4.1.2. Neraca Massa Combustion Chamber-01 (CC-01)	20
4.1.3. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)	21
4.1.4. Neraca Massa Partial Condenser-01 (PC-01)	22
4.1.5. Neraca Massa Mix Point-01 (MP-01)	22
4.1.6. Neraca Massa Tee-01 (TE-01)	23
4.1.7. Neraca Massa Reaktor-02 (R-02)	23
4.1.8. Neraca Massa Partial Condenser-01 (PC-01)	24
4.1.9. Neraca Massa Mix Point-02 (MP-02)	24
4.1.10. Neraca Massa Mix Point-03 (MP-03)	25
4.1.11. Neraca Massa Mix Point-04 (MP-04)	25
4.2. Neraca Panas	25
4.2.1. Neraca Panas Melter-01 (M-01)	25
4.2.2. Neraca Panas Combustion Chamber-01 (CC-01)	26
4.2.3. Neraca Panas Waste Heat Boiler-01 (WHB-01)	26
4.2.4. Neraca Panas Reaktor-01 (R-01)	27
4.2.5. Neraca Panas Waste Heat Boiler-04 (WHB-04)	28
4.2.6. Neraca Panas Partial Condenser-01 (PC-01)	29

4.2.7. Neraca Panas Heat Exchanger-01 (HE-01)	29
4.2.8. Neraca Panas Mix Point-01 (MP-01)	29
4.2.9. Neraca Panas Heat Exchanger-02 (HE-02)	30
4.2.10. Neraca Panas Heater-01 (H-01)	30
4.2.11. Neraca Panas Reaktor-02 (R-02)	30
4.2.12. Neraca Panas Partial Condenser-02 (PC-02)	32
4.2.13. Neraca Panas Cooler-01 (C-01)	32
4.2.14. Neraca Panas Cooler-02 (C-02)	32
BAB V UTILITAS	33
5.1. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	33
5.1.1. <i>Steam</i> Pemanas	33
5.1.2. <i>Steam</i> Penggerak Turbin	34
5.1.3. Total Kebutuhan <i>Steam</i>	34
5.2. Unit Penyediaan Air	34
5.2.1. Air Proses	34
5.2.2. Air Pendingin	35
5.2.3. <i>Boiler Feed Water</i> (BFW)	37
5.2.4. Air Domestik	38
5.2.5. Total Kebutuhan Air	39
5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik	40
5.3.1. Peralatan Pabrik	40
5.3.2. Penerangan Pabrik	40
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	41
5.3.4. Generator	41
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	42
5.4.1. Generator	42
5.4.2. Combustion Chamber	42
5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar	43
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	44
6.1. Warehouse-01 (WH-01)	44
6.2. Belt Conveyor-01 (BC-01)	45

6.3. Bucket Elevator-01 (BE-01)	46
6.4. Hopper-01 (HP-01)	47
6.5. Belt Conveyor-02 (BC-02)	48
6.6. Bucket Elevator-02 (BE-02)	49
6.7. Melter-01 (M-01)	50
6.8. Pompa-01 (P-01)	51
6.9. Combustion Chamber-01 (CC-01)	52
6.10. Waste Heat Boiler-01 (WHB-01)	53
6.11. Reaktor-01 (R-01)	54
6.12. Waste Heat Boiler-02 (WHB-02)	55
6.13. Waste Heat Boiler-03 (WHB-03)	56
6.14. Waste Heat Boiler-04 (WHB-04)	57
6.15. Blower-01 (BL-01)	58
6.16. Partial Condenser-01 (PC-01)	59
6.17. Blower-02 (BL-02)	60
6.18. Heat Exchanger-01 (HE-01)	61
6.19. Blower-03 (BL-03)	62
6.20. Blower-04 (BL-04)	62
6.21. Heat Exchanger-02 (HE-02)	63
6.22. Heater-01 (H-01)	64
6.23. Reaktor-02 (R-02)	65
6.24. Waste Heat Boiler-05 (WHB-05)	66
6.25. Blower-05 (BL-05)	67
6.26. Partial Condenser-02 (PC-02)	68
6.27. Blower-06 (BL-06)	69
6.28. Cooler-01 (C-01)	70
6.29. Cooler-02 (C-02)	71
6.30. Tangki-01 (T-01)	72
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	73
7.1. Bentuk Perusahaan	73
7.2. Struktur Organisasi	73

7.2.1. Organisasi Lini	74
7.2.2. Organisasi Fungsional	74
7.2.3. Organisasi Garis dan Staf	74
7.3. Tugas dan Wewenang	76
7.3.1. Dewan Komisaris	76
7.3.2. Direktur	76
7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi	76
7.3.4. Manajer Keuangan dan Pemasaran	77
7.3.5. Manajer Kepegawaian dan Umum	78
7.4. Sistem Kerja	79
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-shift</i>	79
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	80
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan	80
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i>	80
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	82
BAB VIII ANALISA EKONOMI	85
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	86
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	87
8.2.1. <i>Pay Out Time (POT)</i>	87
8.2.2. Lama Pengangsuran Hutang	89
8.3. Total Modal Akhir	89
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	89
8.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	90
8.4. Laju Pengembalian Modal	91
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	91
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	91
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	92
8.5.1. Metode Matematis	92
8.5.2. Metode Grafis	93
BAB IX KESIMPULAN	96
DAFTAR PUSTAKA	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Kapasitas Pabrik Asam Sulfat di Indonesia	2
Tabel 1.2. Perbandingan Proses Bilik, Proses Kontak, dan Proses WSA	4
Tabel 2.1. Data Impor Asam Sulfat di Indonesia	10
Tabel 5.1. Kebutuhan <i>Steam</i> Pemanas	33
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Proses	35
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Pendingin	35
Tabel 5.4. Kebutuhan BFW	37
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan Pabrik	40
Tabel 7.1. Pembagian Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	80
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	82
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Pinjaman	88
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pabrik Pembuatan Asam Sulfat	13
Gambar 3.1. Denah Lokasi Pabrik	14
Gambar 3.2. Denah Lokasi dengan Sumber Bahan Baku	15
Gambar 3.3. Denah Lokasi Distribusi Asam Sulfat di Pulau Jawa	15
Gambar 3.4. Denah Lokasi Pabrik dengan Sumber Utilitas	16
Gambar 3.5. Tata Letak Peralatan Pabrik	17
Gambar 3.6. Tata Letak Pabrik	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	84
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	94

DAFTAR NOTASI

1. 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

2. BLOWER

A	= Luas permukaan <i>blower</i> , ft ²
D_{opt}	= Diameter optimum pipa, in
P	= Tekanan <i>blower</i> , in H ₂ O
Q	= Debit volumetric, ft ³ /jam
W_s	= Laju alir massa, kg/jam
V	= Kecepatan udara, ft/detik
ρ	= Densitas, kg/m ³

3. COMBUSTION CHAMBER

C	= Korosi maksimum, in
D	= Diameter <i>combustion chamber</i> , m
E	= <i>Joint efficiency</i>

F_{Ao}	= Mol senyawa
E_a	= Energi aktivasi, kkal/kmol
M_A	= Berat molekul senyawa 1, kg/kmol
M_B	= Berat molekul senyawa 2, kg/kmol
k	= Konstanta kecepatan reaksi, $\text{cm}^3/\text{mol.s}$
L	= Panjang <i>combustion chamber</i> , m
P	= Tekanan, psi
R_g	= Konstanta gas
S	= <i>Working stress allowable</i> , psi
T	= Temperatur reaksi, K
t	= Tebal dinding <i>combustion chamber</i> , in
V	= Volume reaktor, m^3
σ_{AB}	= Diameter efektif rata-rata senyawa, cm

4. COOLER, HEATER, HEAT EXCHANGER, PARTIAL KONDENSOR, WASTE HEAT BOILER

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, $\text{Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$
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	= Logarithmic 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
Re	= Bilangan Reynold, dimensionless
s	= Specific gravity
T_1, T_2	= Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	= 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.ft².°F

W_1 = Laju alir massa fluida panas, lb/jam

W_2 = Laju alir massa fluida dingin, lb/jam

μ = Viskositas, cp

5. HOPPER

C = Faktor korosi, in

D = Diameter *shell*, ft

d = Diameter ujung konis, ft

E = *Welded joint efficiency*

F = *Allowance stress*, psi

h = Tinggi silo, ft

G = Laju Alir Massa, kg/s

g = Percepatan Gravitasi, m/s²

P = Tekanan, atm

T = Temperatur, K

V_t = Volume tangki, m³

W_s = Laju alir massa, kg/jam

α = *Wall angle conical*

ρ = Densitas, kg/m³

β = Sudut Silo

6. MELTER

A	= Luas permukaan <i>coil</i> , m ²
C	= Korosi maksimum, in
C _p	= <i>Heat capacity</i> , kJ/kmol.K
D _a	= Diameter <i>vessel</i> , in
D _i	= Diameter <i>impeller</i> , ft
E	= <i>Joint efficiency</i>
G _t	= Kecepatan alir, lb/ft ² .s
H _d	= <i>Dished head</i> , ft
H _L	= Tinggi cairan, ft
H _{Ls}	= Tinggi cairan di <i>shell</i> , ft
k	= Konduktivitas termal, W/m.K
L _i	= Panjang <i>impeller</i> , ft
N _{re}	= Bilangan Reynold
n	= Jumlah pengaduk
P _{ops}	= Tekanan operasi, psi
th	= Tebal <i>head</i> , in
S	= <i>Working stress allowable</i>
V _t	= Volume tangki, m ³
V _d	= Volume tutup tangka, ft ³

w	= Lebar <i>baffle</i> , ft
WELH	= <i>Water Equivalent Liquid Height</i>
W_i	= Tebal <i>impeller</i> , ft
W_s	= Laju alir massa, kg/jam
Z_i	= Tinggi <i>impeller</i> dari dasar tangka, ft
ρ	= Densitas, kg/m ³
μ	= Viskositas, cp

7. POMPA

A	= Area alir pipa, in ²
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_i \text{ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_f \text{ suc}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_f \text{ dis}$	= 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 ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumetrik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, Psi

8. REAKTOR

C_{Ao}	= konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	= Tebal korosi yang dizinkan, atm
D_K	= Diameter katalis, cm
F_{Ao}	= Laju alir umpan, kmol/jam
g	= Gravitasi
H _r	= Tinggi Reaktor, m
ID	= Inside Diameter, m

k	= Konstanta laju reaksi, $\text{m}^3/\text{kmol.s}$
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. $^{\circ}\text{C}$
t	= Tebal dinding vessel
V_K	= Volume katalis, m^3
V_t	= Volume reaktor, m^3
W_k	= Berat katalis
X	= Konversi
ρ	= Densitas
ε_A	= Voidage
ϕ	= Porositas Katalis
σ	= Diameter Partikel, cm

9. TANGKI

C	= Tebal korosi yang diizinkan
D	= Diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, dimensionless

h	= Tinggi head, m
H	= Tinggi silinder, m
H_T	= Tinggi total tangki, m
P	= Tekanan Operasi, atm
S	= Working stress yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur Operasi, K
t	= Lama persediaan/penyimpanan, hari
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

10. WAREHOUSE

H	= Tinggi, ft
L	= Panjang, ft
P	= Tekanan Operasi, atm
T	= Temperatur Operasi, K
V_t	= Kapasitas, m^3
W	= Lebar, ft

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA	101
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS	133
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN	188
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI	367

ABSTRAK

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Mei 2019

Indira Nur Sakinah dan Farra Unzilah Kendari Putri; Dibimbing oleh Lia Cundari, S.T., M.T.
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
xvii + 100 halaman, 12 tabel, 9 gambar, 4 lampiran

INTISARI

Pabrik pembuatan asam sulfat dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 5,5 Ha. Bahan baku dari pembuatan asam sulfat ini adalah sulfur, udara, dan air. Proses pembuatan asam sulfat ini mengacu pada US Patent No. 2018/127271 A1 dengan proses pembakaran sulfur membentuk sulfur dioksida, proses oksidasi sulfur dioksida membentuk sulfur trioksida, dan proses hidrasi sulfur trioksida membentuk produk asam sulfat. Reaktor pertama dan kedua adalah reaktor jenis *fixed multibed reactor* yang menggunakan katalis V_2O_5 . Reaktor pertama beroperasi pada temperatur 420°C dan tekanan 1,5 atm sedangkan reaktor kedua beroperasi pada temperatur 370°C dan tekanan 1,5 atm.

Pabrik ini akan didirikan dengan menganut bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 161 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik etanol ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 29.575.767,840
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 27.066.654,860
- *Total Penjualan per Tahun (SP)* = US\$ 45.000.000,00
- *Annual Cash Flow* = US\$ 14.838.513,300
- *Pay Out Time* = 1,081 tahun
- *Rate of Return* = 42,445%
- *Break Even Point* = 28,759%
- *Servise Life* = 11 tahun

Kata Kunci: Sulfur, Asam Sulfat, *Wet Sulfuric Acid*, *Fixed Multibed Reactor*, Analisa Ekonomi

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

Pembimbing Tugas Akhir

Lia Cundari, S.T., M.T.
NIP. 198412182008122002

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap tahun industri kimia di Indonesia mengalami peningkatan baik dalam kualitas maupun kuantitas, seiring dengan peningkatan kebutuhan di berbagai bidang yaitu industri, ilmu pengetahuan, dan pengembangan teknologi. Industri kimia memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kebutuhan impor dan peluang ekspor, dimana faktor tersebut berdampak kepada perekonomian negara. Ketersediaan bahan baku dalam negeri dan pengembangan proses dapat mempengaruhi perkembangan industri kimia.

Salah satu produk industri dengan jumlah permintaan yang tinggi ialah asam sulfat. Asam sulfat banyak digunakan sebagai bahan baku berbagai industri, seperti industri pupuk, proses alkilasi, proses *leaching* bijih logam, serta pembuatan titanium oksida, kertas, dan karet. Kebutuhan asam sulfat yang diproyeksikan melalui data impor di Indonesia menunjukkan angka sekitar 300.000-500.000 ton per tahun dimana data impor tertinggi ditunjukkan pada tahun 2016 yaitu sebesar 494.713,832 ton (Badan Pusat Statistik, 2019). Senyawa asam sulfat tersebut diimpor dari berbagai negara seperti Korea, Filipina, dan Jepang (UN Comtrade Database, 2016). Impor dari beberapa negara tersebut menyebabkan biaya produksi pabrik yang menggunakan asam sulfat menjadi lebih tinggi.

Berdasarkan berita yang diterbitkan oleh Kompas.com (2017), salah satu industri kimia di Indonesia yang membutuhkan senyawa asam sulfat pada proses produksinya ialah PT Petrokimia Gresik yaitu sebesar 2,23 juta ton per tahun. Penyediaan asam sulfat dalam negeri belum dapat mencukupi kebutuhan industri tersebut, sehingga dilakukan impor sebanyak 82.000 ton per tahun. PT Petrokimia Gresik setiap tahunnya meningkatkan kapasitas produksi pupuk, dimana pada tahun 2016 bernilai 7,73 juta ton per tahun dan meningkat menjadi 8,96 juta ton per tahun pada tahun 2017 (Kompas, 2017). Kapasitas beberapa pabrik asam sulfat yang ada di Indonesia belum memenuhi kebutuhan asam sulfat dari pabrik kimia lainnya. Data kapasitas pabrik asam sulfat yang ada di Indonesia disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Data Kapasitas Pabrik Asam Sulfat di Indonesia

Pabrik Asam Sulfat	Kapasitas (ton/tahun)
PT Indonesian Acid Industry	82.500 ^(a)
PT Petro Jordan Abadi	600.000 ^(b)
PT Smelting	920.000 ^(c)
PT Petrokimia Gresik	1.170.000 ^(d)

(Sumber: *a. Indoacid, 2019, b. PT PJA, 2019, c. PT Smelting, 2019, d. Petrokimia Gresik, 2019*)

Bahan baku pembuatan senyawa asam sulfat ialah sulfur. Sumber bahan baku sulfur dalam bentuk bongkahan mineral berasal dari proses penambangan di gunung berapi yang masih aktif. Beberapa perusahaan tambang sulfur yang ada di Indonesia mengeksplorasi sulfur di Gunung Tangkuban Perahu, Gunung Dieng, dan Gunung Ijen (Sumarti, 2010). Berdasarkan redaksi dari Geomagz (2012) produksi belerang di Gunung Ijen mencapai 40 ton per hari dan nilai tersebut hanya sekitar 20% dari potensi penambangan belerang menurut analisis Badan Geologi dari Kementrian ESDM. Selain dalam bentuk mineral, sulfur di alam dapat berupa H_2S dan SO_2 yang terkandung di dalam gas alam. Proses produksi asam sulfat yang secara umum digunakan pada industri asam sulfat adalah proses kontak. Proses ini merupakan pengembangan dari proses bilik, dimana proses kontak lebih sederhana dengan konversi sebesar 98% (Shreve, 1937).

Kebutuhan asam sulfat yang belum dipenuhi oleh industri asam sulfat di Indonesia, ketersediaan bahan baku pembuatan asam sulfat, dan proses pembuatan asam sulfat yang tergolong sederhana melatarbelakangi pembangunan pabrik asam sulfat di Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Asam sulfat pertama kali ditemukan pada abad ke-8 oleh Alkimiawan bernama Geber dan senyawa ini dikaji oleh Rhazes pada abad ke-9 melalui distilasi kering mineral yang mengandung besi(II) sulfat heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) dan

tembaga(II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Senyawa tersebut terurai menjadi besi(II) oksida dan tembaga(II) oksida, serta melepaskan air dan sulfur trioksida. Kedua senyawa tersebut dapat bereaksi dan menghasilkan asam sulfat. Kimiawan bernama Johann Glauber pada abad ke-17 menghasilkan asam sulfat melalui pembakaran sulfur dan KNO_3 menggunakan uap sehingga KNO_3 terurai dan mengoksidasi sulfur membentuk SO_3 yang bereaksi dengan air membentuk H_2SO_4 .

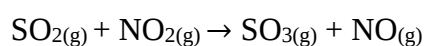
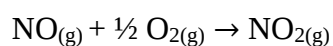
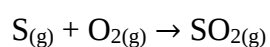
Terdapat tiga proses dalam pembuatan senyawa asam sulfat, yaitu proses bilik, proses kontak, dan proses *Wet Sulfuric Acid* (WSA). Proses bilik diadaptasikan oleh John Roebuck dengan metode dari Johan Glauber ke dalam suatu bilik sehingga asam sulfat yang dihasilkan lebih banyak. Proses jenis ini merupakan standar pembuatan asam sulfat selama dua abad. Tahun 1831, Peregrine Philips mematenkan proses yang lebih ekonomis dalam pembuatan sulfur trioksida dan asam sulfat, dimana proses ini disebut proses kontak yang hampir digunakan pada seluruh produksi senyawa asam sulfat di dunia karena memiliki konversi yang lebih tinggi (Anwardah, 2016).

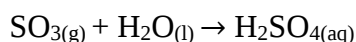
1.3. Macam-macam Proses

Pembuatan asam sulfat terdiri dari tiga jenis proses yaitu proses bilik, proses kontak, dan proses *Wet Sulfuric Acid* (WSA). Proses kontak dan proses WSA merupakan pengembangan dari proses bilik, dimana kondisi operasi, katalis, konversi, dan konsentrasi produk pada proses kontak lebih efisien. Perbandingan antara proses bilik, proses kontak, dan proses WSA, ditampilkan pada tabel 1.2.

1.3.1 Proses Bilik

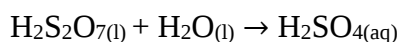
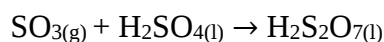
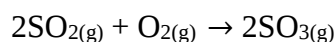
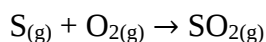
Gas SO_2 dan NO serta gas dari menara Gay Lussac, dialirkan menuju menara Glover. Produk dari menara Glover dialirkan ke bilik timbal dan disemprotkan dengan air menghasilkan asam sulfat. Sebagian asam sulfat dialirkan ke dalam menara Gay Lussac guna menyerap gas NO dan NO_2 sebagai katalisator. Menara Gay Lussac berfungsi untuk *recovery* katalisator gas NO dan NO_2 dan menara Glover berguna untuk memekatkan hasil asam sulfat keluaran bilik timbal.





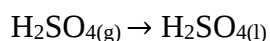
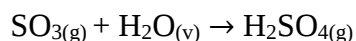
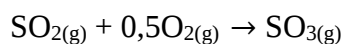
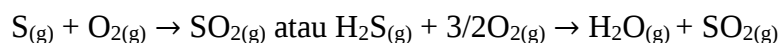
1.3.2. Proses Kontak

Proses kontak ialah proses mengalirkan sulfur dioksida dengan udara melalui katalis. Proses tersebut diikuti dengan absorpsi sulfur trioksida di dalam asam sulfat dengan konsentrasi 98,5%-99,5%. Pengembangan dari proses kontak ialah penggunaan *excess* oksigen dalam campuran gas. Katalis yang digunakan pada proses ini berupa zat padat dan berpori-pori antara lain Pt, V₂O₅, dan Fe₂O₃.



1.3.3. Proses *Wet Sulfuric Acid* (WSA)

Proses *Wet Sulfuric Acid* (WSA) dikembangkan dan dikomersialkan pada awal tahun 1980-an oleh Haldor Topsoe A/S. Bahan baku yang digunakan merupakan komponen sulfur dan oksigen untuk membentuk gas SO₂. Kemudian, SO₂ direaksikan dengan O₂ menggunakan katalis V₂O₅ membentuk SO₃. SO₃ akan dihidrasi menjadi gas H₂SO₄ dan dikondensasikan di WSA *condenser* membentuk H₂SO₄ *liquid*.



Tabel 1.2. Perbandingan Proses Bilik, Proses Kontak, dan Proses WSA

Perbandingan	Proses Bilik	Proses Kontak	Proses WSA
Kondisi Operasi ^(b)	Menara Glover: 425-660°C	Reaktor: 400-450°C	Reaktor: 420-440°C
	Menara Gay Lussac: 40-60°C		

Bilik Timbal: 400-600°C			
Katalis ^(a)	NO dan NO ₂	V ₂ O ₅	V ₂ O ₅
Konversi ^(a)	77%-79%	98,5%-99%	99%
Konsentrasi Produk ^(b)	72%	98,5%	98%
Biaya Produksi ^(a)	Tinggi	Rendah	Rendah

(Sumber: *a) Novitasari, 2012, b) Rahayu, 2013*)

1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia (Perry, 1997)

1.4.1. Sulfur

1. Sifat Fisika

Rumus molekul	: S
Berat molekul	: 32,065 gr/mol
Densitas	: 2 gr/cm ³
Titik didih	: 444,6°C
Titik leleh	: 115,21°C
Temperatur kritis	: 1040,85°C
Tekanan kritis	: 204,2931 atm

2. Sifat Kimia

Sulfur dalam fase padat (kristal) memiliki warna kuning pucat dan tidak larut dalam air. Unsur ini merupakan unsur non logam multivalen dan tidak memiliki rasa dan bau.

1.4.2. Sulfur Dioksida

1. Sifat Fisika

Rumus molekul	: SO ₂
Berat molekul	: 64,065 gr/mol
Densitas	: 2,6288 gr/dm ³
Titik didih	: -10°C
Titik leleh	: -75,5°C
Temperatur kritis	: 157,6°C

Tekanan kritis : 77,572169 atm

2. Sifat Kimia

Sulfur dioksida merupakan gas beracun dengan bau yang menyengat, bersifat korosif, dan tidak mudah terbakar. Senyawa ini larut di dalam air dan bersifat cukup stabil.

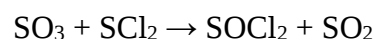
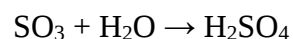
1.4.3. Sulfur Trioksida

1. Sifat Fisika

Rumus molekul : SO_3
Berat molekul : 80,064 gr/mol
Densitas : 1,92 gr/cm³
Titik didih : 44,6°C
Titik leleh : 16,83°C
Temperatur kritis : 217,7°C
Tekanan kritis : 80,829016 atm

2. Sifat Kimia

Fase padat dari sulfur trioksida berwarna putih namun pada temperatur ruangan dan tekanan atmosfer senyawa ini memiliki fase cair yang tidak berwarna. SO_3 dapat bereaksi dengan air membentuk asam sulfat dan bereaksi dengan sulfur diklorida menghasilkan *reagent* tionil klorida. Berikut merupakan reaksi dari SO_3 .



1.4.4. Oksigen

1. Sifat Fisika

Rumus molekul : O_2
Berat molekul : 32,00 gr/mol
Densitas : 1,429 gr/dm³
Titik didih : -183°C
Titik leleh : -218,4°C
Temperatur kritis : -118,57°C
Tekanan kritis : 49,543458 atm

2. Sifat Kimia

Oksigen memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa pada temperatur dan tekanan standar. Oksigen dapat bereaksi dengan seluruh senyawa kimia selain gas inert. Jumlah massa oksigen di alam sangat melimpah setelah hidrogen dan helium.

1.4.5. Air

1. Sifat Fisika

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,00 gr/mol
Densitas	: 0,9941 gr/dm ³
Titik didih	: 100°C
Titik leleh	: 0°C
Temperatur kritis	: 374,3°C
Tekanan kritis	: 217,6 atm

2. Sifat Kimia

Air merupakan pelarut universal dengan nilai pH 7. Beberapa senyawa yang menggunakan air sebagai pelarut adalah garam, gula, asam, dan beberapa molekul organik.

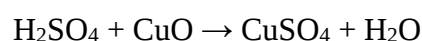
1.4.6. Asam Sulfat

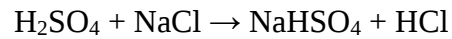
1. Sifat Fisika

Rumus molekul	: H ₂ SO ₄
Berat molekul	: 98,08 gr/mol
Densitas	: 1,8302 gr/cm ³
Titik didih	: 340°C
Titik leleh	: 10,49°C
Temperatur kritis	: 654°C
Tekanan kritis	: 45,4 atm

2. Sifat Kimia

Asam sulfat merupakan asam kuat dan bersifat sangat korosif, menyebabkan iritasi, dan eksplosif. Berikut merupakan reaksi asam sulfat dengan basa dan garam.





1.4.7. Vanadium Pentaoksida

1. Sifat Fisika

Rumus molekul	: V_2O_5
Berat molekul	: 181,8800 gr/mol
Densitas	: 3,357 gr/cm ³
Titik didih	: 1750°C
Titik leleh	: 690°C

2. Sifat Kimia

Vanadium pentaoksida berwarna kuning oranye dan memiliki kelarutan yang relatif kecil dalam air. Vanadium pentaoksida digunakan sebagai katalis dalam pembuatan asam sulfat, keramik, dan anhidrida maleat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwardah. 2016. *Sifat, Pembuatan, dan Kegunaan Asam Sulfat*. (Online). <http://sainskimia.com/2016/07/22/sifat-pembuatan-dan-kegunaan-asam-sulfat/>. (Diakses pada Tanggal 28 Januari 2019)
- Artikel Teknologi. 2019. *Komponen-Komponen Turbin Gas*. (Online). <http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbin-gas/2/>. (Diakses pada Tanggal 5 Mei 2019)
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Asam Sulfat dari Tahun 2014-2018*. (Online). <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/930>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- Barrios, M. E. R., Duran, C. A. R., Martinez, I. A. O., dan Bolano, L. P. 2016. Modelling and Simulation of a Catalytic Reactor for the Oxidation of SO₂ to SO₃, Using V₂O₅ as Catalyst. *Prospect*. Vol. 14(1): 1.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J., dan Jack, R. 2003. *Chemical Engineering 3th Edition Volume 6*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Felder, R. M. 2000. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Flack, R. D. 2005. *Fundamentals of Jet Propulsion With Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Fogler, S. H. 2004. *Element of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. United States of America. Prentice-Hall International.
- Geomagz. 2012. *Ijen, Penghasil Belerang Nomor Satu*. (Online). <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/ijen-penghasil-belerang-nomor-satu/>. (Diakses pada Tanggal 28 Januari 2019)

- Henderson, R. E., dan William, B. S. 1989. *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Indoacid. 2019. *Produk Asam Sulfat*. (Online). http://www.indoacid.com/ind/asam_sulfat_i.htm. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- J. M. Smith. 1982. *Chemical Engineerin Kinetics*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- King, M. J. 2006. *Sulfuric Acid Manufacture 2nd Edition*. New York: Elsevier Ltd.
- Kompas. 2017. *Petrokimia Gresik: "Smelter" Freeport Dukung Kedaulatan Pangan*. <https://sains.kompas.com/read/2017/01/05/140602226/petrokimia.gresik.smelter.freeport.dukung.program.kedaulatan.pangan?page=all>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- Lefebvre, A. H. 1983. *Gas Turbine Combustion*. United States of America. Hemisphere Publishing Corporation.
- Lykke, M., Sverdrup, R., dan Thellefsen, M. 2018. *Process for Production of Sulfuric Acid*. US Patent No: 2018/0127271 A1.
- Muller, dan Hermann. 2016. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Muller, dan Hermann. 1992. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol. B4*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Novitasari, Y. 2012. *Prarancangan Pabrik Asam Sulfat dengan Proses Kontak Absorpsi Ganda Kapasitas 100.000 Ton/Tahun*. (Online). <https://www.scribd.com/document/339717684/Yesi-Novitasari-I-050701>. (Diakses pada Tanggal 28 Januari 2019)
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.

- Pertamina. 2019. *Spesifikasi Minyak Bakar 2*. (Online). <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/30537/minyak-bakar-2.pdf>. (Diakses pada Tanggal 15 Maret 2019)
- Peters, M. S. 1991. *Plant Design and Chemical Engineers*. Singapore: McGraw Hill.
- Petrokimia Gresik. 2019. *Produk Bahan Kimia*. (Online). <http://www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Bahan.Kimia>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- PT. Benteng Api Refractorindo. 2019. *Bata Tahan Api*. (Online). <http://www.bentengapirefractoindo.co.id/index.php/fire-brick>. (Diakses pada Tanggal 5 Mei 2019)
- PT. Petro Jordan Abadi. 2019. *Produk*. (Online). <https://www.pja-gresik.com/index.php?hal=product>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- PT. Smelting. 2019. *By Product*. (Online). <http://www.ptsmelting.com/product.htm>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- Purdue University. 2019. *Burner (Combustor)*. (Online). <https://engineering.purdue.edu/AAE/research/propulsion/Info/jets/basics/burner>. (Diakses pada Tanggal 5 Mei 2019)
- Rahayu, S. A. 2013. *Laporan Akhir Praktikum Laboratorium Lingkungan*. Padang: Universitas Andalas Padang.
- Rumah.com. 2013. *Situs Properti Terdepan di Indonesia*. (Online). <http://www.rumah123.com>. (Diakses pada Tanggal 17 April 2019)
- Shreve, R. N. 1937. *Chemical Process Industries 5th Edition*. Tokyo: McGraw-Hill Book Kogakusha Ltd.
- Sumarti, S. 2010. *Kawah Ijen Penghasil Belerang Terbesar*. (Online). <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kawah-ijen-penghasil-belerang-terbesar>. (Diakses pada Tanggal 28 Januari 2019)
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.

- UN Comtrade Database. 2016. *Data Impor Asam Sulfat Tahun 2014-2018*. (Online). <https://comtrade.un.org/data>. (Diakses pada Tanggal 27 Januari 2019)
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1995. Tentang Perseroan Terbatas. (Online). <https://www.bphn.go.id/data/documents/95uu001.pdf>. (Diakses pada Tanggal 19 April 2019)
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada Tanggal 19 April 2019)
- Ulfah, N. 2015. *Sistem Pengendalian Manajemen*. (Online). https://www.academia.edu/17207416/Jenis-jenis_struktur_organisasi. (Diakses pada Tanggal 19 April 2019)
- Vataruk, W. M., Hall, R. S., dan Matley, J. 2002. Estimating Process Equipment Costs. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 95, Hal. 66.
- Vilbrandt, F. C. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. New York: McGraw-Hill.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Wiley. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 40 Volume Set, 7th Edition*. (Online). <https://www.wiley.com/en-id/Ullmann's+Encyclopedia+of+Industrial+Chemistry,+40+Volume+Set,+7th+Edition.p9783527329434>. (Diakses pada Tanggal 5 Mei 2019)
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.
- Zuyev, V. S., dan Skubachevskii, L. S. *Combustion Chambers for Jet Propulsion Engines*. USA. Elsevier Ltd.