

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN NATRIUM BIKARBONAT
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

RIFLAH NARDILLAH

03031282126073

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

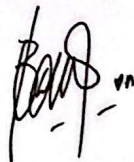
HALAMAN PENGESAHAN
PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN NATRIUM BIKARBONAT
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

SKRIPSI
Dibuat untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

Riflah Nardillah
NIM. 03031282126073

Indralaya, September 2025
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T, M.T, M.Eng.
NIP. 199001272025062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Dr. Ir. Tuti Indri Sari, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Natrium Bikarbonat Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Riflah Nardillah dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 11 September 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Elda Melwita, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197505112000122001

()

2. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T.
NIP. 197503261999032002

()

3. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, R., DEA
NIP. 196010111985032002

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197504012000122001

Indralaya, September 2025

Pembimbing Tugas Akhir

()

Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T, M.T, M.Eng.
NIP. 199001272025062001

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

RIFLAH NARDILLAH

03031282126073

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN NATRIUM BIKARBONAT
KAPASITAS PABRIK 60.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 September 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Elda Melwita, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 197505112000122001

()

2. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T.

NIP. 197503261999032002

()

3. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, R., DEA

NIP. 196010111985032002

()

Indralaya, September 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T, M.T, M.Eng.

NIP. 199001272025062001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riflah Nardillah
NIM : 03031282126073
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Natrium Bikarbonat
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Nafiza Tasvabela 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 sistem yang berlaku.

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

Indralaya, September 2025



Riflah Nardillah

NIM. 03031282126073



KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan rahmat, nikmat, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Natrium Bikarbonat Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini disusun dan dikerjakan secara kelompok bersama Nafiza Tasyabela, namun dengan jadwal sidang yang berbeda. Tugas akhir ini diselesaikan dengan dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Diucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

- 1) Kedua orang tua dan kakak serta adik penulis yang telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, materi, dan doa demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Ir. Bazlina Damawi Afrah, S.T., M.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 5) Ibu Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.
- 6) Bapak/Ibu dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 7) Sahabat dan kakak tingkat yang telah memberi semangat.
Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, September 2025

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah membantu penulis dalam berbagai hal. Berbagai bantuan baik moril maupun materi merupakan hal yang sangat amat membantu dan berkesan bagi penulis dalam jatuh bangunnya penulis selama pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih kepada pihak-pihak tersebut terutama kepada:

- 1) Allah SWT, yang telah memberikan kelapangan hati, kesehatan jasmani serta memberikan kemudahan sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
- 2) Ibu Roslina, selaku ibunda penulis yang telah banyak memberi dukungan, kasih sayang, perhatian, restu dan doa yang tiada henti, serta selalu menjadi tempat bersandar saat lelah hingga akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Tanpa ibunda tercinta, tentu berat bagi penulis untuk dapat bertahan hingga titik ini.
- 3) Almarhum ayah Najamuddin, selaku ayahanda penulis yang telah sangat berjasa memberi banyak dukungan selama masa sekolah. Meski belum sempat membersamai penulis selama perjalanan perkuliahan ini, namun beliau merupakan salah satu alasan penulis tetap bisa bertahan hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
- 4) Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang sangat berjasa dalam kelancaran pengerjaan tugas akhir ini, yang telah mendukung memberi arahan serta memberi ilmu dan restu kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.
- 5) Atak, Cik, Iyu, Dek Ido, selaku kakak dan adik penulis yang telah banyak memberi dukungan, semangat, materi, dan doa demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga segala kebaikan kalian dibalas Allah SWT berkali-kali lipat.
- 6) Nafiza Tasyabela, selaku teman dekat dan partner penulis selama 4 tahun yang telah dengan sabar menemani dan membantu penulis selama masa perkuliahan dan selama pengerjaan KP, Riset, hingga sampai pada pengerjaan Tugas Akhir ini. Begitu banyak bantuan yang tak dapat disebutkan satu per satu, namun hadirnya merupakan salah satu hal yang

sangat disyukuri penulis karena tanpanya tentu perjalanan panjang ini akan terasa berat.

- 7) Dhea Alvira, selaku sahabat dekat seperti saudara bagi penulis yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan terutama selama pengerjaan tugas akhir ini dari awal hingga akhir, yang selalu menemani dengan tulus dalam suka dan duka dan berbagi banyak cerita bersama selama 4 tahun kebersamaan. Salah satu kebahagiaan yang tentu disyukuri karena dapat saling mengenal dan saling membantu. Semoga kebahagiaan selalu menyertai kita dan persahabatan ini dapat terus terjalin selamanya.
- 8) Dinda, Nabila, Nadia, dan Dita, selaku teman dekat penulis yang telah mengukir banyak memori selama 4 tahun kebersamaan, yang telah memberi banyak bantuan, dukungan, semangat, serta kebahagiaan selama masa perkuliahan. Tanpa kalian tentunya masa perkuliahan ini tidak akan semenyenangkan dan se-*memorable* ini. Dimanapun kalian berada, semoga pertemanan kita akan terus terjalin dan bahagia selalu menyertai kalian.
- 9) Ilham Adha Wirayudha yang telah banyak membantu penulis selama 3 tahun ini, memberi dukungan dan semangat, setia menemani jatuh bangunnya penulis selama masa perkuliahan, selalu siap sedia menjadi tempat pulang dalam berbagai keadaan baik senang, sedih, dan lelah. Suatu keberuntungan yang tak terduga bisa bertemu di akhir tahun 2022.
- 10) Seluruh teman-teman jurusan Teknik Kimia Unsri angkatan 2021 yang telah berjuang bersama selama di Teknik Kimia atas kebersamaan serta kenangan yang tentunya tidak akan terlupakan, senang dapat saling mengenal dan berjuang bersama.
- 11) *Last but not least*, kepada diri sendiri, Riflah Nardillah, yang telah berjuang dan bertahan hingga akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini setelah menghadapi begitu banyak rasa lelah selama perjalanan menuju akhir pengerjaan tugas akhir ini. Ini merupakan awal perjalanan panjang yang tentu akan lebih melelahkan, semoga diri ini akan tetap dapat bertahan menghadapi perjalanan hidup selanjutnya tahap demi tahap.

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN NATRIUM BIKARBONAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2025

Riflah Nardillah

Dibimbing oleh Ir. Bazlina Damawi Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan natrium bikarbonat kapasitas produksi 60.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri pada tahun 2030 di Kawasan Candi *Industrial Estate*, Jl. Gatot Subroto, Kecamatan Ngaliyan, Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Natrium bikarbonat pada pabrik ini dibuat melalui proses reaksi metatesis dari bahan baku natrium sulfat dan ammonium bikarbonat menggunakan reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) berdasarkan Patent EP4151600A1. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff* yang dipimpin oleh seorang direktur dengan karyawan sebanyak 163 orang. Pabrik natrium bikarbonat layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi, yaitu sebagai berikut::

<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= US\$ 39.382.228,28
Total Penjualan/Tahun	= US\$ 59.216.527,33
<i>Total Production Cost</i> (TPC)	= US\$ 31.306.175,43
<i>Annual Cash Flow</i>	= US\$ 22.401.121,97
<i>Pay Out Time</i>	= 1,7051 tahun
<i>Rate of Return on Investment</i> (ROR)	= 49,61%
<i>Discounted Cash Flow</i> -ROR	= 56,47%
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 29,00%
<i>Service Life</i>	= 11 tahun

Kata Kunci: Metatesis, Natrium Bikarbonat, Perseroan Terbatas, *Continuous Stirred Tank Reactor*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
RINGKASAN	ix
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Pendahuluan.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses Pembuatan Natrium Bikarbonat	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik Natrium Bikarbonat	3
1.4. Proses Pembuatan Natrium Bikarbonat	3
1.5. Data-Data Sifat Fisik dan Kimia.....	4
BAB II PERENCANAAN PABRIK	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	7
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	7
2.3. Pemilihan Proses.....	11
2.4. Pemilihan Bahan Baku	12
2.5. Uraian Proses	13
BAB III LOKASI DAN LETAK PERALATAN PABRIK	16
3.1. Lokasi Pabrik	16
3.2. Tata Letak Pabrik.....	22
3.3. Luas Pabrik	24
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	25
4.1. Neraca Massa.....	25

4.2. Neraca Panas	28
BAB V UTILITAS	32
5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	33
5.2. Unit Pengadaan Air.....	34
5.3. Unit Pengadaan Bahan Bakar	38
5.4. Unit Pengadaan Listrik	40
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	44
6.1. Tangki-01 (T-01)	44
6.2. Silo-01 (S-01)).....	45
6.3. Silo-02 (S-02)	46
6.4. Silo-03 (S-03)	47
6.5. Hammer Mill – 01 (HM-01).....	48
6.6. Hammer Mill – 01 (HM-02).....	49
6.7. Mixing Tank-01 (MT-01).....	50
6.8. Mixing Tank-02 (MT-02).....	51
6.9. Reaktor-01 (R-01).....	52
6.10. Heater-01 (H-01)	54
6.11. Evaporator-01 (EV-01).....	55
6.12. Cooler-01 (C-01)	56
6.13. Cooler-02 (C-02)	57
6.14. Kristalizer-01 (KR-01).....	58
6.15. Rotary Filter Drum-01 (RF-01)	59
6.16. Rotary Dryer-01 (RD-01)	60
6.17. Rotary Cooler-01 (RC-01).....	61
6.18. Blower-01 (BL-01)	62
6.19. Air Heater-01 (AH-01)	63
6.20. Pompa-01 (P-01).....	64
6.21. Pompa-02 (P-02).....	65
6.22. Pompa-03 (P-03).....	66
6.23. Pompa-04 (P-04).....	67
6.24. Pompa-05 (P-05).....	68
6.25. Pompa-06 (P-06).....	69

6.26. Belt Conveyor-01 (BC-01)	70
6.27. Belt Conveyor-02 (BC-02)	71
6.28. Belt Conveyor-03 (BC-03)	72
6.29. Belt Conveyor-04 (BC-04)	73
6.30. Bucket Elevator-01 (BE-01)	74
6.31. Bucket Elevator-02 (BE-02)	75
6.32. Bucket Elevator-03 (BE-03)	76
6.33. Bucket Elevator-04 (BE-04)	77
6.34. Bucket Elevator-05 (BE-05)	78
6.35. Screw Conveyor-01 (SC-01)	79
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	80
7.1. Bentuk Perusahaan	80
7.2. Struktur Organisasi	81
7.3. Tugas dan Wewenang.....	82
7.4. Sistem Kerja.....	86
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	87
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....	93
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	94
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	95
8.3. Total Modal Akhir	97
8.4. Laju Pengembalian Modal	99
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP)	100
BAB IX KESIMPULAN	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor dan Ekspor Natrium Bikarbonat di Indonesia 2019-2024 ..	8
Tabel 2.2. Pertumbuhan Rata-Rata Natrium Bikarbonat di Indonesia	9
Tabel 2.3. Perbandingan Proses <i>Solvay</i> dan Karbonasi	11
Tabel 3.1. Rincian Area Pabrik	24
Tabel 5.1. Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 150°C	33
Tabel 5.2. Total Kebutuhan <i>Steam</i>	34
Tabel 5.3. Peralatan dengan Kebutuhan Air Pendingin	34
Tabel 5.4. Peralatan dengan Kebutuhan Air Proses	36
Tabel 5.5. Kebutuhan Air Domestik	37
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Air yang Dibutuhkan	38
Tabel 5.7. Total Kebutuhan Bahan Bakar	39
Tabel 5.8. Kebutuhan Listrik Peralatan	40
Tabel 5.9. Total Kebutuhan Listrik	42
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	87
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	90
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	94
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	96
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Data Impor Natrium Bikarbonat	8
Gambar 2.2. Grafik Data Ekspor Natrium Bikarbonat	9
Gambar 2.3. Diagram Alir Proses Natrium Bikarbonat	15
Gambar 3.1. Peta Kawasan Candi Industrial Estate	17
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik Natrium Bikarbonat	17
Gambar 3.3. Lokasi Suplai Bahan Baku Natrium Sulfat.....	18
Gambar 3.4. Lokasi Suplai Bahan Baku Ammonium Bikarbonat	19
Gambar 3.5. Peta Rute Transportasi Bahan Baku Natrium Sulfat	20
Gambar 3.6. Lokasi Suplai Bahan Baku Ammonium Bikarbonat	20
Gambar 3.7. Tata Letak Pabrik.....	23
Gambar 3.8. Tata Letak Peralatan	23
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	92
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	101

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C	=	Tebal korosi yang diizinkan, m
D _T	=	Diameter tanki, m
E	=	Efisiensi penyambungan, dimensionless
H _s	=	Tinggi silinder, m
H _t	=	Tinggi tanki, m
H _E	=	Tinggi <i>head</i> , m
P	=	Tekanan operasi, atm
S	=	<i>Working stress</i> yang diizinkan, atm
t	=	Tebal dinding tanki, m
V _s	=	Volume silinder, m ³
V _e	=	Volume <i>elipsoidal</i> , m ³
V _t	=	Volume tanki, m ³

2. SILO

C	=	Tebal korosi yang diizinkan, m
D _t	=	Diameter tanki, m
E	=	Efisiensi pengelasan, %
H _s	=	Tinggi silinder, m
H _t	=	Tinggi tanki, m
P	=	Tekanan operasi, atm
T	=	Temperatur operasi, K
S	=	<i>Working stress</i> yang diizinkan, atm
t	=	Tebal dinding tanki, m
V _s	=	Volume silinder, m ³
V _k	=	kerucut alat, m ³
V _t	=	Volume tanki, m ³

3. MIXING TANK

T	=	Temperatur, °C
P	=	Tekanan, atm

W	=	Laju alir massa, kg/jam
ρ	=	Densitas campuran, kg/m ³
μ	=	Viskositas campuran, cP
f	=	Faktor keamanan, %
V _t	=	Kapasitas tangka, m ³ /jam
V _s	=	Volume silinder, Dt ³
H _s	=	Tinggi silinder, Dt
V _h	=	Volume ellipsoidal head, Dt ³
D _t	=	Diameter tangka, m
H	=	Tinggi liquid, m
D _i	=	Diameter impeller, m
W	=	Tinggi blade pengaduk, m
L	=	Lebar blade pengaduk, m
J	=	Jarak baffle dari dinding tangka, m
E	=	Jarak impeller dari dasar tangka, m
H _s	=	Tinggi silinder, m
H _t	=	Tinggi ellipsoidal head, m
H	=	Tinggi tangki, m
th	=	Tebal dinding ellipsoidal head, m
D	=	Diameter tangka, inch
S	=	Working Stress Allowabl, psi
E	=	Joint Efficiency, 0,85
C	=	Korosi maksimum, inch
ID, OD	=	Diameter dalam, diameter luar, m
N	=	Kecepatan putaran pengaduk, m
D _t	=	Diameter tangka, m
D _i	=	Diameter pengaduk, m
G	=	Kecepatan gravitasi, m/s ²
gc	=	Faktor konversi, kg.m/N. s ²
ρ	=	Densitas campuran, kg/m ³
σ	=	Tegangan permukaan, N/m
μ	=	Viskositas campuran, Cp

t_m = Waktu pencampuran, s

4. HAMMER MILL

D_{pa} = Ukuran umpan masuk, mm
 D_{pb} = Ukuran umpan keluar, mm
 P = Power yang dibutuhkan, kW
 m = Kapasitas, ton/jam
 W_i = *Work index*

5. POMPA

Q_f = Kapasitas pompa, ft³/jam
 $D_{i\ opt}$ = Diameter optimum pipa, in
 V_s = *Suction velocity*, ft/jam
 N_{Re} = *Reynold number*
 ε = *Equivalent roughness*, ft
 H_{fs} = *Skin friction loss*, lb.lbf/lb
 H_{fc} = *Sudden Contraction Friction Loss*, ft.lbf/lb
 H_{ff} = *Fitting dan valve friction loss*, ft.lbf/lb
 H_{suc} = *Suction Head*, ft.lbf/lb
 H_{pa} = *Pressure head*, ft.lbf/lb
 H_v = *Velocity head*, ft.lbf/lb
 $NPSH$ = *Net Positive Suction Head*, ft.lbf/lb
 V_d = *Discharge Velocity*, ft/jam
 ΔP = *Differential Pressure*,
 BHP = *Break horse power*, Hp
 MHP = *Motor horse power*, Hp

6. REAKTOR

Q_L = Laju alir volumetrik umpan liquid, m³/jam
 C_{A0} = Konsentrasi awal umpan A masuk, kmol/m³
 C_B = Konsentrasi reaktan, kmol/m³
 C_{B0} = Konsentrasi awal umpan B masuk, kmol/m³
 k = Konstanta Kecepatan Reaksi (cm³/mol.s)
 σ_A = Diameter molekul umpan A, cm

σ_B	=	Diameter molekul umpan B, cm
σ_{AB}	=	Diameter Efektif Rata-Rata umpan A dan B, cm
M_A	=	Berat Molekul A, kg/kmol
M_B	=	Berat Molekul B, kg/kmol
T	=	Temperatur Reaksi, K
E_a	=	Energi efektivitas, kcal/mol
V_R	=	Volume reaktor, m ³
D_T	=	Diameter total reaktor, m
d_i	=	<i>Inside</i> diameter, m
r	=	Jari-jari tangki, m
W	=	Tinggi <i>blade</i> pengaduk, m
L	=	Lebar <i>blade</i> pengaduk, m
J_b	=	Jarak <i>baffle</i> dari dinding tangki, m
E	=	Jarak <i>impeller</i> dari dasar tangki, m
J_i	=	Jarak antar <i>impeller</i> , m
H_k	=	Tinggi volume kosong, m
H_L	=	Tinggi <i>liquid</i> , m
S	=	<i>Working stress</i> yang diizinkan, psi
t	=	Tebal dinding reaktor, m
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
C_c	=	<i>Corrosion allowance</i> , in
P	=	Tekanan desain, psi
OD	=	<i>Outside Diameter</i> , m
n	=	Jumlah pengaduk
N	=	Kecepatan putaran pengaduk, rps
g	=	Gravitasi, m/s ²
g_c	=	Faktor konversi, kg.m/N.s ²
ρ	=	Densitas campuran, kg/m ³
μ	=	Viskositas campuran, cP
σ	=	Tegangan permukaan, N/m
N_{Re}	=	<i>Reynold number</i>
p	=	Tenaga pengaduk, J/s

MHP	=	Motor <i>horse power</i> , Hp
h	=	Tinggi <i>ellipsoidal head</i> , m
HS	=	Tinggi <i>shell</i> , ft
HR	=	Tinggi reaktor, m

7. KRISTALIIZER

P	=	Tekanan desain, psi
r	=	Jari tangki, in
V_t	=	Volume tangki, m^3
D	=	Diameter silinder, m
D_i	=	Diameter impeller, m
D_p	=	Diameter rata-rata, m
D_t	=	Diameter tangka, m
h	=	Tinggi konis, m
Hl	=	Tinggi liquid, m
C	=	<i>Corrison allowance</i> , in
S	=	<i>Working Stress</i> yang diizinkan, psi
N	=	Kecepatan putaran kritis (rps)
N_t	=	Jumlah Pengaduk
S	=	<i>Shape factor</i>
V	=	<i>Kinematic viscosity</i> , m^3/s
B	=	Persen berat cairan per berat solid, %
g	=	Percepatan gravitasi, m/s^2
ρ	=	Densitas, kg/m^3
μ	=	Viscosity, cP
$\Delta\rho$	=	Selisih densitas solid-liquid, kg/m^3
L_{mean}	=	Ukuran kristal rata-rata, cm
k	=	<i>Thermal Conductivity</i>
C_p	=	<i>Heat capacity</i>
N_{Re}	=	<i>Reynold number</i>
OD	=	<i>Outside Diameter</i> , in
Q	=	Panas yang dialirkan, kJ/jam
P	=	Tenaga pengaduk, J/s

N_p	=	<i>Power number</i>
t	=	Tebal jaket pendingin, m
H	=	Tinggi jaket, m

8. **ROTARY FILTER**

A	=	Luas permukaan filtrasi, ft^2
C	=	Konsentrasi, lb/ft^3
f	=	Fraksi filter yang tercelup, %
g_c	=	Tahanan medium yang diabaikan, ft/s^2
H_p	=	Power motor, Hp
N_{Re}	=	Reynold Number
k	=	Konstanta ratio kapasitas panas udara, dimensionless
L_{avg}	=	Ketebalan <i>cake</i> rata-rata pada filter, cm
L	=	Panjang drum filter, m
m_c	=	<i>Mass of dry solid filter cake</i> , kg
m_f	=	<i>Mass of wet filter cake</i> , kg
P	=	Tekanan udara, psi
Q_{fm}	=	<i>Cubic per minute</i> udara masuk, ft^3/min
R	=	Jari-jari drum filter, ft
V	=	<i>Volumetric flowrate filtrate</i> , ft^3/dt
T_c	=	<i>Cicle time</i> , menit
VR	=	Volume filtrate per revolusi, ft^3
W	=	Berat jenis <i>slurry</i> , lb/ft^3
W_c	=	Berat <i>cake</i> , kg
W_f	=	Berat <i>filtrate</i> , kg
W_s	=	Berat <i>slurry</i> , kg
ΔP	=	Beda tekanan di dalam filter, lbf/ft^2
α_o	=	<i>Specific cake resistance</i> , $\text{ft/lb}^{\text{xviii}}$
ρ_s	=	Densitas <i>slurry</i> , lb/ft^3
ρ_c	=	Densitas <i>cake</i> , lb/ft^3
ψ_a	=	Fraksi area drum filter untuk “air suction”, %
ψ_s	=	Fraksi area drum yang tercelup, %
μ_a	=	Viskositas udara, lb ft/hr

μ_s = Viskositas *slurry*, lb ft/hr

9. **ROTARY DRYER / ROTARY COOLER**

P = Tekanan udara, psi
 θ = Waktu tinggal, min
L = Panjang rotary dryer, ft
S = *Slope/* kemiringan rotary dryer, ft/ft
D = Diameter rotary dryer, ft
N = Kecepatan putaran *Rotary Dryer*, rpm
G = kecepatan *superficial* gas, lb/ h ft²
M = Massa umpan, lb/h
B = Konstanta ($5 D_p^{0.5}$)
A = Luas penampang, ft²
F = Laju alir massa *solid* masuk per satuan luas penampang
C = Konsentrasi. lb/ ft³

10. **BLOWER**

cfm = cubic per minute, ft³/min
Hp = Power, Hp
m = Mass flow rate, lb/jam
P = Beda tekanan, psi
Q = Laju alir volumetric, ft³/min
 ρ = Densitas fluida, lb/ft³
 η = Effisiensi, %

11. **BELT CONVEYOR / BUCKET ELEVATOR**

C = *Material factor*
K = Kapasitas, ton/jam
THP = Kapasitas *belt*, ton/jam
H = Panjang *Belt*, ft
Ws = Laju alir massa, kg/jam
P = Power, Hp

12. **SCREW CONVEYOR**

ρ	=	Densitas bahan, lb/ft ³
Q	=	<i>Volumetric flowrate</i> , ft ³ /jam
W	=	Laju alir massa, kg/jam

13. EVAPORATOR / COOLER / HEATER / AIR HEATER

A	=	Area perpindahan panas, ft ²
a_a, a_p	=	Area pada <i>annulus, inner pipe</i> , ft ²
a_s, a_t	=	Area pada <i>shell, tube</i> , ft ²
a''	=	<i>External surface</i> per 1 in, ft ² /in ft
B	=	<i>Baffle spacing</i> , in
C	=	<i>Cleareance</i> antar <i>tube</i> , in
D	=	Diameter dalam <i>tube</i> , in
D_e	=	Diameter ekivalen, in
f	=	Faktor friksi, ft ² /in ²
G_a	=	Laju alir massa fluida pada <i>annulus</i> , lb/jam. Ft ²
G_p	=	Laju alir massa fluida pada <i>inner pipe</i> , lb/jam. Ft ²
G_s	=	Laju alir massa fluida pada <i>shell</i> , lb/jam. Ft ²
G_t	=	Laju alir massa fluida pada <i>tube</i> , lb/jam. Ft ²
g	=	percepatan gravitasi
h	=	Koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft ² F
$h_i h_o$	=	Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar
j_h	=	Faktor perpindahan panas
k	=	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² F
L	=	Panjang <i>tube</i> , pipa, ft
LMTD	=	<i>Logaritmik Mean Temperature Difference</i> , °F
N	=	Jumlah <i>Baffle</i>
N_t	=	Jumlah <i>tube</i>
P_T	=	<i>Tube pitch</i> , in
ΔP_t	=	Penurunan tekanan pada <i>tube</i> , Psi
ΔP_s	=	Penurunan tekanan pada <i>shell</i> , Psi
ID	=	<i>Inside Diameter</i> , ft
OD	=	<i>Outside Diameter</i> , ft
ΔP_T	=	Penurunan tekanan total pada <i>tube</i> , Psi

Q	=	Beban panas pada <i>heat exchanger</i> , Btu/jam
R_d	=	<i>Dirt factor</i> , Btu/jam ft ² F
Re	=	Bilangan <i>Reynold</i>
s	=	<i>Spesific gravity</i>
T_1, T_2	=	Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> , °F
t_1, t_2	=	Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> , °F
T_c	=	Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	=	Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	=	<i>Clean overall coefisient, design overall coefisient</i> , Btu/jam ft ² F
W	=	Laju alir massa fluida panas, lb/jam
W	=	Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	=	viskositas, cP

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. PERHITUNGAN NERACA MASSA	107
LAMPIRAN II. PERHITUNGAN NERACA PANAS	133
LAMPIRAN III. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN	191
LAMPIRAN IV. PERHITUNGAN EKONOMI	340
LAMPIRAN V. TUGAS KHUSUS	356

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Kemajuan suatu negara dapat dilihat dari kualitas dan kuantitas industri yang ada dalam negara tersebut. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki sumber daya manusia dan alam yang melimpah yang dapat menjadikan Indonesia menjadi negara dengan perekonomian yang kuat tanpa bergantung pada negara lain. Kondisi industri di Indonesia mulai dari industri pertambangan, manufaktur, konstruksi, kimia, dan lainnya saat ini juga masih bergantung pada impor. Indonesia masih banyak melakukan impor bahan baku maupun produk industri dari luar negeri. Salah satu contoh dalam industri kimia yaitu natrium bikarbonat.

Natrium bikarbonat adalah senyawa kimia yang termasuk dalam kelompok garam dengan rumus kimia NaHCO_3 . Natrium bikarbonat dikenal di pasaran dengan nama lain *baking soda*. Senyawa ini mudah larut dalam air dan biasanya berupa kristal yang sering terdapat dalam bentuk serbuk. Bahan kimia ini digunakan di berbagai macam industri seperti makanan (sebagai bahan pengembang), farmasi (sebagai antasida), kosmetik, serta sebagai bahan aktif dalam produk pembersih. Di Indonesia, kebutuhan terhadap natrium bikarbonat terus meningkat seiring dengan pertumbuhan sektor-sektor tersebut. Namun, hingga saat ini pemenuhan kebutuhan natrium bikarbonat dalam negeri masih sangat bergantung pada impor dari negara-negara produsen seperti Tiongkok dan Jepang.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia dari tahun 2019 hingga tahun 2024, rata-rata nilai impor natrium bikarbonat sebesar 106.419,36 ton per tahun dan rata-rata nilai ekspor natrium bikarbonat sebesar 52,877 ton/tahun. Dengan alasan tersebut, maka diperlukan adanya pembangunan pabrik natrium bikarbonat sebagai upaya untuk meminimalisir kegiatan impor dan meningkatkan pendapatan negara dengan melakukan ekspor.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses Pembuatan Natrium Bikarbonat

Natrium bikarbonat, yang secara kimia dikenal sebagai baking soda, pertama kali ditemukan dan digunakan pada abad ke-18. Penemuan awal natrium bikarbonat berawal dari proses alami di mana senyawa ini ditemukan dalam bentuk mineral natron. Mineral natron adalah mineral alami yang terdiri dari natrium karbonat dekahidrat yang ditemukan sejak zaman kuno, terutama di lembah Wadi Natrun, Mesir. Penggunaan natron pada zaman Mesir kuno digunakan untuk membuat Dupa, pembuatan Kaca, untuk memutihkan Linen, dan sebagai pengawetan mayat atau proses mumifikasi.

Pada awal abad ke-19, proses produksi natrium bikarbonat dimulai dengan metode *solvay* yang ditemukan oleh Ernest Solvay pada tahun 1861. Proses *solvay* ini merupakan revolusi dalam produksi natrium bikarbonat karena memungkinkan pembuatan senyawa ini secara efisien dan ekonomis dalam skala besar. Prinsip dasar proses ini melibatkan reaksi antara natrium klorida (garam dapur), amonia, dan karbon dioksida dalam air untuk menghasilkan natrium bikarbonat yang kemudian dipisahkan dan dikristalisasi. Kelebihan proses *solvay* adalah efisiensi penggunaan bahan baku dan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan metode sebelumnya, serta kemampuannya untuk menghasilkan natrium bikarbonat dalam jumlah besar.

Seiring perkembangan teknologi, proses produksi natrium bikarbonat terus mengalami penyempurnaan. Selain proses *solvay*, terdapat beberapa metode lain dikembangkan untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi produksi, seperti proses pemurnian natrium bikarbonat dengan teknik pengeringan dan pemisahan yang lebih canggih. Pada masa modern, teknologi produksi natrium bikarbonat juga semakin memperhatikan aspek ramah lingkungan dengan mengurangi limbah dan penggunaan energi.

Perkembangan proses produksi natrium bikarbonat ini sangat penting karena memungkinkan bahan ini diproduksi dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan berbagai industri, mulai dari makanan, farmasi, hingga industri kimia. Kemajuan teknologi memungkinkan produksi natrium bikarbonat dengan standar kualitas tinggi yang sesuai untuk berbagai kebutuhan di sektor industri. Tersedianya

teknologi yang tepat memungkinkan pengendalian mutu dan volume produksi natrium bikarbonat sesuai dengan kebutuhan dan standar industri global.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik Natrium Bikarbonat

Pendirian pabrik natrium bikarbonat dengan kapasitas 60.000 ton per tahun ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor dan meningkatkan kemandirian produksi nasional. Dengan kapasitas tersebut, pabrik ini diharapkan dapat memenuhi sekitar 50% dari total kebutuhan impor saat ini, sehingga secara langsung dapat mengurangi tekanan terhadap neraca perdagangan dan memperkuat industri bahan baku kimia nasional. Selain itu, pabrik ini juga akan diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat ekonomi, sosial, dan strategis bagi negara. Dari sisi ekonomi, pabrik ini berpotensi menciptakan lapangan kerja baru baik secara langsung di sektor industri kimia maupun secara tidak langsung melalui sektor pendukung seperti logistik, transportasi, dan jasa.

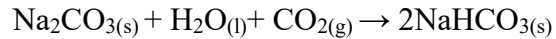
Produksi natrium bikarbonat dalam negeri ini juga dapat memberikan keuntungan finansial secara makro, yaitu menghemat devisa negara yang selama ini digunakan untuk impor, serta meningkatkan daya saing industri pengguna bahan ini melalui kepastian pasokan dan efisiensi biaya. Dengan demikian, pendirian pabrik natrium bikarbonat tidak hanya memiliki tujuan ekonomi, tetapi juga berperan strategis dalam mendukung kedaulatan industri nasional dan memperkuat struktur industri kimia Indonesia secara keseluruhan.

1.4. Proses Pembuatan Natrium Bikarbonat

Dalam proses pembuatan natrium bikarbonat terdapat dua macam proses yang menjadi dasar pembuatannya, yaitu proses natrium bikarbonat murni dan proses *solvay* (Amonium-Soda)

1.4.1. Proses Natrium Bikarbonat Murni (Karbonasi)

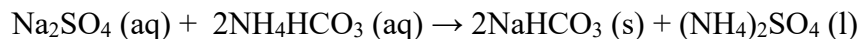
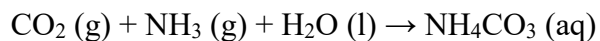
Proses natrium bikarbonat murni atau biasa dikenal dengan proses karbonasi adalah proses menghasilkan natrium bikarbonat dengan menggunakan natrium karbonat sebagai bahan baku dan direaksikan dengan gas karbon dioksida dalam reaktor untuk menghasilkan natrium bikarbonat. Proses ini biasanya menghasilkan natrium bikarbonat dengan tingkat kemurnian 99%. Reaksi proses pembuatan menggunakan metode natrium bikarbonat murni adalah sebagai berikut:



Proses natrium bikarbonat ini sendiri tidak memiliki hasil samping, namun membutuhkan kondisi operasi alat dengan suhu serta tekanan tinggi.

1.4.2. Proses *Solvay* (Ammonium-Soda)

Proses *solvay* atau bisa juga disebut sebagai proses amonium-soda merupakan suatu metode yang digunakan dalam proses pembuatan natrium bikarbonat (NaHCO_3) dari garam ($\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$), ammonia (NH_3), dan gas karbon dioksida (CO_2). Proses ini dimulai dengan pembentukan ammonium bikarbonat dengan mereaksikan amonia, karbon dioksida, dan air. Kemudian ammonium bikarbonat yang telah dihasilkan direaksikan dengan larutan garam. Reaksi ini menghasilkan natrium bikarbonat (NaHCO_3) yang mengendap karena kelarutannya rendah. Proses *solvay* merupakan proses yang paling tua dalam metode pembuatan natrium bikarbonat ataupun natrium karbonat. Proses *solvay* ini merupakan pengembangan dari proses *Leblanc*. Tahapan proses *solvay* yaitu sebagai berikut:



Sebelum dikembangkannya proses *Solvay*, industri kimia menggunakan proses *Leblanc* sebagai metode utama untuk memproduksi natrium karbonat (Na_2CO_3), yang kemudian dapat diolah lebih lanjut menjadi natrium bikarbonat (NaHCO_3). Proses *Leblanc* terdiri atas dua tahap utama. Tahap pertama adalah reaksi antara natrium klorida (NaCl) dan asam sulfat (H_2SO_4), menghasilkan natrium sulfat (Na_2SO_4) dan gas hidrogen klorida (HCl) sebagai produk samping. Tahap kedua melibatkan reaksi natrium sulfat dengan batu kapur (CaCO_3) dan batubara di dalam *furnace* untuk menghasilkan natrium karbonat, karbon dioksida, dan kalsium sulfida (CaS), yang merupakan limbah padat. Natrium karbonat yang dihasilkan dalam proses ini kemudian dapat dilarutkan dalam air dan direaksikan dengan karbon dioksida untuk menghasilkan natrium bikarbonat.

1.5. Data-Data Sifat Fisik dan Kimia

A. Bahan Baku

1. Natrium Sulfat

a. Sifat Fisik

Wujud : *Solid*

Bentuk	: Kristal
Warna	: Putih
Bau	: Tidak Berbau
Rumus molekul	: Na_2SO_4
Berat molekul	: 142 kg/kmol
Densitas	: $2,7 \text{ g/cm}^3$ (CRC 85th p.4-86)
Titik didih	: 1429°C
Titik leleh	: 884°C
Kelarutan (air)	: 29,22 g/100 mL (30°C) (CRC 85th p.8-116)

2. Amonium Bikarbonat

a. Sifat Fisik

Wujud	: <i>Solid</i>
Bentuk	: Kristal
Warna	: Putih
Bau	: Bau samar amonia
Rumus molekul	: NH_4HCO_3
Berat molekul	: 79 kg/kmol
Titik didih	: $169,8^\circ\text{C}$
Titik leleh	: 105°C
pH	: 7,8
Kelarutan (air)	: 22,40 g/100 mL (30°C) (CRC 85th p.8-115)

3. Air

a. Sifat Fisik

Wujud	: <i>liquid</i>
Warna	: Tidak Berwarna
Bau	: Tidak Berbau
Rumus molekul	: H_2O
Berat molekul	: 18 kg/kmol
Densitas	: $1,000 \text{ g/cm}^3$ pada $3,98^\circ\text{C}$
Titik didih	: 100°C
Titik leleh	: 0°C
Volome kritis	: $0,063494 \text{ m}^3/\text{kmol}$

Temperatur kritis : 374,15°C

Tekanan kritis : 220,5 atm

Energi penguapan: 40656,8 kJ/kmol

B. Produk

1. Natrium Bikarbonat

a. Sifat Fisik

Wujud : *Solid*

Bentuk : Kristal

Warna : Putih

Bau : Tidak Berbau

Rumus molekul : NaHCO_3

Berat molekul : 84 kg/kmol

Densitas : 2,164 g/cm³

Titik didih : 851°C

Titik leleh : 270°C

Kelarutan (air) : 9,91 g/100mL pada suhu 30°C (CRC 85th p.8-116)

2. Amonium Sulfat

a. Sifat Fisik

Wujud : *Solid*

Bentuk : Kristal

Warna : Putih

Bau : Tidak Berbau

Rumus molekul : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Berat molekul : 132 kg/kmol

Densitas : 1,77 g/cm³ (CRC 85th p.4-42)

Titik didih : 330 °C

Titik leleh : 280°C

Kelarutan (air) : 43,80 g/100 mL (30°C) (CRC 85th p.8-115)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2025. Data Impor & Ekspor Natrium Bikarbonat dari Tahun 2019-2024. (Online). <https://www.bps.go.id/id>. (Diakses pada Tanggal 10 Juni 2025).
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Chopey, N.P., 1994, *Handbook of Chemical Engineering Calculations, 2nd Edition*, McGraw-Hill Inc., United States of America.
- Coulson, J. M., dan Richardson, J. F. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition Volume VI*. Swansea: University Wales.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Dwiaji, Y. C., Saputra, L. A., dan Setiawan, F. 2021. *Perancangan Reaktor Kapasitas 12m³ untuk Epoxy Resin dengan Tekanan Kerja 3,8 kg/cm² dan Temperatur Kerja 150°C*. Jurnal Teknik, Elektro, Engine. Vol. 7(1): 64-78.
- 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.
- Google Earth. 2025. (Online). <https://earth.google.com/>. (Diakses pada Tanggal 25 Juni 2025).
- Green, D. W., & Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook Eight Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Himmelblau, D. M., dan Riggs, J. B. 2012. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering 8th Edition*. United State: Pearson Education, Inc.
- Indotrading. 2025. *Daftar Supplier Bahan Baku*. (Online): <http://www.indotrading.com>. (Diakses pada 15 Juni 2025).
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Kirk, R. E., dan Othmer, D. F. 1983. *Encyclopedia Of Chemical Technology. 3rd Edition*. New York: A Wiley Inter Science Publisher Inc.

- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. 1996. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th Edition. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kundari, N. A., Marjanto, D., dan Dyah, A. W. 2009. *Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radioisotop*. JFN. Vol 3(1): 49-60.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*, 3rd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Lide, D. R. 2003. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. New York: CRC Press LLC.
- Made-in-China. 2025. *Data Harga Bahan*. (Online): <https://www.made-in-china.com>. (Diakses pada 25 Agustus 2025).
- Mazotti, M. 2015. *Introduction to Chemical Engineering: Chemical Reaction Engineering*. ETH Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Swiss : Separation Process Laboratory.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill Book Co.
- National Institute of Standards and Technology. 2025. *NIST Chemistry WebBook*. (Online). <https://www.nist.gov> (Diakses pada Tanggal 3 Juli 2025)
- Nurfa'izin, S., dkk. 2024. *Kimia Dasar*. Padang: Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Othmer, & Kirk. 1991. *Encyclopedia Of Chemical Technology*. Wiley : New York.
- Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011. Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031. (Online). <https://pusdataru.jatengprov.go.id/dokumen/RTRW-Prov/1-Kota-Semarang/Lampiran-Peta-Pola-Ruang.pdf> (Diakses pada Tanggal 12 September 2025)
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America: The McGraw Hill Companies.
- Perry, R., & Green, D., 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th Edition. New York: McGraw-Hill Book Co.

- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Smith, J.M. and Ness H.C., 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics*. McGraw-Hill: New York.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., dan Swihart, M. T. 2018. *Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics 8th Edition*. Boston: McGraw-Hill.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Ula, S., Maghfurah, F., Abdullah, S., dan Hermawan, A. K. 2019. *Perencanaan Desain Reaktor Biodiesel Sistem Batch untuk Produksi Biodiesel Skala Industri Kecil*. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*. Vol. 8(2): 169-176.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1995. Tentang Perseroan Terbatas. (Online). <https://www.bphn.go.id/data/documents/95uu001.pdf>. (Diakses pada Tanggal 25 Agustus 2025).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada Tanggal 25 Agustus 2025)
- 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.
- Zevilla, M. F., Nugroho, W. A. Dan Djojowasito, G. 2015. *Pengukuran Efektivitas Mesin Rotary Vacuum Filter dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (Studi Kasus: PT. PG. Candi Baru Sidoarjo)*. Vol. 3(2): 249-258.
- Zhang, Y., Fan, B., Zhang, H., dan Shen, C. 2023. *Method For Co-Producing Sodium Bicarbonate and Ammonium Sulfate from Sodium Sulfate*. EP Patent No. 4151600A1.