

**PRA-RANCANGAN PABRIK NATRIUM SULFAT DEKAHIDRAT
($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) DENGAN PROSES MANNHEIM KAPASITAS 16.000
TON/TAHUN**



TUGAS AKHIR

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

DZIKRI MAHESA AL GHIFARI NIM. 40040122650045

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
SEMARANG**

2026

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dzilri Mahesa Al Ghifari
NIM : 40040122650045
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra-Rancangan Pabrik Natrium Sulfat Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Dengan Proses Mannheim Dengan Kapasitas 16.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Dzilri Mahesa Al Ghifari dan partner saya atas nama Nurika Nazila'ul Ilmi didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 15 Januari 2026

Dzilri Mahesa Al Ghifari

NIM 40040122650045

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

11011 Jalurana (Mandiri)
Jalan Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang, Kode Pos 50275
Telp./Faksimil: (061) 5411177
E-mail: sekwan@vokasi.upi.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PRA-RANCANGAN PABRIK NATRIUM SULFAT DEKAHIDRAT ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
DENGAN PROSES MANNHEIM DENGAN KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi
pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro

Dibuat oleh :

DZIKRI MAHESA AL GHIFARI

NIM. 49040122650045

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 21 April 2026

Dosen Pembimbing


Dr. Eng. Vito Paganita S.T., M.M., M.Eng.

NIP. 198102152005012002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Pra-Rancangan Pabrik Kimia dengan judul “Pra-Rancangan Pabrik Natrium Sulfat Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Dengan Proses Mannheim Kapasitas 16.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
2. Dr. M. Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang senantiasa memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada mahasiswa selama masa perkuliahan.
3. Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan, serta masukan sejak awal hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Dosen Penguji I, yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Dosen Penguji II, yang telah memberikan evaluasi serta saran konstruktif guna meningkatkan kualitas Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, atas ilmu, pengalaman, dan bimbingan yang telah diberikan selama masa studi.
7. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan moril maupun materiil, doa, nasihat, serta motivasi tanpa henti kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kekasih yang saya sayangi, Ade Syahri Fitria Pulungan, yang selalu menemani keluh kesah dan menyemangati selama proses penyusunan Tugas Akhir Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini.

9. Partner Tugas Akhir, Nurika Nazilatul Ilmi, yang telah menjadi rekan diskusi, saling membantu, serta saling memberikan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini.
10. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri khususnya kepada sesama Penunggu GEBER (Gedung Bersama) dan Manusia Silver (Sandy, Akbar, Satya, dan Adhilla) yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, serta semangat selama masa perkuliahan.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
12. Diri sendiri, yang telah berjuang, bertahan, dan terus berusaha hingga mampu menyelesaikan tahap akhir pendidikan ini dengan berbagai pelajaran berharga di dalamnya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Semarang, 07 Juni 2026

Penulis

RINGKASAN

Pra-rancangan pabrik sodium sulfat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ini dirancang dengan kapasitas 16.000 ton/tahun sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan impor natrium sulfat di Indonesia yang masih tinggi, dengan rata-rata impor mencapai 293.627 ton per tahun pada periode 2018–2025. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2030 dan berlokasi di Gresik, Jawa Timur, dengan pertimbangan ketersediaan infrastruktur industri, kemudahan akses bahan baku, serta distribusi produk yang memadai. Proses produksi menggunakan Proses Mannheim dengan kondisi operasi sekitar 843°C dan tekanan 1 atm. Reaksi utama terdiri dari dua tahap, yaitu reaksi antara natrium klorida dan asam sulfat menghasilkan natrium sulfat dan gas HCl dengan yield 98%, diikuti dengan proses hidrasi membentuk natrium sulfat dekahidrat dengan yield 95%. Reaksi pada furnace Mannheim bersifat endotermis karena membutuhkan suplai panas tinggi. Produk utama yang dihasilkan adalah sodium sulfat dekahidrat, sedangkan produk samping berupa HCl dengan konsentrasi 32%. Tahapan proses meliputi reaksi dalam furnace, kristalisasi, serta penanganan gas HCl menggunakan *spray condenser*. Spesifikasi peralatan dirancang sesuai kebutuhan unit operasi meliputi penyimpanan, transportasi, penukar panas, reaktor, dan pemisah. Unit utilitas mencakup penyediaan air, *thermal fluid*, listrik, *steam*, udara tekan, bahan bakar, serta sistem pengolahan limbah cair, gas, dan B3. Secara operasional, pabrik berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari secara kontinu dengan kebutuhan tenaga kerja sebanyak 87 orang. Dari sisi kelayakan ekonomi, diperoleh nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 0,87, *Return On Investment* (ROI) sebesar 11,56%, *Profit on Sales* (POS) sebesar 9,43%, *Pay Out Time* (POT) selama 5,5 tahun, *Break Even Point* (BEP) sebesar 54,40%, serta *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,46%. Berdasarkan parameter tersebut, pabrik masih tergolong layak dan berada dalam batas wajar untuk pendirian pabrik baru. Oleh karena itu, pendirian pabrik sodium sulfat dekahidrat ini memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bagian dari upaya pemenuhan kebutuhan industri kimia nasional.

Kata Kunci: *Sodium Sulfat Dekahidrat; Proses Mannheim; Prarancangan Pabrik Kimia; Kelayakan Ekonomi*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RINGKASAN.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	3
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	6
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang sudah Beroperasi	8
1.2.4 Penetapan Kapasitas Produksi	8
1.3 Tinjauan Proses	10
1.3.1 Macam-macam Proses	10
1.3.2 Seleksi Proses	12
1.3.3 Uraian Proses Terpilih	13
1.3.4 Kegunaan Produk.....	13
1.4 Penentuan Lokasi Pabrik	14
1.4.1 Parameter Pemilihan Lokasi Pabrik.....	14
1.4.2 Matriks Skoring Pemilihan Lokasi	16
1.4.3 Penetapan Lokasi Terpilih	17
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	20
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	20

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama	20
2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang.....	20
2.1.3 Spesifikasi Produk	21
2.1.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku.....	22
2.1.5 Sifat Fisika dan Kimia Produk.....	24
2.2 Konsep Proses	25
2.2.1 Dasar dan Fase Reaksi	25
2.2.2 Penggunaan Katalis	26
2.2.3 Mekanisme Reaksi.....	26
2.2.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	27
2.2.5 Kondisi Operasi	30
2.3 Langkah Proses	30
2.3.1 Tahap Proses	30
2.3.2 Langkah Proses	31
2.4 Diagram Alir.....	35
2.5 Neraca Massa dan Panas	36
2.5.1 Neraca Massa.....	36
2.5.2 Neraca Panas.....	46
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	52
2.6.1 Tata Letak Pabrik	52
BAB III SPESIFIKASI ALAT	58
3.1 Unit Penyimpanan	58
3.2 Unit Transportasi	60
3.3 Unit Penukar Panas	65
3.4 Unit Reaktor Kimia	69
3.5 Unit Pemisah	73
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	80

4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	80
4.2 Unit Penyediaan Listrik.....	90
4.3 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	95
4.4 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	96
4.5 Unit Penyediaan Limbah.....	97
4.6 Laboratorium.....	99
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	106
5.1 Bentuk Perusahaan.....	106
5.2 Struktur Organisasi.....	108
5.3 Tugas dan Wewenang.....	111
5.4 Pembagian Jam Kerja.....	115
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	116
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	117
5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	121
5.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	122
5.9 Corporate Social Responsibility (CSR).....	123
BAB VI TROUBLESHOOTING.....	124
6.1 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan.....	125
6.2 Analisa Troubleshooting pada Unit Transportasi.....	128
6.3 Analisa Troubleshooting pada Unit Penukar Panas.....	130
6.4 Analisa Troubleshooting pada Unit Reaksi.....	133
6.5 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan.....	135
BAB VII ANALISA EKONOMI.....	137
7.1 Perkiraan Harga Peralatan.....	137
7.1.1 Data Harga Peralatan.....	138
7.1.2 Data Indeks Harga Nelson-Farrar Refinery.....	141
7.1.3 Penentuan Indeks Tahun 2026.....	143

7.1.4 Perhitungan Koreksi Harga.....	144
7.1.5 Total Harga Peralatan Tahun 2026.....	144
7.2 Dasar Perhitungan	145
7.3 Perhitungan Biaya	145
7.4 Analisa Kelayakan	149
7.4.1 Percent Profit on Sales (POS).....	149
7.4.2 <i>Percent Return on Investment (ROI)</i>	150
7.4.3 Pay Out Time (POT).....	150
7.4.4 Break Event Point (BEP)	150
7.4.5 Shut Down Point (SDP).....	151
7.4.6 Internal Rate of Return (IRR)	151
7.5 Hasil Perhitungan	152
7.6 Analisa Kelayakan	153
DAFTAR PUSTAKA.....	155
LAMPIRAN.....	159
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	159
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	189
LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	212
LAMPIRAN D PERHITUNGAN EKONOMI.....	282

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Sodium Sulfat Tahun 2018-2025 (BPS, 2025).....	4
Tabel 1.2 Data Ekspor Sodium Sulfat Tahun 2018-2025 (BPS, 2025)	5
Tabel 1.3 Proyeksi Kebutuhan Sodium Sulfat di Indonesia Tahun 2026-2030.....	6
Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Asam Sulfat dan Natrium Klorida di Indonesia (Kementerian Perindustrian RI, 2020).....	6
Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik Asam Sulfat dan Natrium Klorida di Indonesia (Kementerian Perindustrian RI, 2020).....	7
Tabel 1.6 Kapasitas Produksi Pabrik Sodium Sulfat yang ada di Indonesia	8
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Natural Brine, Proses Manheim dan Proses Hargraves-Robinson (Faith, W L et al., 1975).....	12
Tabel 1.8 Tabel Penentuan Lokasi Pabrik Sodium Sulfat	15
Tabel 1.9 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik Sodium Sulfat	16
Tabel 1.10 Data Industri Pabrik Pengguna Sodium Sulfat.....	18
Tabel 2.1 Berat Molekul masing-masing komponen.....	37
Tabel 2.2 Neraca Massa Furnace	38
Tabel 2.3 Neraca Massa Netralization Tank	38
Tabel 2.4 Neraca Massa Filter Press.....	39
Tabel 2.5 Neraca Massa Crystallizer	40
Tabel 2.6 Neraca Massa Centrifuge.....	40
Tabel 2.7 Neraca Massa Rotary Dryer	41
Tabel 2.8 Neraca Massa Cyclone	42
Tabel 2.9 Neraca Massa Screen	43
Tabel 2.10 Neraca Massa Spray Condensate.....	44
Tabel 2.11 Neraca Energi Furnace.....	46
Tabel 2.12 Neraca Energi Screw Conveyor	47
Tabel 2.13 Neraca Energi Netralization Tank.....	47
Tabel 2.14 Neraca Energi Crystallizer.....	48
Tabel 2.15 Neraca Energi Rotary Dryer	48
Tabel 2.16 Neraca Energi Heat Exchanger.....	49
Tabel 2.17 Neraca Energi Spray Condensate	50
Tabel 2.18 Luas Bangunan Pabrik	54
Tabel 3.1 Spesifikasi Bin Penyimpanan NaCl.....	58

Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	59
Tabel 3.3 Spesifikasi Pompa (Geankoplis, 1993).....	60
Tabel 3.4 Spesifikasi Belt Conveyor (Brownell & Young, 1959).....	61
Tabel 3.5 Spesifikasi Screw Conveyor (Perry, 1973).....	62
Tabel 3.6 Spesifikasi Bucket Elevator (Perry, 1973).....	63
Tabel 3.7 Spesifikasi Blower (Geankoplis 4 th ed, 1993).....	64
Tabel 3.8 Spesifikasi Cooler.....	65
Tabel 3.9 Spesifikasi Spray Condensate.....	66
Tabel 3.10 Spesifikasi Heat Exchanger.....	68
Tabel 3.11 Spesifikasi Furnace.....	69
Tabel 3.12 Spesifikasi Netralization Tank.....	70
Tabel 3.13 Spesifikasi Crystallizer.....	71
Tabel 3.14 Spesifikasi Centrifuge.....	73
Tabel 3.15 Spesifikasi Filter Press.....	74
Tabel 3.16 Spesifikasi Cyclone.....	75
Tabel 3.17 Spesifikasi Rotary Dryer.....	76
Tabel 3.18 Spesifikasi Ball Mill.....	77
Tabel 3.19 Spesifikasi Screen.....	78
Tabel 4. 1 Spesifikasi Air Umpan Boiler.....	82
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	83
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin.....	86
Tabel 4. 4 Spesifikasi Air Sanitasi.....	87
Tabel 4.5 Kebutuhan Air Proses.....	90
Tabel 4.6 Total Air Keseluruhan yang Dibutuhkan.....	90
Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik untuk Proses.....	91
Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	91
Tabel 4.9 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan.....	92
Tabel 4.10 Kebutuhan Listrik untuk AC.....	93
Tabel 4.11 Kebutuhan Bahan bakar untuk utilitas.....	96
Tabel 4.12 Baku Mutu Air Limbah B3.....	98
Tabel 5.1 Pembagian Shift Karyawan.....	115
Tabel 5.2 Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu.....	116
Tabel 5.3 Jabatan dan Pendidikan.....	117
Tabel 5.4 Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi (Ulrich, 1984).....	118

Tabel 5.5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas	119
Tabel 5.6 Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji.....	120
Tabel 6.1 Troubleshooting pada Unit Tangki Penyimpanan (Lestari & Nurdi, 2010)	125
Tabel 6.2 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Transportasi (Afrizal & Yuniarto, 2013).....	128
Tabel 6.3 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemanas (Aliyah & Anggi, 2023)	130
Tabel 6.4 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Reaksi (Sari, 2014).....	133
Tabel 6.5 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemisah (Trianjo dkk., 2016)	135
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Coulson	138
Tabel 7.2 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Nelson-Farrar Refinery	141
Tabel 7.3 Total Harga Peralatan	144
Tabel 7.4 Rangkuman Biaya Investasi	152
Tabel 7.5 Rangkuman Biaya Produksi	152
Tabel 7.6 Rangkuman Produksi dan Penjualan	152
Tabel 7.7 Rangkuman Kelayakan Ekonomi	153
Tabel 7.8 Rangkuman Struktur Biaya (BEP)	153
Tabel 7.9 Rangkuman kelayakan Pabrik	154
Tabel A.1 Berat Molekul masing-masing komponen	160
Tabel A.2 Total garam masuk <1>	161
Tabel A.3 Komponen pada larutan H ₂ SO ₄	162
Tabel A.4 Neraca Massa Furnace	164
Tabel A.5 Komponen pada arus <3>	165
Tabel A.6 Komponen pada reaksi 1	166
Tabel A.7 Komponen pada reaksi 2.....	166
Tabel A.8 Komponen pada reaksi 3.....	167
Tabel A.9 Massa Campuran sebelum ditambahkan H ₂ O.....	168
Tabel A.10 Neraca Massa Netralization Tank	168
Tabel A.11 Komponen masuk filter press.....	169
Tabel A.12 Neraca Massa Filter Press	170
Tabel A.13 Massa masuk dari Filter Press.....	171
Tabel A.14 Neraca Massa Crystallizer	172
Tabel A.15 Massa masuk ke Crystallizer	173
Tabel A.16 Fraksi massa liquid masuk Crystallizer	174
Tabel A.17 Komponen liquid pada arus <12>	175
Tabel A.18 Komponen Filtrat pada arus <11>	175

Tabel A.19 Neraca Massa Centrifuge	176
Tabel A.20 Neraca Massa Rotary Dryer	181
Tabel A.21 Massa masuk dari Rotary Dryer	181
Tabel A.22 Massa Komponen menuju storage <14>	182
Tabel A.23 Massa komponen ke atmosfer.....	183
Tabel A.24 Neraca Massa Cyclone.....	183
Tabel A.25 Arus masuk dari rotary dryer dan cyclone	184
Tabel A.26 Massa Komponen yang berukuran +200 mesh	185
Tabel A.27 Massa komponen yang menuju Ball Mill	185
Tabel A.28 Neraca Massa Screen	185
Tabel A.29 Massa Komponen yang masuk	186
Tabel A.30 Massa Komponen.....	187
Tabel A.31 Neraca Massa Spray Condensate	187
Tabel B.1 Berat Molekul Komponen.....	189
Tabel B.2 Data Kapasitas Panas (Cp) Untuk Beberapa Komponen	189
Tabel B.3 Nilai Enthalpi Masing-Masing Komponen	192
Tabel B.4 Nilai $\Delta h^{\circ}f$ dan Jumlah Mol Komponen	193
Tabel B.5 Aliran 21 Ke Spray Condensate	193
Tabel B.6 Aliran 3 Ke Screw Conveyor	193
Tabel B.7 Neraca Energi Furnace (Q-110).....	194
Tabel B.8 Enthalpy Masuk Dari Furnace (Q-110) Aliran 3	195
Tabel B.9 Enthalpy Keluar Menuju Reaktor (R-120)	195
Tabel B.10 Neraca Energi Screw Conveyor (J-118)	197
Tabel B.11 Enthalpi Masuk Dari Screw Conveyor	197
Tabel B.12 Soda Lime Dari Tangki Penyimpanan Dan Air Dari Water Process Serta Recycle	197
Tabel B.13 Nilai ΔH_f pada 25°C	198
Tabel B.14 Nilai ΔH_f pada 25°C	198
Tabel B.15 Enthalpy Keluar Menuju Filter Press.....	198
Tabel B.16 Neraca Energi Reaktor Pencampur (R-120)	199
Tabel B.17 Enthalpy yang masuk crystallizer	200
Tabel B.18 Enthalpy keluar ke centrifuge (H-216)	200
Tabel B.19 Nilai $\Delta h^{\circ}f$ setiap komponen pada reaksi diatas.....	200
Tabel B.20 Neraca Energi Crystallizer (X-210).....	201

Tabel B.21 Neraca Energi Rotary Dryer (B-220).....	205
Tabel B.22 Enthalpy masuk HE <21>	206
Tabel B.23 Neraca Energi Heat Exchanger (E-311)	207
Tabel B.24 Enthalpy masuk spray condenser <22> dari HE.....	208
Tabel B.25 Komponen masuk tangki storage HCl.....	209
Tabel B.26 Nilai $\Delta h^{\circ}f$ setiap komponen pada reaksi.....	209
Tabel B.27 Neraca Energi Spray Condensate (E-310).....	210
Tabel B.28 Neraca Energi Overall.....	211
Tabel C.1 Densitas Bahan Masuk	212
Tabel C.2 Spesifikasi Bin NaCl.....	215
Tabel C.3 Densitas Bahan Baku Masuk	216
Tabel C.4 Spesifikasi Tangki H ₂ SO ₄ (F-114).....	219
Tabel C.5 Bahan Masuk	223
Tabel C.6 Komponen Masuk Ruang Reaksi	224
Tabel C. 7 Spesifikasi Furnace	229
Tabel C.8 Spesifikasi Screw Conveyor (J-118).....	230
Tabel C.9 Spesifikasi Screw Conveyor	231
Tabel C.10 Komponen Masuk.....	232
Tabel C.11 Aliran <3>	233
Tabel C.12 Aliran <4>	233
Tabel C.13 Aliran <5>	233
Tabel C.14 Aliran <6>	233
Tabel C.15 Aliran <7>	240
Tabel C.16 Data Fraksi	241
Tabel C. 17 Spesifikasi Reaktor Pencampur	243
Tabel C.18 Komponen Feed masuk Filter Press	244
Tabel C.19 Komponen Filtrat	245
Tabel C.20 Komponen Cake	246
Tabel C. 21 Spesifikasi Filter Press.....	252
Tabel C.22 Komponen yang masuk ke dalam crystallizer	252
Tabel C.23 Komponen yang masuk ke dalam centrifuge.....	254
Tabel C. 24 Spesifikasi centrifuge (H-216).....	255
Tabel C.25 Neraca Massa Rotary Dryer	256
Tabel C.26 Kondisi Operasi rotary Dryer	256

Tabel C.27 Spesifikasi rotary dryer (B-220)	261
Tabel C. 28 Spesifikasi Spray Condensate.....	267
Tabel C. 29 Spesifikasi Blower	269
Tabel C.30 Spesifikasi Pompa.....	273
Tabel C.31 Komponen yang dipindahkan Belt Conveyor.....	273
Tabel C.32 Spesifikasi Belt Conveyor	274
Tabel C.33 Komponen Bahan	275
Tabel C. 34 Spesifikasi <i>cyclone</i> (H-223).....	278
Tabel C. 35 Spesifikasi <i>Screen</i> (H-225).....	280
Tabel C.36 Komponen Ball Mill	280
Tabel C.37 Spesifikasi Ball Mill	281
Tabel D. 1 Harga Indeks CEP tahun 2026 di cari dengan persamaan	283
Tabel D. 2 Harga Alat dalam negeri	285
Tabel D. 3 Total Fixed Capital Investment (FCI).....	288
Tabel D. 4 Total Raw Material Inventory	295
Tabel D. 5 Working Capital Investment dan Total Capital Investment	297
Tabel D. 6 Management Salaries	305
Tabel D. 7 Cash Flow	314
Tabel D. 8 IRR (Internal Rate of Return)	320
Tabel D. 9 Total FCI + WCI.....	321

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Impor Sodium Sulfat di Indonesia (BPS, 2018-2025)	3
Gambar 1.2 Data Ekspor Sodium Sulfat di Indonesia (BPS, 2018-2025).....	4
Gambar 1.3 Lokasi Pabrik (Google Maps, 2026).....	19
Gambar 2.1 Kurva Pembentukan Inti Kristal (Robin Smith, 2001)	33
Gambar 2.2 Process Flow Diagram (PFD).....	35
Gambar 2.3 Blok Diagram Neraca Massa	45
Gambar 2.4 Blok Diagram Alir Neraca Massa.....	51
Gambar 2.5 Layout Pabrik.....	55
Gambar 2.6 Tata Letak Alat.....	57
Gambar 5.1 Bagan Struktur Organisasi	109
Gambar 7. 1 Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi	324