

**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**



TUGAS AKHIR

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

Disusun oleh:

NURIKA NAZILATUL ILMI NIM. 40040122650003

**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 : Nurika Nazilatul Ilmi
NIM : 40040122650003
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 Nurika Nazilatul Ilmi dan partner saya atas nama Dzikri Mahesa Al Aghifari 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



Nurika Nazilatul Ilmi

NIM 40040122650003

HALAMAN PENGESAHAN



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

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman: vokasi@liveundip.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**

Disusun Oleh :

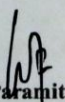
NURIKA NAZILATUL ILMI

NIM. 40040122650003

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 21 April 2026

Dosen Pembimbing


Dr.Eng. Vita Paramita 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 Skripsi 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 Dengan Kapasitas 16.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi 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 skripsi 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. Budiyono, 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 skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Dosen Penguji I, yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
5. Dosen Penguji II, yang telah memberikan evaluasi serta saran konstruktif guna meningkatkan kualitas skripsi 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. Partner skripsi, Dzikri Mahesa Al Ghifari, yang telah menjadi rekan diskusi, saling membantu, serta saling memberikan semangat selama proses penyusunan Skripsi Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini.

9. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri khususnya kepada sesama Penunggu GEBER (Gedung Bersama) yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, serta semangat selama masa perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.
11. 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 Skripsi Pra-Rancangan Pabrik Kimia ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Semarang, 15 Januari 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 16%, *Return On Investment* (ROI) sebesar 12,02%, *Profit on Sales* (POS) sebesar 9,87%, *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	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RINGKASAN.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
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	14
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.....	34
2.5 Neraca Massa dan Panas	35
2.5.1 Neraca Massa	35
2.5.2 Neraca Panas	47
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan.....	53
2.6.1 Tata Letak Pabrik.....	53
BAB III SPESIFIKASI ALAT.....	59
3.1 Unit Penyimpanan	59
3.2 Unit Transportasi	61
3.3 Unit Penukar Panas.....	66
3.4 Unit Reaktor Kimia.....	70
3.5 Unit Pemisah	74
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....	82

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	82
4.1.1 Unit Pengolahan Air	84
4.1.2 Unit Penyediaan Air	85
4.2 Unit Penyediaan Listrik	88
4.3 Unit Penyediaan <i>Thermal Fluid</i>	93
4.4 Unit Penyediaan Uap Air (<i>Steam</i>)	93
4.4.1 Kebutuhan Bahan Bakar Boiler	94
4.5 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	95
4.6 Unit Penyedia Udara Tekan.....	96
4.7 Unit Penyedia Limbah.....	96
4.8 Laboratorium	99
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	105
5.1 Bentuk Perusahaan.....	105
5.2 Struktur Organisasi	106
5.3 Tugas dan Wewenang.....	109
5.4 Pembagian Jam Kerja.....	113
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah	114
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	115
5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan	118
5.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	120
5.9 Corporate Social Responsibility (CSR)	121
BAB VI TROUBLESHOOTING	122
6.1 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan.....	123
6.2 Analisa Troubleshooting pada Unit Transportasi	126
6.3 Analisa Troubleshooting pada Unit Penukar Panas	128
6.4 Analisa Troubleshooting pada Unit Reaksi	131
6.5 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan.....	135

BAB VII ANALSA EKONOMI	137
7.1 Perkiraan Harga Peralatan	137
7.1.1 Data Harga Peralatan	137
7.1.2 Data Indeks Harga Nelson-Farrar Refinery	139
7.1.3 Penentuan Indeks Tahun 2026	140
7.1.4 Perhitungan Koreksi Harga.....	141
7.1.5 Total Harga Peralatan Tahun 2026	142
7.2 Dasar Perhitungan.....	142
7.3 Perhitungan Biaya.....	143
7.4 Analisa Kelayakan	146
7.4.1 Percent Profit on Sales (POS)	146
7.4.2 <i>Percent Return on Investment (ROI)</i>	147
7.4.3 Pay Out Time (POT).....	147
7.4.4 Break Event Point (BEP)	147
7.4.5 Shut Down Point (SDP).....	148
7.4.6 Internal Rate of Return (IRR).....	148
7.5 Hasil Perhitungan	148
7.6 Analisa Kelayakan	150
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN	156
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	156
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS	186
LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	207
LAMPIRAN D PERHITUNGAN EKONOMI.....	264

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 Mannheim 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	36
Tabel 2.2 Neraca Massa Furnace	37
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	41
Tabel 2.7 Neraca Massa Rotary Dryer	42
Tabel 2.8 Neraca Massa Cyclone.....	43
Tabel 2.9 Neraca Massa Screen	44
Tabel 2.10 Neraca Massa Spray Condensate.....	45
Tabel 2.11 Neraca Energi Furnace	47
Tabel 2.12 Neraca Energi Screw Conveyor.....	48
Tabel 2.13 Neraca Energi Reaktor	48
Tabel 2.14 Neraca Energi Crystallizer	49
Tabel 2.15 Neraca Energi Rotary Dryer.....	50
Tabel 2.16 Neraca Energi Heat Exchanger.....	50
Tabel 2.17 Neraca Energi Spray Condensor.....	51
Tabel 2.18 Luas Bangunan Pabrik.....	55
Tabel 3.1 Spesifikasi Bin Penyimpanan NaCl.....	59
Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	60
Tabel 3.3 Spesifikasi Pompa (Geankoplis, 1993).....	61

Tabel 3.4 Spesifikasi Belt Conveyor (Brownell & Young, 1959).....	62
Tabel 3.5 Spesifikasi Screw Conveyor (Perry, 1973).....	63
Tabel 3.6 Spesifikasi Bucket Elevator (Perry, 1973).....	64
Tabel 3.7 Spesifikasi Blower (Geankoplis 4 th ed, 1993).....	65
Tabel 3.8 Spesifikasi Cooler.....	66
Tabel 3.9 Spesifikasi Spray Condensate	68
Tabel 3.10 Spesifikasi Heat Exchanger.....	69
Tabel 3.11 Spesifikasi Furnace	70
Tabel 3.12 Spesifikasi Netralization Tank.....	72
Tabel 3.13 Spesifikasi Crystallizer	73
Tabel 3.14 Spesifikasi Centrifuge.....	74
Tabel 3.15 Spesifikasi Filter Press.....	75
Tabel 3.16 Spesifikasi Cyclone.....	76
Tabel 3.17 Spesifikasi Rotary Dryer.....	77
Tabel 3.18 Spesifikasi Ball Mill	79
Tabel 3.19 Spesifikasi Screen.....	80
Tabel 4.1 Syarat Air Sanitasi.....	85
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin.....	86
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Proses.....	88
Tabel 4.4 Total Air Keseluruhan yang Dibutuhkan	88
Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Proses.....	89
Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	89
Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	90
Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik untuk AC.....	91
Tabel 4.9 Parameter Air Umpan <i>Boiler</i> (SNI 7268:2009)	94
Tabel 4.10 Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	94
Tabel 4.11 Kebutuhan Bahan bakar untuk utilitas.....	95
Tabel 4.12 Baku Mutu Air Limbah B3.....	97
Tabel 5.1 Pembagian Shift Karyawan	113
Tabel 5.2 Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu	114
Tabel 5.3 Jabatan dan Pendidikan	115
Tabel 5.4 Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi (Ulrich, 1984).....	116
Tabel 5.5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas.....	117
Tabel 5.6 Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji.....	118
Tabel 6.1 Troubleshooting pada Unit Tangki Penyimpanan (Lestari & Nurdi, 2010)	123
Tabel 6.2 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Transportasi (Afrizal & Yuniarto, 2013).....	126
Tabel 6.3 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemanas (Aliyah & Anggi, 2023).....	128

Tabel 6.4 Troubleshooting pada Unit Reaktor (Sari, 2014)	131
Tabel 6.5 Troubleshooting pada Unit Pemisah (Trianjo dkk., 2016)	135
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Coulson	137
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Robin Smith.....	138
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Ulrich	138
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Matche.com	138
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan kkft.bme.hu.....	139
Tabel 7.1 Data Harga Peralatan Dasar Perhitungan Nelson-Farrar Refinery	139
Tabel 7.1 Total Harga Peralatan.....	142
Tabel 7.1 Rangkuman Biaya Investasi	149
Tabel 7.1 Rangkuman Biaya Produksi	149
Tabel 7.1 Rangkuman Produksi dan Penjualan	149
Tabel 7.1 Rangkuman Kelayakan Ekonomi	150
Tabel 7.1 Rangkuman Struktur Biaya (BEP).....	150
Tabel A.1 Berat Molekul masing-masing komponen.....	157
Tabel A.2 Total garam masuk <1>	158
Tabel A.3 Komponen pada larutan H ₂ SO ₄	159
Tabel A.4 Neraca Massa Furnace	161
Tabel A.5 Komponen pada arus <3>.....	162
Tabel A.6 Komponen pada reaksi 1	163
Tabel A.7 Komponen pada reaksi 2	163
Tabel A.8 Komponen pada reaksi 3	164
Tabel A.9 Massa Campuran sebelum ditambahkan H ₂ O.....	165
Tabel A.10 Neraca Massa Netralization Tank	165
Tabel A.11 Komponen masuk filter press	166
Tabel A.12 Neraca Massa Filter Press.....	167
Tabel A.13 Massa masuk dari Filter Press.....	168
Tabel A.14 Neraca Massa Crystallizer	170
Tabel A.15 Massa masuk ke Crystallizer	170
Tabel A.16 Fraksi massa liquid masuk Crystallizer	172
Tabel A.17 Komponen liquid pada arus <12>	172
Tabel A.18 Komponen Filtrat pada arus <11>.....	173
Tabel A.19 Neraca Massa Centrifuge.....	173
Tabel A.20 Neraca Massa Rotary Dryer.....	178
Tabel A.21 Massa masuk dari Rotary Dryer.....	179
Tabel A.22 Massa Komponen menuju storage <14>	180
Tabel A.23 Massa komponen ke atmosfer.....	180

Tabel A.24 Neraca Massa Cyclone	180
Tabel A.25 Arus masuk dari rotary dryer dan cyclone.....	181
Tabel A.26 Massa Komponen yang berukuran +200 mesh.....	182
Tabel A.27 Massa komponen yang menuju Ball Mill.....	182
Tabel A.28 Neraca Massa Screen	182
Tabel A.29 Massa Komponen yang masuk	183
Tabel A.30 Massa Komponen.....	184
Tabel A.31 Neraca Massa Spray Condensate	184
Tabel B.1 Berat Molekul Komponen	186
Tabel B.2 Data Kapasitas Panas (Cp) Untuk Beberapa Komponen.....	186
Tabel B.3 Nilai Enthalpi Masing-Masing Komponen.....	188
Tabel B.4 Nilai Δh°_f dan Jumlah Mol Komponen.....	189
Tabel B.5 Aliran 21 Ke Spray Condensate.....	189
Tabel B.6 Aliran 3 Ke Screw Conveyor.....	189
Tabel B.7 Neraca Energi Furnace	190
Tabel B.8 Enthalpy Masuk Dari Furnace Aliran 3.....	191
Tabel B.9 Enthalpy Keluar	191
Tabel B.10 Neraca Energi Screw Conveyor.....	192
Tabel B.11 Enthalpi Masuk Dari Screw Conveyor	193
Tabel B.12 Soda Lime Dari Tangki Penyimpanan Dan Air Dari Water Process Serta Recycle	193
Tabel B.13 Nilai ΔH_f pada 25°C	193
Tabel B.14 Nilai ΔH_f pada 25°C	194
Tabel B.15 Enthalpi Keluar Menuju Filter Press.....	194
Tabel B.16 Neraca Energi Reaktor Pencampur	194
Tabel B.17 Enthalpy yang masuk crystallizer	195
Tabel B.18 Enthalpy keluar ke centrifuge	195
Tabel B.19 Nilai Δh°_f setiap komponen pada reaksi diatas	196
Tabel B.20 Neraca Energi Crystallizer.....	197
Tabel B.21 Neraca Energi Rotary Dryer	200
Tabel B.22 Enthalpy masuk HE <21>	201
Tabel B.23 Neraca Energi Heat Exchanger.....	203
Tabel B.24 Enthalpy masuk spray condenser <22> dari HE.....	203
Tabel B.25 Komponen masuk tangki storage HCl.....	204
Tabel B.26 Nilai Δh°_f setiap komponen pada reaksi	204
Tabel B.27 Neraca Energi Spray Condensate.....	205
Tabel B.28 Neraca Energi Overall.....	206
Tabel C.1 Densitas Bahan Masuk.....	207

Tabel C.2 Spesifikasi Bin NaCl.....	210
Tabel C.3 Densitas Bahan Baku Masuk.....	210
Tabel C.4 Spesifikasi Tangki H ₂ SO ₄	213
Tabel C.5 Bahan Masuk.....	216
Tabel C.6 Komponen Masuk Ruang Reaksi	217
Tabel C. 7 Spesifikasi Furnace	221
Tabel C.8 Spesifikasi Screw Conveyor.....	222
Tabel C.9 Spesifikasi Screw Conveyor.....	223
Tabel C.10 Komponen Masuk.....	223
Tabel C.11 Aliran <3>.....	224
Tabel C.12 Aliran <4>	224
Tabel C.13 Aliran <5>	224
Tabel C.14 Aliran <6>	224
Tabel C.15 Aliran <7>	229
Tabel C.16 Data Fraksi	231
Tabel C. 17 Spesifikasi Reaktor Pencampur	232
Tabel C.18 Komponen Feed masuk Filter Press.....	233
Tabel C.19 Komponen Filtrat.....	234
Tabel C.20 Komponen Cake	234
Tabel C. 21 Spesifikasi Filter Press	239
Tabel C.22 Komponen yang masuk ke dalam crystallizer	239
Tabel C.23 Komponen yang masuk ke dalam centrifuge.....	240
Tabel C. 24 Spesifikasi centrifuge.....	241
Tabel C.25 Neraca Massa Rotary Dryer	242
Tabel C.26 Kondisi Operasi rotary Dryer	242
Tabel C.27 Spesifikasi rotary dryer (B-220)	247
Tabel C. 28 Spesifikasi Spray Condensate.....	252
Tabel C. 29 Spesifikasi Blower	253
Tabel C.30 Spesifikasi Pompa.....	256
Tabel C.31 Komponen yang dipindahkan Belt Conveyor.....	257
Tabel C.32 Spesifikasi Belt Conveyor.....	257
Tabel C.33 Komponen Bahan	258
Tabel C. 34 Spesifikasi <i>cyclone</i>	260
Tabel C. 35 Spesifikasi <i>Screen</i>	262
Tabel C.36 Komponen Ball Mill	262
Tabel C.37 Spesifikasi Ball Mill.....	263
Tabel D.1 Harga Peralatan dengan dasar perhitungan Coulson.....	264

Tabel D.2 Harga Peralatan dengan dasar perhitungan Robin Smith	264
Tabel D.3 Harga Peralatan dengan dasar perhitungan Ulrich.....	265
Tabel D.4 Harga Peralatan dengan dasar perhitungan Matche.com	265
Tabel D.5 Harga Peralatan dengan dasar perhitungan kkft.bme.hu	265
Tabel D.6 Indeks Harga Nelson Farrar Refinery	265
Tabel D.7 Harga kebutuhan bahan baku	268
Tabel D.8 Data Jumlah Pekerja	269
Tabel D.9 Data Gaji Karyawan.....	270
Tabel D.10 Modal Tetap.....	271
Tabel D.11 Manufacturing Cost.....	272
Tabel D.12 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Sebesar 60%, 80%, dan 100%.....	274
Tabel D.13 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi.....	274
Tabel D.14 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi	274
Tabel D.15 Trial Laju Bunga (i)	275
Tabel D.16 Cummulative Cash Flow	276
Tabel D.17 Biaya Fixed Cost, Variable, Semi Variable Cost, dan Sell	277

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).....	32
Gambar 2.2 Process Flow Diagram (PFD)	34
Gambar 2.3 Blok Diagram Neraca Massa	46
Gambar 2.4 Blok Diagram Alir Neraca Massa	52
Gambar 2.5 Layout Pabrik	56
Gambar 2.6 Tata Letak Alat.....	58
Gambar 5.1 Bagan Struktur Organisasi	108