

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR KODE DAN STANDAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI .....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Tinjauan Pustaka.....	1
1.3 <i>Market Analysis</i> .....	15
1.4    Pemilihan Lokasi .....	18
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	21
2.1    Unit Produksi <i>Green Ammonia</i> .....	21
2.2    Unit Produksi Ammonium Sulfat .....	22
2.3    Unit Produksi Pupuk NPK 15-15-15 .....	23
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK.....	24
3.1    Bahan Baku.....	24
3.2    Produk.....	30
BAB IV DIAGRAM ALIR PROSES .....	31
BAB V NERACA MASSA .....	1
5.1    Neraca Massa Total .....	1
5.2    Neraca Massa Tiap Alat.....	1
BAB VI NERACA PANAS.....	21
6.1    Neraca Panas Tiap Alat.....	21
BAB VII SPESIFIKASI ALAT .....	35
7.1 <i>Knockout Drum</i> (KO-101).....	35
7.2 <i>Knockout Drum</i> (KO-102) .....	35



7.3	Knockout Drum (KO-103)	35
7.4	<i>Pressure Swing Adsorption</i> (V-101 A/B)	36
7.5	<i>Electrolyzer</i> (R-101)	36
7.6	<i>Desiccant</i> (D-101)	37
7.7	Kompresor (C-101)	37
7.8	Kompresor (C-102)	38
7.9	Kompresor (C-103)	38
7.10	Kompresor (C-104)	38
7.11	Kompresor (C-105)	39
7.12	<i>Heat Exchanger</i> (E-101)	39
7.13	<i>Intercooler</i> (E-102)	40
7.14	<i>Intercooler</i> (E-103)	41
7.15	<i>Chiller</i> (E-104)	42
7.16	<i>Chiller</i> (E-105)	42
7.17	<i>Recycle Gas Heater</i> (E-106)	43
7.18	<i>Ammonia Converter</i> (R-102)	44
7.19	Pompa (P-101)	45
7.20	<i>Mother Liquor Mixer</i> (M-201)	45
7.21	<i>Centrifuge</i> (CF-201)	46
7.22	Reaktor Ammonium Sulfat (R-201)	47
7.23	<i>Vaporizer</i> (E-201)	48
7.24	<i>Air Heater</i> (E-203)	48
7.25	<i>Cyclone</i> (CY-201)	49
7.26	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (TK-201)	50
7.27	Pompa (P-201)	51
7.28	Pompa (P-203)	51
7.29	<i>Rotary Dryer</i> (RD-201)	52
7.30	<i>Vibrating Screen</i> (VS-201)	53
7.31	<i>Belt Conveyor</i> (BC-201)	53
7.32	<i>Blower</i> (BL-201)	54
7.33	Storage Urea (S-301)	54



7.34	Storage Ammonium Sulfat (S-302) .....	55
7.35	Storage Diammonium Phospate (S-303) .....	56
7.36	Storage KCl (S-304) .....	56
7.37	Storage Clay (S-305) .....	57
7.38	Storage NPK 15-15-15 (S-307) .....	57
7.39	<i>Screw Conveyor</i> (SC-301) .....	58
7.40	<i>Air Heater</i> (E-301).....	59
7.41	<i>Crusher</i> (CR-301).....	59
7.42	<i>Crusher</i> (CR-302).....	60
7.43	<i>Crusher</i> (CR-303).....	61
7.44	<i>Belt Conveyor</i> (BC-301).....	61
7.45	<i>Belt Conveyor</i> (BC-302).....	62
7.46	<i>Belt Conveyor</i> (BC-303).....	62
7.47	<i>Belt Conveyor</i> (BC-304).....	63
7.48	<i>Belt Conveyor</i> (BC-305).....	63
7.49	<i>Belt Conveyor</i> (BC-306).....	64
7.50	<i>Belt Conveyor</i> (BC-307).....	64
7.51	<i>Belt Conveyor</i> (BC-308).....	65
7.52	<i>Belt Conveyor</i> (BC-309).....	65
7.53	<i>Belt Conveyor</i> (BC-310).....	66
7.54	<i>Granulator</i> (RD-301) .....	66
7.55	<i>Rotary Dryer</i> (RD-302) .....	67
7.56	<i>Rotary Cooler</i> (RD-303).....	68
7.57	<i>Coater Drum</i> (RD-304) .....	68
7.58	<i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	69
7.59	<i>Bucket Elevator</i> (BE-302).....	69
7.60	<i>Bucket Elevator</i> (BE-303).....	70
7.61	<i>Bucket Elevator</i> (BE-304).....	70
7.62	<i>Bucket Elevator</i> (BE-305).....	71
7.63	<i>Bucket Elevator</i> (BE-306).....	72
7.64	<i>Bucket Elevator</i> (BE-307).....	72



7.65	<i>Bucket Elevator</i> (BE-308).....	73
7.66	<i>Bucket Elevator</i> (BE-309).....	73
7.67	<i>Bucket Elevator</i> (BE-310).....	74
7.68	Hopper (H-301) .....	74
7.69	Hopper (H-302) .....	75
7.70	Hopper (H-303) .....	76
7.71	Hopper (H-304) .....	76
7.72	Hopper (H-305) .....	77
7.73	Settling Pond (SP-301) .....	78
7.74	<i>Cyclone</i> (CY-301).....	78
7.75	<i>Cyclone</i> (CY-302).....	79
7.76	<i>Vibrating Screen</i> (VS-301).....	79
7.77	<i>Blower</i> (BL-301).....	80
7.78	<i>Scrubber</i> (X-301).....	80
7.79	Pompa (P-301).....	81
7.80	Pompa (P-302).....	82
BAB VIII UTILITAS .....		83
8.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air.....	83
8.2	Spesifikasi Alat Utilitas Pengolahan Air .....	94
8.3	Unit Penyedia Udara.....	114
8.4	Unit Pembangkit <i>Steam</i> .....	122
8.5	Unit Pembangkit Listrik .....	128
8.6	Unit Pengolahan Limbah .....	132
BAB IX TATA LETAK PABRIK.....		134
9.1	Tata Letak Pabrik.....	134
9.2	<i>Layout</i> Peralatan Proses .....	136
BAB X ASPEK <i>SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT</i> .....		140
10.1	Sistem <i>Safety, Health, and Environment</i> (SHE).....	140
10.2	Identifikasi Hazard Bahan .....	156
10.3	Identifikasi Hazard Proses .....	168
10.4	Identifikasi Hazard Limbah .....	212



10.5	Hazard and Operability Study (HAZOP) .....	221
10.6	Layer of Protection Analysis (LOPA) .....	235
10.7	Studi Dispersi dan Klasifikasi Area Hazardous.....	240
BAB XI STRUKTUR PERUSAHAAN .....		243
11.1	Bentuk Perusahaan.....	243
11.2	Struktur Organisasi .....	244
11.3	Tugas dan Wewenang.....	244
11.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	254
11.5	Penggolongan Gaji Karyawan .....	256
11.6	Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	257
11.7	Manajemen Produksi .....	260
BAB XII ANALISIS EKONOMI.....		263
12.1	Penentuan Tingkat Risiko Pabrik .....	263
12.2	Perhitungan Modal Tetap ( <i>Fixed Capital</i> ).....	263
12.2.1	Perhitungan Harga Alat.....	266
12.2.2	Perhitungan <i>Raw Material, Sales, Dan Bahan Penunjang</i> .....	273
12.2.3	Perhitungan Biaya Labor .....	274
12.2.4	Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan .....	274
12.2.5	Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> .....	275
12.3	Biaya Produksi ( <i>Manufacturing Cost</i> ) .....	277
12.4	Modal Kerja ( <i>Working Capital</i> ).....	278
12.5	Pengeluaran Umum ( <i>General Expense</i> ) .....	278
12.6	Analisis Keuntungan ( <i>Profitability Analysis</i> ).....	279
12.7	Analisis Kelayakan .....	279
12.7.1	Faktor Lang.....	279
12.7.2	<i>Return of Investment</i> .....	280
12.7.3	<i>Pay Out Time</i> .....	281
12.7.4	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)</i> .....	282
12.7.5	<i>Break Even Point (BEP) dan Shutdown Point (SDP)</i> .....	283
12.7.6	Analisis Sensitivitas .....	286
BAB XIII KESIMPULAN.....		288



DAFTAR PUSTAKA .....	289
LAMPIRAN ALAT UTAMA .....	291
ELECTROLYZER (R-101) .....	291
<i>AMMONIA CONVERTER</i> (R-102) .....	307
REAKTOR AMMONIUM SULFAT (R-201) .....	337
ROTARY DRYER (RD-201) .....	359
LAMPIRAN ALAT PROSES .....	387
LAMPIRAN ALAT UTILITAS .....	593

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Struktur Molekul Air .....	2
<b>Gambar 2.</b> Skema <i>Alkaline Water Electrolysis</i> .....	8
<b>Gambar 3.</b> Proses Distilasi Kriogenik .....	8
<b>Gambar 4.</b> Diagram Proses <i>Pressure Swing Adsorption (PSA)</i> .....	9
<b>Gambar 5.</b> <i>Process Flow Diagram</i> Proses Merseburg .....	12
<b>Gambar 6.</b> Mekanisme Pembentukan Granul.....	13
<b>Gambar 7.</b> Diagram Pembentukan NPK dengan <i>Steam Granulation</i> .....	14
<b>Gambar 8.</b> Prediksi Kebutuhan Pupuk NPK Di Masa Depan .....	16
<b>Gambar 9.</b> Data Potential Balance dari Berbagai Regional .....	17
<b>Gambar 10.</b> Kondisi Geografis Desa Tanjung Buka.....	18
<b>Gambar 11.</b> Grafik Garis Keseimbangan Suhu terhadap Entalpi.....	106
<b>Gambar 12.</b> Grafik Garis Keseimbangan dan Garis Operasi Minimum.....	107
<b>Gambar 13.</b> Grafik Penentuan Konsentrasi Air pada Cooling Tower.....	109
<b>Gambar 14.</b> Spesifikasi <i>Desiccant</i> .....	118
<b>Gambar 15.</b> Diagram Alir Unit Penyedia Udara .....	122
<b>Gambar 16.</b> <i>Block Diagram</i> Sistem Pembangkit <i>Steam</i> .....	123
<b>Gambar 17.</b> <i>Skema Boiler</i> .....	124
<b>Gambar 18.</b> Layout Pabrik Pupuk NPK dari Green Ammonia .....	135
<b>Gambar 19.</b> Spacing Antar Unit Pabrik Sesuai GAPS .....	137
<b>Gambar 20.</b> Spacing Antar Alat Pabrik Sesuai GAPS .....	137
<b>Gambar 21.</b> Spacing Untuk Tangki Penyimpanan Sesuai GAPS .....	138
<b>Gambar 22.</b> Layout Unit Pabrik Green Ammonia (Skala 1:500).....	138
<b>Gambar 23.</b> Layout Unit Pabrik Ammonium Sulfat (Skala 1:500).....	139
<b>Gambar 24.</b> Layout Unit Pabrik NPK 15-15-15 (Skala 1:500).....	139
<b>Gambar 25.</b> Struktur Organisasi SHE Pabrik Pupuk NPK.....	153
<b>Gambar 27.</b> <i>Process Flow Diagram</i> Unit Sintesis Amonia Setelah Studi HAZOP .....	234
<b>Gambar 28.</b> Lapisan Proteksi Keamanan pada Pabrik Kimia .....	236
<b>Gambar 29.</b> Pemetaan Lokasi <i>Hazardous</i> dari Citra Satelit.....	241
<b>Gambar 30.</b> Struktur Perusahaan Pabrik Pupuk NPK .....	244
<b>Gambar 31.</b> Grafik Hubungan Tahun dengan Indeks CEPCI .....	265



<b>Gambar 32.</b> Grafik BEP dan SDP .....	286
<b>Gambar 33.</b> Grafik Sensitivitas .....	287
<b>Gambar 34.</b> Kurva Polarisasi dan Distribusi Tegangan Sel (De Silva, 2017).....	292
<b>Gambar 35.</b> Grafik Perubahan Tekanan terhadap Daya.....	302
<b>Gambar 36.</b> Grafik Perubahan Suhu terhadap Daya .....	302
<b>Gambar 37.</b> Grafik Perubahan <i>Current Density</i> terhadap Daya.....	302
<b>Gambar 38.</b> <i>Detailed Sketch of Stack Electrolyzer</i> (Mclyzer).....	305
<b>Gambar 39.</b> Skema <i>Adiabatic Indirect Cooling Reactor</i> .....	308
<b>Gambar 40.</b> Profil Konversi N <sub>2</sub> Sepanjang Bed Reaktor R-102 .....	321
<b>Gambar 41.</b> Profil Suhu Sepanjang Bed Reaktor R-102.....	321
<b>Gambar 42.</b> Profil Fraksi Mol Tiap Senyawa Sepanjang Reaktor R-102 .....	322
<b>Gambar 43.</b> Garis Operasi dan Kestimbangan Pada Reaktor R-102.....	322
<b>Gambar 44.</b> Profil <i>Reynolds Number</i> Sepanjang Reaktor R-102 .....	323
<b>Gambar 45.</b> <i>Detailed Sketch of Ammonia Converter</i> .....	336
<b>Gambar 46.</b> Profil Laju Mol Ammonia pada Berbagai Posisi .....	351
<b>Gambar 47.</b> Skema Reaktor Ammonium Sulfat.....	357
<b>Gambar 48.</b> Skema <i>Rotary Dryer-201</i> .....	359
<b>Gambar 49.</b> Profil Hubungan Suhu Udara dan Suhu Bahan dengan Panjang Dryer .....	374
<b>Gambar 50.</b> Profil Hubungan Kadar Air pada Udara dan Bahan dengan Panjang Dryer .....	375
<b>Gambar 51.</b> Profil Hubungan Relative Humidity pada Udara dengan Panjang Dryer.....	375
<b>Gambar 52.</b> Skema Flight Flat-Lip Radial .....	378
<b>Gambar 53.</b> <i>Detailed Sketch of Rotary Dryer</i> .....	386

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.</b> Spesifikasi Produk <i>Green Ammonia</i> .....	3
<b>Tabel II.</b> Spesifikasi Produk Ammonium Sulfat sebagai Pupuk ZA .....	3
<b>Tabel III.</b> Contoh Jenis Pupuk Berdasarkan Nutriennya .....	4
<b>Tabel IV.</b> Perbandingan Teknologi Elektrolisis Air .....	6
<b>Tabel V.</b> Perbandingan Proses Netralisasi dan Proses Merseburg .....	12
<b>Tabel VI.</b> Perbandingan Proses Pembuatan Pupuk NPK .....	12
<b>Tabel VII.</b> Perusahaan Produsen Pupuk NPK di Indonesia .....	17
<b>Tabel VIII.</b> Komposisi Udara Kering .....	24
<b>Tabel IX.</b> Karakteristik <i>Raw Material</i> .....	25
<b>Tabel X.</b> Komposisi Amonium Sulfat .....	27
<b>Tabel XI.</b> Komposisi Urea .....	27
<b>Tabel XII.</b> Komposisi Diammonium Phospate .....	29
<b>Tabel XIII.</b> Komposisi Clay .....	29
<b>Tabel XIV.</b> Komposisi Pupuk NPK Formulasi 15-15-15 .....	30
<b>Tabel XV.</b> Rincian Kebutuhan Umum .....	83
<b>Tabel XVI.</b> Rincian Kebutuhan Air Proses .....	84
<b>Tabel XVII.</b> Rincian Kebutuhan Pengolahan Air Pendingin .....	84
<b>Tabel XVIII.</b> Rincian Kebutuhan Pengolahan <i>Boiler Feed Water</i> .....	85
<b>Tabel XIX.</b> Data Kesetimbangan Air dan Udara Kering .....	105
<b>Tabel XX.</b> Data Entalpi Aktual pada Inkremen Suhu .....	108
<b>Tabel XXI.</b> Data Hitungan Integrasi pada Inkremen Suhu .....	112
<b>Tabel XXII.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas .....	113
<b>Tabel XXIII.</b> Kebutuhan Udara Instrumen .....	115
<b>Tabel XXIV.</b> Spesifikasi Boiler Feed Water .....	123
<b>Tabel XXV.</b> Spesifikasi Bahan Bakar Boiler .....	126
<b>Tabel XXVI.</b> Rincian Kebutuhan Daya Alat Proses .....	128
<b>Tabel XXVII.</b> Rincian Kebutuhan Daya Alat Utilitas .....	130
<b>Tabel XXVIII.</b> Parameter Baku Mutu Limbah Cair Industri Pupuk .....	132
<b>Tabel XXIX.</b> Batas Maksimum Limbah Cair Pabrik NPK .....	132
<b>Tabel XXX.</b> Matriks Skenario Bahaya dan Risiko Residual LOPA .....	239



<b>Tabel XXXI.</b> Ringkasan Skenario LOPA dan SIL yang Diperlukan .....	239
<b>Tabel XXXII.</b> Studi Kasus Dispersi Dengan Software ALOHA.....	240
<b>Tabel XXXIII.</b> Jadwal Kerja Karyawan Non-Shift.....	255
<b>Tabel XXXIV.</b> Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	255
<b>Tabel XXXV.</b> Pembagian Jadwal Kelompok <i>Shift</i> .....	255
<b>Tabel XXXVI.</b> Indeks Harga CEPCI.....	264
<b>Tabel XXXVII.</b> Tabel Perhitungan Harga Alat Proses.....	266
<b>Tabel XXXVIII.</b> Tabel Perhitungan Alat Utilitas .....	270
<b>Tabel XXXIX.</b> Perhitungan Harga <i>Raw Material</i> .....	273
<b>Tabel XL.</b> Perhitungan Harga Bahan Penunjang Utilitas .....	273
<b>Tabel XLI.</b> Perhitungan Harga Jual Produk.....	274
<b>Tabel XLII.</b> Rincian Harga Tanah dan Bangunan.....	275
<b>Tabel XLIII.</b> Rincian <i>Fixed Capital Investment</i> .....	275
<b>Tabel XLIV.</b> Rincian <i>Manufacturing Cost</i> .....	277
<b>Tabel XLV.</b> Perhitungan <i>Working Capital</i> .....	278
<b>Tabel XLVI.</b> Perhitungan <i>General Expenses</i> .....	279
<b>Tabel XLVII.</b> <i>Cash Flow</i> Perusahaan.....	283
<b>Tabel XLVIII.</b> Perhitungan Nilai Komponen BEP dan SDP .....	285
<b>Tabel XLIX.</b> Spesifikasi Elektrolyzer (R-101).....	306
<b>Tabel L.</b> Spesifikasi Reaktor <i>Ammonia Converter</i> .....	335
<b>Tabel LI.</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> RD-201.....	384
<b>Tabel LII.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas .....	635