

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM NITRAT DARI AMONIA
DAN UDARA (OKSIGEN) DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Mhd Kevin Hasnal Siregar

Nama : Ariq Nur Wicaksono

NIM : 18521028

NIM : 18521057

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM NITRAT DARI AMONIA
DAN UDARA (OKSIGEN) DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mhd Kevin Hasnal Siregar

Nama : Ariq Nur Wicaksono

NIM : 18521028

NIM : 18521057

Yogyakarta, 14 September 2022

Menyatakan bahwan seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun I,



Mhd Kevin Hasnal Siregar

NIM. 18521028

Penyusun II,



Ariq Nur Wicaksono

NIM. 18521057

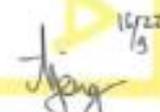
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM NITRAT DARI AMONIA
DAN UDARA (OKSIGEN) DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK
ISLAM
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh

Nama	: Mhd Kevin Hasnal Siregar	Nama	: Ariq Nur Wicaksono
NIM	: 18521028	NIM	: 18521057

Yogyakarta, 14 September 2022

Pembimbing I,	Pembimbing II,
	
<u>Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D</u>	<u>Ajeng Yulianti Dwi Lestari S.T., M.T</u>

UNIVERSITAS INDONESIA

الجامعة الإسلامية

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAM NITRAT DARI AMONIA
DAN UDARA (OKSIGEN) DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Mhd Kevin Hasnal Siregar Nama : Ariq Nur Wicaksono
NIM : 18521028 NIM : 18521057

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 30 September 2022

Tim penguji

Ketua Penguji

Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D

Penguji I

Dr. Diana, S.T., M.Sc.

Penguji II

Venitalitya Alethea SA., S.T., M.Eng.

11-10-2022



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ha Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah rabbi'l'alamin, puji dan syukur senantiasa terucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga laporan Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas prarancangan pabrik kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Kimia Asam Nitrat dari Amonia dan Udara (Oksigen) dengan Kapasitas 37.000 Ton/Tahun” disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulisan laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas kehendak-Nya yang telah memberikan kelancaran kepada kami sehingga tugas akhir ini dapat selesai tanpa hambatan.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini dengan tulus dan ikhlas.

Demikian laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini kami susun. Penyusun mengharapkan semoga laporan ini dapat diambil manfaatnya sehingga dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca dan diri penyusun sendiri. Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 14 September 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Kapasitas Impor Asam Nitrat di Indonesia.....	3
1.2.2 Kapasitas Produksi di Indonesia	4
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.3.1 Jenis Proses Pembuatan Asam Nitrat.....	7
1.3.2 Kegunaan Asam Nitrat	11
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	12
1.4.1 Tinjauan Termodinamika.....	12
1.4.2 Tinjauan Kinetika	15
BAB II PERANCANGAN PRODUK	17
2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung	17
2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk	18
2.3 Identifikasi Kebahayaan (<i>Hazard</i>) Bahan Baku.....	20
2.4 Pengendalian Kualitas	23
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	23
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses	23
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	25
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	26
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	26
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	26
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	27
3.2 Uraian Proses.....	28
3.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku.....	28
3.2.2 Proses Oksidasi Amonia	29
3.2.3 Proses Oksidasi Lanjutan.....	29
3.2.4 Proses Absorpsi.....	30
3.3 Spesifikasi Alat Proses	31
3.3.1 Tangki Penyimpanan	31
3.3.2 <i>Blower</i>	32

3.3.3 <i>Filter</i>	32
3.3.4 Kompresor	33
3.3.5 Furnace.....	33
3.3.6 Reaktor 1 (R-01)	34
3.3.7 <i>Cooler</i>	35
3.3.8 Kondensor.....	35
3.3.9 Separator	36
3.3.10 Reaktor 2 (R-02)	37
3.3.11 Absorber.....	38
3.3.12 Pompa	39
3.3.13 Expansion Valve	39
3.4 Neraca Massa	40
3.4.1 Neraca Massa Total	40
3.4.2 Neraca Massa <i>Mix-Point</i> 1.....	40
3.4.3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01).....	41
3.4.4 Neraca Massa <i>Mix-Point</i> 2	41
3.4.5 Neraca Massa Separator (SEP-01).....	41
3.4.6 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02).....	42
3.4.7 Neraca Massa Absorber (AB-01)	42
3.5 Neraca Panas	43
3.5.1 Neraca Panas Kompresor (K-01).....	43
3.5.2 Neraca Panas <i>Mix-Point</i> 1.....	43
3.5.3 Neraca Panas <i>Furnace</i> (F-01)	43
3.5.4 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)	44
3.5.5 Neraca Panas <i>Mix-Point</i> 2.....	44
3.5.6 Neraca Panas <i>Cooler</i> (HE-01)	44
3.5.7 Neraca Panas Kondensor (CD-01).....	44
3.5.8 Neraca Panas Separator (SEP-01).....	45
3.5.9 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)	45
3.5.10 Neraca Panas Absorber (AB-01)	45
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	46
4.1 Lokasi Pabrik.....	46

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	47
4.1. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	49
4.2 Tata Letak Pabrik	50
4.4. Organisasi Perusahaan	55
4.4.1 Bentuk Perusahaan	55
4.4.2 Struktur Organisasi	57
4.4.3 Tugas dan Wewenang	59
4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan	65
4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	68
BAB V UTILITAS	73
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	73
5.1.1 Unit Penyediaan Air	73
5.1.2 Unit Pengolahan Air	77
5.2 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	82
5.3 Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>)	85
5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	85
5.5 Unit Penyediaan Pendingin <i>Dowtherm A</i>	85
5.6 Unit Pengolahan Limbah	87
BAB VI EVALUASI EKONOMI	91
6.1 Harga Alat	92
6.2 Dasar Perhitungan	95
6.3 Perkiraan Harga Alat	95
6.4 Perhitungan Biaya	97
6.4.1 Capital Investment	97
6.4.2 Manufacturing Cost	98
6.4.3 General <i>Expense</i>	100
6.5 Analisa Keuntungan	101
6.6 Analisa Kelayakan	101
6.6.1 <i>Return on Investment</i>	101
6.6.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	102
6.6.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	103
6.6.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	105

6.6.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCDR)</i>	105
DAFTAR PUSTAKA	113



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor asam nitrat di Indonesia	3
Tabel 1. 2 Daftar pabrik produksi asam nitrat di dunia.....	4
Tabel 1. 3 Perbandingan jenis proses pembuatan asam nitrat.....	10
Tabel 1. 4 Harga ΔH_f untuk masing - masing komponen.....	12
Tabel 1. 5 Harga ΔH_f dan Harga ΔG untuk masing - masing komponen.....	13
Tabel 1. 6 Harga ΔH_f dan Harga ΔG untuk masing - masing komponen.....	14
Tabel 1. 7 Nilai Konstanta Kesetimbangan NO menjadi NO_2	15
Tabel 2. 1 Spesifikasi produk dan bahan baku.....	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi bahan pendukung.....	18
Tabel 2. 3 Identifikasi bahaya (hazard) bahan baku.....	20
Tabel 3. 1 Tangki Penyimpanan	31
Tabel 3. 2 <i>Blower</i>	32
Tabel 3. 3 <i>Filter</i>	32
Tabel 3. 4 Kompresor.....	33
Tabel 3. 5 <i>Furnace</i>	33
Tabel 3. 6 Reaktor 1	34
Tabel 3. 7 <i>Cooler</i>	35
Tabel 3. 8 Kondensor	35
Tabel 3. 9 Separator	36
Tabel 3. 10 Reaktor 2	37
Tabel 3. 11 Absorber.....	38
Tabel 3. 12 Pompa.....	39
Tabel 3. 13 <i>Expansion valve</i>	39
Tabel 3. 14 Neraca massa total	40
Tabel 3. 15 Neraca massa <i>Mix-Point 1</i>	40
Tabel 3. 16 Neraca massa Reaktor 1	41
Tabel 3. 17 Neraca massa <i>Mix-Point 2</i>	41
Tabel 3. 18 Neraca massa Separator	41
Tabel 3. 19 Neraca massa Reaktor 2	42
Tabel 3. 20 Neraca massa Absorber.....	42
Tabel 3. 21 Neraca panas Kompresor	43
Tabel 3. 22 Neraca panas <i>Mix-Point 1</i>	43
Tabel 3. 23 Neraca panas <i>Furnace</i>	43
Tabel 3. 24 Neraca panas Reaktor 1.....	44
Tabel 3. 25 Neraca panas <i>Mix-Point 2</i>	44
Tabel 3. 26 Neraca panas <i>Cooler</i>	44
Tabel 3. 27 Neraca panas Kondensor.....	44
Tabel 3. 28 Neraca panas Separator	45
Tabel 3. 29 Neraca panas Reaktor 2.....	45

Tabel 3. 30 Neraca panas Absorber	45
Tabel 4. 1 Perincian luas tanah	52
Tabel 4. 2 Jumlah dan gaji karyawan	66
Tabel 4. 3 Jadwal shift karyawan	69
Tabel 5. 1 Kebutuhan air domestik	75
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>service water</i>	75
Tabel 5. 3 Kebutuhan air pendingin	76
Tabel 5. 4 Total kebutuhan air	77
Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik alat proses	82
Tabel 5. 6 Kebutuhan listrik alat utilitas	83
Tabel 5. 7 Total kebutuhan listrik	85
Tabel 5. 8 Kebutuhan <i>Dowtherm A</i>	86
Tabel 6. 1 Indeks harga pada tahun 1980 sampai 2020	93
Tabel 6. 2 Perkiraan harga alat proses	95
Tabel 6. 3 Perkiraan harga alat utilitas	96
Tabel 6. 4 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	97
Tabel 6. 5 <i>Direct Plant Cost</i>	97
Tabel 6. 6 <i>Fixed Capital Investment</i>	98
Tabel 6. 7 <i>Working Capital Investment</i>	98
Tabel 6. 8 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	99
Tabel 6. 9 <i>Working Capital Investment</i>	99
Tabel 6. 10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	100
Tabel 6. 11 <i>Total Manufacturing Cost</i>	100
Tabel 6. 12 <i>General Expense</i>	100
Tabel 6. 13 Total Production Cost	100
Tabel 6. 14 <i>Annual Fixed Cost (Fa)</i>	104
Tabel 6. 15 <i>Annual Regulated Expenses (Ra)</i>	104
Tabel 6. 16 <i>Annual Variable Value (Va)</i>	104
Tabel 6. 17 <i>Annual Sales Value (Sa)</i>	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik pertumbuhan impor asam nitrat di Indonesia dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2019 (tahun ke-6).....	3
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif	26
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif	27
Gambar 4. 1 Lokasi pendirian pabrik asam nitrat	46
Gambar 4. 2 Tata letak pabrik (<i>plant layout</i>) skala 1:2000.....	53
Gambar 4. 3 Tata letak alat-alat proses skala 1:200.....	55
Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan.....	58
Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas.....	90
Gambar 6. 1 Grafik indeks harga alat	94
Gambar 6. 2 Grafik analisa ekonomi	107



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	116
LAMPIRAN B.....	145



ABSTRAK

Asam nitrat (HNO_3) merupakan salah satu asam kuat yang digunakan dalam industri pupuk sebagai bahan baku utama dalam pembuatan kalsium nitrat dan kalsium amonium nitrat. Di samping itu, asam nitrat juga banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan nitrobenzena, dinitrotoluena asam adipat dan nitroklorobenzena. Saat ini, belum banyak pabrik di Indonesia yang memproduksi asam nitrat sehingga Indonesia masih bergantung pada impor. Kebutuhan asam nitrat mengalami peningkatan setiap tahunnya menjadikan perancangan pabrik asam nitrat ini perlu dilakukan untuk memenuhi permintaan pasar. Pabrik asam nitrat dalam pra-rancangan ini direncanakan akan dibangun di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 37.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari dengan total 156 karyawan serta dibangun di atas lahan seluas 46.144 m².

Pembuatan asam nitrat dilakukan dengan proses *Ostwald* menggunakan bahan baku amonia dan udara di dalam reaktor *gauze fixed bed multitube* dengan katalis Platinum-Rhodium yang beroperasi pada suhu 850°C dan tekanan 6 atm untuk membentuk gas NO. Gas NO yang terbentuk kemudian dioksidasi menjadi gas NO₂. Gas NO₂ yang terbentuk akan diserap sekaligus direaksikan dengan air menggunakan kolom absorber sehingga terbentuk asam nitrat. Untuk mencapai kapasitas produksi 37.000 ton/tahun dibutuhkan bahan baku amonia sebesar 9.102,12 ton/tahun dan udara sebesar 138.278,37 ton/tahun. Utilitas yang dibutuhkan yaitu air sebesar 305.949,41 ton/tahun yang diperoleh dari sungai Bengawan Solo serta kebutuhan listrik sebesar 471,92 kWh yang diperoleh dari PLN.

Pabrik asam nitrat ini memerlukan modal tetap sebesar Rp. 543.618.882.658 dan modal kerja sebesar Rp. 299.569.111.090. Pabrik asam nitrat ini memiliki tingkat risiko tinggi (high risk) yang dianalisis dari kondisi operasi pabrik, kemudahan dalam mendapatkan bahan baku, serta sifat fisis maupun kimia dari bahan baku itu sendiri. Hasil analisa ekonomi menunjukkan pabrik ini menghasilkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 207.664.466.906 dengan *Return On Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 50,94%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak 1,6 tahun, *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,63%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,98% dan *Discounted Cash Flow Return* (DCFR) sebesar 33,45%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik asam nitrat secara ekonomi layak untuk didirikan.

Kata kunci : amonia, asam nitrat, asam nitrat, Ostwald, udara, prarancangan pabrik

ABSTRACT

Nitric acid (HNO_3) is one of the strong acid widely used in fertilizer industry as the main raw material to produce calcium nitrate and calcium ammonium nitrate. Besides, nitric acid is used as a raw material to produce nitrobenzene, dinitrotoluene, adipic acid and nitrochlorobenzene. Currently, there are not many factories in Indonesia that produce nitric acid and relies on import. Nitric acid needs for which has increased from year to year, makes the nitric acid plant design needs to be done to fulfill market needs. The nitric acid plant is planned to be built in Gresik, East Java with production capacity of 37.000 tons/year, will operate for 330 days with 156 employees, and will be built on 46.144 m² of land area.

The production of nitric acid is carried out through Ostwald process in gauze fixed bed multitube reactor with Platinum-Rhodium as catalyst which operates at 850oC and 6 atm to form Nitric oxide (NO). Nitric oxide (NO) is then oxidized to nitric dioxide (NO₂). Nitric dioxide (NO₂) formed will be absorbed as well as reacted with water using absorber column to form nitric acid (HNO₃). To reach the production capacity of 37.000 tons/year, it requires 9.102,12 tons/year of ammonia and 138.278,37 tons/year of air as a rawmaterials. Utilities needed are 305.949,41 tons/year for water obtained from Bengawan Solo river and 471,92 kWh for electricity obtained from PLN.

This nitric acid plant requires a fixed capital of Rp. 543,618,882,658 and working capital of Rp. 299,569,111,090. The nitric acid plant has a high risk, which is analyzed from the plant operation, and the physical and chemical properties of the raw material. From the economic analysis of this plant shows the nitric acid plant generates a profit after tax of Rp. 207,664,466,906 with Return On Investment (ROI) after tax of 50,94%, Pay Out Time (POT) after tax of 1,6 years, Break Even Point (BEP) of 42,63%, Shut Down Point (SDP) of 27,98% and Discounted Cash Flow Return (DCFR) of 33,45%. Based on economic evaluation results, it is concluded that nitric acid plant is economically feasible for established.

Keywords : air, ammonia, nitric acid, Ostwald, plant predesign

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri manufaktur dalam berbagai sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, tanpa terkecuali sektor industri kimia. Industri kimia melibatkan berbagai bahan baku kimia untuk dapat menghasilkan produk berguna yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi. Produk industri kimia dapat digunakan langsung sebagai produk akhir maupun digunakan sebagai bahan baku dalam industri lain sebagai produk-antara (Darni *et al.*, 2019). Salah satu produk-antara industri kimia yang mengalami peningkatan pertumbuhan di Indonesia adalah asam nitrat (Badan Pusat Statistika, 2019)

Asam nitrat dengan rumus kimia HNO_3 merupakan salah satu asam kuat (*strong acid*) dan dapat dikenal dengan nama *aqua fortis*, asam azotik, dan hidrogen nitrat (Othmer, 1962). Senyawa kimia ini memiliki sifat sebagai asam yang sangat kuat, sangat baik dalam mengoksidasi, dan juga karena kemampuannya dalam nitrat organik, maka asam nitrat menjadi bagian penting dalam memproduksi berbagai produk kimia (misalnya bahan peledak, obat-obatan, insektisida, fungisida, pewarna, serat sintesis) (Othmer, 1962). Produksi asam nitrat secara komersial umumnya menggunakan amonia sebagai bahan baku. Proses pembuatan asam nitrat menggunakan amonia dapat dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu proses *weak acid* dengan kemurnian asam nitrat 50-65 wt% dan proses *strong acid* dengan kemurnian asam nitrat 99 wt%. Pembuatan asam nitrat dengan bahan baku amonia dikenal juga

sebagai proses Ostwald yang berlangsung melalui oksidasi amonia dengan udara untuk membentuk nitrogen oksida yang terabsorpsi oleh air dan membentuk asam nitrat.

Sejumlah 80% dari produksi asam nitrat di dunia saat ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan amonium nitrat dan kalsium amonium nitrat. Sekitar 35% dari amonium nitrat digunakan sebagai peledak dalam pertambangan, sedangkan 65% amonium nitrat dan seluruh kalsium amonium nitrat yang dihasilkan utamanya digunakan dalam industri pupuk. Sisa dari 20% asam nitrat diproduksi dunia digunakan untuk pembuatan produk bahan kimia organik seperti nitrobenzena (3,6%), dinitrotoluena (2,8%), asam adipat (2,7%), dan nitroklorobenzena (1,8%). Selain itu kegunaan dari asam nitrat adalah sebagai propelan roket, pemrosesan bahan bakar nuklir, serta pemurnian logam mulia seperti emas dan platina (Martin, 2016; Othmer, 1962).

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi merupakan salah satu aspek yang penting dalam pra rancangan sebuah pabrik. Kapasitas produksi merupakan jumlah produksi maksimum yang dapat diproduksi atau dihasilkan suatu pabrik dalam satuan waktu tertentu. Sebab itu hal ini sangat penting dikarenakan dapat mempengaruhi sektor ekonomi pabrik itu sendiri, sebab itu perlu dipertimbangkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dengan biaya minim. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi terhadap penentuan kapasitas sebagai berikut:

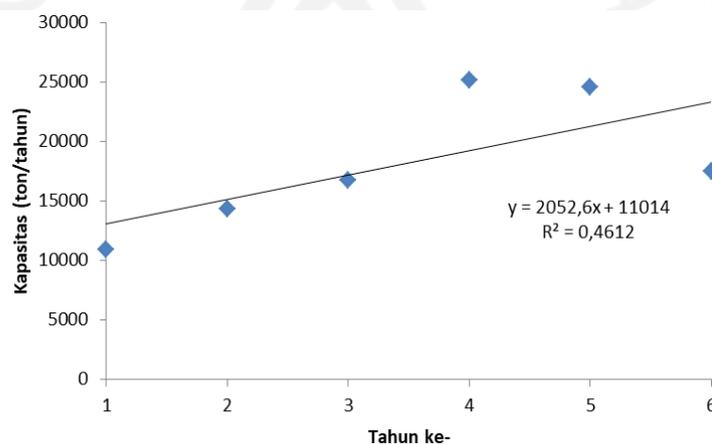
1.2.1 Kapasitas Impor Asam Nitrat di Indonesia

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, data impor asam nitrat di Indonesia menunjukkan angka yang fluktuatif namun cenderung mengalami kenaikan setiap tahunnya. Hal ini membuktikan bahwa kebutuhan asam nitrat di Indonesia sangat tinggi. Dapat dilihat pada Tabel 1.1 Data impor asam nitrat di Indonesia.

Tabel 1. 1 Data impor asam nitrat di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2020	17.448.509
2019	24.563.013
2018	25.157.892
2017	16.775.085
2016	14.365.929
2015	10.875.406

Dari data impor tersebut dibuat grafik hubungan antara jumlah impor asam nitrat (HNO_3) dan tahun impor :



Gambar 1. 1 Grafik pertumbuhan impor asam nitrat di Indonesia dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2019 (tahun ke-6)

Untuk mendapatkan proyeksi impor asam nitrat di Indonesia dapat dilakukan dengan pendekatan regresi linear sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$y = 2052,6x - 11014 \quad (1.1)$$

Maka proyeksi impor asam nitrat di Indonesia pada tahun ke-13 (2027) adalah :

$$y = 2052,6(13) - 11014 \quad (1.2)$$

$$y = 37697,8 \text{ ton} \quad (1.3)$$

1.2.2 Kapasitas Produksi di Indonesia

Untuk saat ini, pabrik kimia di Indonesia belum banyak yang memproduksi asam nitrat. Hanya ada satu pabrik yang memproduksi bahan tersebut yaitu PT. Multi Nitrotama Kimia dengan kapasitas produksi sebesar 54960 ton/tahun yang berlokasi di Cikampek, Jawa Barat.

1.2.3 Pabrik Produsen Asam Nitrat di Dunia

Berikut merupakan daftar pabrik di dunia yang memproduksi asam nitrat dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Daftar pabrik produksi asam nitrat di dunia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Agrium US, Beatrice, Neb.	145.000
Air Products, Pace, Fla.	200.000
Air Products, Pasadena, Tex.	110.000

Tabel 1.2 Daftar pabrik produksi asam nitrat di dunia (lanjutan)

ANGUS Chemical, Sterlington, La.	65.000
Apache Nitrogen Products, Benson, Ariz.	140.000
Arco Chemical, Lake Charles, La.	155.000
Vicksburg Chemical, Vicksburg, Miss.	75.000
CF Industries, Donaldsonville, La.	680.000
Coastal Chem, Battle Mountain, Nev.	250.000
Coastal Chem, St. Helens, Ore.	20.000
DuPont, Beaumont, Tex.	95.000
DuPont, Orange, Tex.	170.000
DuPont, Victoria, Tex.	300.000
Dyno Nobel, Donora, Pa.	115.000
Dyno Nobel, Louisiana, Mo.	270.000
El Dorado Nitrogen, El Dorado, Ark.	425.000
El Dorado Nitrogen, Baytown, Tex.	445.000
Farmland Industries, Beatrice, Neb.	55.000
Farmland Industries, Dodge City, Kan.	70.000
Farmland Industries, Enid, Okla.	40.000
Farmland Industries, Fort Dodge, Iowa	165.000
First Chemical , Pascagoula, Miss.	75.000
Hercules Incorporated, Parlin, N.J.	80.000
LSB Industries, Cherokee, Ala.	270.000
LSB Industries, Crystal City, Mo.	180.000
LaRoche Industries, Orem, Utah	80.000
LaRoche Industries, Seneca, Ill.	160.000

Tabel 1.2 Daftar pabrik produksi asam nitrat di dunia (lanjutan)

Mississippi Chemical, Yazoo City, Miss.	955.000
Mobay, Baytown, Tex.	45.000
Mobay, New Martinsville, W. Va.	90.000
Nitram, Tampa, Fla.	220.000
Nitrochem, Newell, Pa.	75.000
Orica, Joplin, Mo.	160.000
PCS Nitrogen Fertilizer, Geismar, La.	825.000
PCS Nitrogen Fertilizer, Lima, Ohio	105.000
PCS Nitrogen Fertilizer, Wilmington, N.C.	160.000
Royster-Clark, Cincinnati, Ohio	85.000
Royster-Clark, East Dubuque, Ill.	110.000
J.R. Simplot, Helm, Calif.	80.000
J.R. Simplot, Pocatello, Idaho	20.000
Solutia, Pensacola, Fla.	365.000
Terra International, Port Neal, Iowa	255.000
Terra International, Verdigris, Okla.	630.000
Terra International, Woodward, Okla.	90.000
TradeMark Nitrogen, Tampa, Fla.	35.000
Unocal, Kennewick, Wash.	285.000
Unocal, West Sacramento, Calif.	70.000

(Sumber : ICIS.com)

Berdasarkan proyeksi impor asam nitrat pada tahun ke-13 (2027) di Indonesia serta pabrik - pabrik di dunia yang memproduksi asam nitrat, maka

pabrik asam nitrat di Indonesia akan berdiri dengan kapasitas sebesar 37.000 ton/tahun dengan beberapa alasan :

- Untuk memenuhi kebutuhan asam nitrat di Indonesia.
- Untuk mengurangi impor asam nitrat serta.
- Kapasitas pabrik asam nitrat yang sudah berdiri di Indonesia sebesar 54.960 ton.tahun.
- Kapasitas pabrik asam nitrat yang akan berdiri di Indonesia berada dalam rentang kapasitas pabrik asam nitrat di dunia.

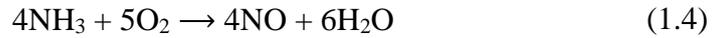
1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Jenis Proses Pembuatan Asam Nitrat

Terdapat beberapa macam proses dalam pembuatan asam nitrat yaitu melalui proses *Ostwald* (oksidasi) dan proses retort.

a. Proses *Ostwald* (oksidasi)

Pembuatan asam nitrat melalui proses *Ostwald* umumnya beroperasi pada tekanan tinggi, dengan mereaksikan amonia dan oksigen. Oksigen didapatkan dari udara menggunakan alat kompresor dan dimurnikan menggunakan *filter* untuk menghilangkan partikel yang memungkinkan dapat menghambat katalis saat proses oksidasi (Martin, 2016). Udara yang telah difilter kemudian dinaikkan tekanannya menjadi 6 atm dan sebagian dicampur dengan amonia bersuhu 30°C dengan tekanan 6 atm yang sebelumnya telah melewati *expansion valve* kemudian memasuki tahap oksidasi. Proses oksidasi dibantu oleh katalis platinum-rhodium (Pt-Rh) dan berlangsung pada suhu 850 °C untuk membentuk air dan nitrogen oksida. Terdapat 3 tahapan reaksi utama yang terjadi didalam reaktor yaitu:



Reaksi (1) merupakan tahapan amonia yang teroksidasi secara katalitik dengan katalis Pt-Rh dan oksigen dari udara menghasilkan nitrogen oksida (NO). Kemudian, NO yang dihasilkan pada tahapan (1) dioksidasi kembali pada reaksi (2) dan menghasilkan NO₂. Hasil reaksi NO₂ yang telah dihasilkan pada reaksi (3) akan diabsorpsi oleh H₂O dan menghasilkan asam nitrat (HNO₃) (Ullman, 2012).

Proses pembuatan asam nitrat dengan proses *ostwald* ditinjau dari proses terdapat 2 jenis, yaitu melalui proses *single pressure* dan proses *dual pressure*.

- Proses *single pressure*

Proses *single pressure* melibatkan proses dengan tekanan operasi menengah (0,5-0,6 MPa absolut) atau dengan tekanan operasi tinggi (0,7-1,4 MPa absolut). Tekanan operasi tinggi lebih umum digunakan dalam proses *single pressure*. Semakin tinggi tekanan dalam proses operasi dapat menurunkan ukuran alat serta modal yang dikeluarkan, akan tetapi proses dengan tekanan menengah membutuhkan energi yang lebih minim karena penggunaan kompresor yang lebih minim. Modal yang dibutuhkan untuk menggunakan proses *single pressure* tekanan tinggi lebih rendah 10-15% dari proses dari proses *dual pressure*. Suhu gauze dan tekanan operasi yang lebih tinggi dapat menghasilkan *recovery* energi yang lebih efisien (Othmer, 1962).

- Proses *dual pressure*

Proses *dual pressure* melibatkan proses dengan tekanan operasi menengah (0,3-0,6 MPa absolut) pada tahap awal proses reaksi oksidasi amonia dan tekanan operasi tinggi (1-1,4 MPa absolut) untuk tahap akhir proses reaksi absorpsi (Othmer, 1962). Proses ini memiliki kelebihan dengan mengkombinasikan modal yang rendah seperti pada proses tekanan menengah serta efisiensi absorpsi seperti proses tekanan tinggi (Ullman, 2012). Dalam proses *dual pressure*, gas pada tahap kondensasi akan dinaikkan tekanannya dan kemudian didinginkan dan dikondensasi kembali pada *cooler condenser* kedua. Pada proses *single pressure* alat *bleacher* dapat dipasang di dalam bagian bawah menara atau terpisah dari menara absorpsi, sedangkan pada proses *dual pressure* alat *bleacher* merupakan menara *bleacher* yang terpisah dikarenakan perbedaan tekanan antara absorber dan *bleacher* (Othmer, 1962).

b. Proses *Retort*

Dalam membuat asam nitrat dengan menggunakan proses *retort* dibutuhkan bahan baku berupa natrium nitrat (96%) dan asam sulfat (93%). Pada reaktor terjadi reaksi eksotermis antara natrium nitrat dan asam sulfat yang terjadi pada suhu 150 - 200 °C dalam waktu 12 jam. Reaksi yang terjadi dalam reaktor sebagai berikut:



Suhu yang sangat tinggi dalam reaksi *retort* dapat menyebabkan terjadinya dekomposisi asam nitrat sehingga suhu *retort* dijaga serendah mungkin. Gas asam nitrat dengan suhu 110-130°C yang terbentuk pada proses *retort* akan dialirkan menuju kondensor *acid-proof* dengan air sebagai pendingin eksternal atau dengan asam nitrat kuat untuk mengkondensasi gas asam nitrat menjadi asam nitrat dengan kadar tinggi (96-99%). Sisa uap yang tidak terkondensasi akan dialirkan menuju menara absorber yang diabsorpsi dengan air. Proses ini menghasilkan *yield* asam nitrat 95-97% dengan waktu reaksi berkisar selama 12 jam (Faith, 1965).

Berdasarkan penjelasan terkait jenis proses pembuatan asam nitrat diatas, maka didapat perbandingan antara proses *Ostwald* dan proses *Retort* pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Perbandingan jenis proses pembuatan asam nitrat

Parameter Tinjauan	Jenis Proses	
	<i>Ostwald</i>	<i>Retort</i>
Bahan baku	Amonia, udara	Natrium nitrat, asam sulfat
Sumber bahan baku	Dalam negeri	Luar negeri
Suhu	850 °C	150 - 200 °C
Tekanan	0,5-0,6 MPa (<i>single pressure</i>); 0,3-0,6 (<i>dual pressure</i>)	1 atm
Konversi	93-95%	95-97%
Konsentrasi	50-65%	99%

Berdasarkan penjelasan dan perbandingan terkait proses pembuatan asam nitrat, maka proses yang dipilih dalam pra-rancangan pabrik ini adalah proses *Ostwald* dengan alasan:

1. Proses yang lebih sederhana menyebabkan biaya yang lebih murah.
2. Bahan baku lebih mudah didapatkan di Indonesia.
3. Sebagian besar industri asam nitrat menggunakan proses *Ostwald*.

1.3.2 Kegunaan Asam Nitrat

Dalam berbagai sektor industri asam nitrat berbagai macam kegunaan, seperti sebagai berikut :

1. Merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan bahan peledak seperti trinitrotoluena (TNT) dan dinitrotoluena (DNT).
2. Digunakan dalam proses pemurnian logam, seperti platina, emas dan perak.
3. Sebagai propelan (bahan pendorong) roket serta pemrosesan bahan bakar nuklir.
4. Sebagian besar produksi asam nitrat digunakan sebagai bahan baku pembuatan amonium nitrat pada industri pupuk.
5. Dapat digunakan untuk menghilangkan atau membersihkan peralatan laboratorium dari kerak kalsium dan magnesium yang menempel di dalamnya.
6. Sebagai bahan baku untuk memproduksi bahan - bahan kimia lainnya, seperti asam adipat, nitrobenzena dan nitro klorobenzena.

(Othmer 1962; Faith, 1961)

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis atau eksotermis), jalannya reaksi (spontan atau tidak spontan) serta arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara *eksotermis* atau *endotermis* dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

a. Reaksi oksidasi amonia menjadi nitrogen monoksida



Dengan harga ΔH_f° dan harga ΔG° untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Harga ΔH_f untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga ΔH_f , 298 K (kJ/mol)	Harga ΔG , 298 K (kJ/mol)
Amonia (NH_3)	-45,90	-90,60
Oksigen (O_2)	0	0
Nitrat Monoksida (NO)	90	86,60
Air (H_2O)	-241,80	-228,60

(Yaws, 1999)

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi (ΔH_f) yaitu -907,2 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen monoksida dan air adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Perhitungan energi bebas Gibbs (ΔG°) dilakukan untuk menentukan arah reaksi kimia tersebut spontan

atau tidak spontan. Jika energi bebas Gibbs (ΔG°) bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung spontan, sehingga dibutuhkan energi dari luar. Sedangkan energi bebas Gibbs (ΔG°) bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung spontan, sehingga hanya membutuhkan sedikit energi dari luar. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs (ΔG°) bernilai -662,8 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (*irreversible*). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai $2,419740389 \times 10^{51}$.

b. Reaksi oksidasi nitrogen monoksida menjadi nitrogen dioksida



Dengan harga ΔH_f dan harga ΔG untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Harga ΔH_f dan Harga ΔG untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga ΔH_f , 298 K (kJ/mol)	Harga ΔG , 298 K (kJ/mol)
Nitrat Monoksida (NO)	90,30	86,60
Oksigen (O ₂)	0	0
Nitrat Dioksida (NO ₂)	33,20	51,30

(Yaws, 1999)

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi (ΔH_f) yaitu -114,2 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen dioksida adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-),

sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs (ΔG°) bernilai -70,6 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (*irreversible*). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai $2,607129238 \times 10^{11}$.

c. Reaksi absorpsi nitrogen dioksida dengan air



Dengan harga ΔH_f dan harga ΔG untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Harga ΔH_f dan Harga ΔG untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga ΔH_f , 298 K (kJ/mol)	Harga ΔG , 298 K (kJ/mol)
Nitrat Dioksida (NO ₂)	33,20	51,30
Air (H ₂ O)	-241,80	-228,60
Asam Nitrat (HNO ₃)	-135,10	-74,70
Nitrat Monoksida (NO)	90,30	86,60

(Yaws, 1999)

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi (ΔH_f) yaitu -37,7 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen dioksida adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs (ΔG°) bernilai -521,3 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah

reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (*irreversible*). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai $1,153890802 \times 10^{91}$.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

a. Oksidasi NH_3 menjadi NO

Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.4) didapatkan nilai

$$(-r_a) = K_{gA}^s \cdot a_{Wr} \cdot P_A \quad (1.8)$$

(Rase, 1977)

Dimana:

K_{gA}^s = Koefisien transfer massa (cm/s)

a_{Wr} = Luas permukaan per unit volume (cm^2/cm^3)

P_A = Tekanan parsial A (atm)

$(-r_a)$ = Laju reaksi (mol.s.cm^2)

b. Oksidasi NO menjadi NO_2

Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.5) didapatkan nilai

$$R = k_1 \left(P_{\text{NO}}^2 P_{\text{O}_2} - \frac{1}{K_p} P_{\text{NO}_2}^2 \right) \quad (1.9)$$

(Hickman and Schmidt, 1991)

Dimana:

$$\log_{10} k_1 = \frac{641}{T} - 0,725 \quad (1.10)$$

Tabel 1. 7 Nilai Konstanta Kesetimbangan NO menjadi NO_2

T (°C)	38	200	400	600	800	1000
K_p	$1,0 \times 10^{11}$	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$

(Martin, 2016)

- c. Absorpsi NO_2 menjadi HNO_3

Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.6) didapatkan nilai

$$r = \frac{k}{RT} P_{\text{N}_2\text{O}_4} \quad (1.11)$$

Dimana N_2O_4 (2NO_2) dianggap berkesetimbangan dengan NO_2 dalam menghasilkan HNO_3 dalam membentuk asam nitrat.



Dimana nilai K adalah

$$K = \frac{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}{P_{\text{NO}_2}^2} \quad (1.13)$$

Dengan K fungsi suhu yaitu

$$K = 0,698 \times 10^{-9} \exp\left(\frac{6866}{T}\right) \quad (1.14)$$

(Hoftyzre dan Kwanten, 1972)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Terdapat variabel variabel utama untuk mencapai kualitas produk yang sesuai dengan target perancangan. Variabel – variabel tersebut mencakup spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk, spesifikasi bahan pembantu serta pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 1 Spesifikasi produk dan bahan baku

Spesifikasi	Produk	Bahan Baku	
	Asam Nitrat	Amonia	Oksigen (Udara)
Rumus Kimia	HNO ₃	NH ₃	O ₂
Berat Molekul (g/mol)	63,013	17,031	31,999
Fase	Cair	Gas	Gas
Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Tidak berwarna
Densitas	1,509 g/cm ³ at 20 °C	0,602 g/cm ³ (25 °C)	1.429 g/L (0 °C)
Titik Beku (°C)	-41,6	-78	-218.9
Titik Didih (°C)	83	-33 °C	-182.96 °C
Temperatur Kritis (°C)	246,85	132.5 °C	-118.57 °C
Tekanan Kritis (atm)	68	111.3	49.77
Kermunian	68%	99,5%	29%

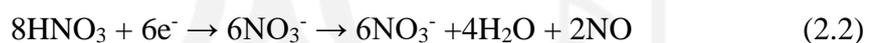
Tabel 2. 2 Spesifikasi bahan pendukung

Spesifikasi	Bahan pendukung
	Katalis Pt-Rh
Rumus Kimia	Pt-Rh
Komposisi	Pt (90%) – Rh (10%)
Berat Molekul (g/mol)	Pt (195,080) – Rh (102,906)
Wujud	Padat
Diameter Kawat (inch)	0,003
Ukuran (mesh)	80

2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

a. Asam Nitrat

- Bereaksi dengan sangat cepat dengan alkali, oksida, dan karbonat menghasilkan garam.
- Sangat baik berperan sebagai agen pengoksidasi (*acceptor* elektron). Bergantung dengan konsentrasi, suhu, dan senyawa yang dioksidasi, berikut reaksi yang terjadi:



- Sebagai agen nitration senyawa alifatik dan aromatik.



(Othmer, 1991)

b. Amonia (NH₃)

- Reaksi oksidasi dengan bantuan katalis Pt-Rh menghasilkan produk asam nitrat.



- Amonia dapat bereaksi dengan logam reaktif, sebagai contoh yaitu Magnesium menghasilkan produk nitrida.



- Dapat bereaksi dengan halogen.



(Eggemen, 2010)

c. Oksigen (O₂)

- Dapat bereaksi dengan semua unsur, kecuali helium, neon, dan argon.
- Reaksi pembakaran dengan bahan bakar seperti minyak bumi, gas alam, batubara, dan sebagainya menghasilkan CO₂, H₂O, dan N₂.
- Memiliki sifat sebagai oksidator.

(Hansel, 2005)

2.3 Identifikasi Kebahayaan (*Hazard*) Bahan Baku

Tabel 2. 3 Identifikasi kebahayaan (*hazard*) bahan baku

Komponen	<i>Hazard</i>							Keterangan	Pengelolaan
	<i>explosive</i>	<i>flammable</i>	<i>toxic</i>	<i>corrosive</i>	<i>irritant</i>	<i>oxidizing</i>	<i>radioactive</i>		
Asam Nitrat (HNO ₃)	-	-	√	√	√	√	-	-Fase cair -LC50 (<i>vapor</i>): 244 ppm (rat) -LDL (oral-human): 430 mg/kg -Mudah terbakar jika terdapat selulosa atau bahan mudah terbakar lainnya -Dapat bersifat <i>explosive</i> jika terdapat <i>reducing material</i> , bahan organik, metal dan alkali. Korosif terhadap aluminium dan tembaga.	-Tempat penyimpanan harus tertutup rapat, jauh dari sumber panas, memiliki ventilasi yang baik, dan dingin (dibawah 23 °C). -Penyimpanan terpisah dari asam, alkali, <i>reducing agents</i> , dan bahan mudah terbakar.

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	<i>explosive</i>	<i>flammable</i>	<i>toxic</i>	<i>corrosive</i>	<i>irritant</i>	<i>oxidizing</i>	<i>radioactive</i>		
Amonia (NH ₃)	-	-	√	√	√	-	-	<p>-Amonia (gas) dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan saluran pernapasan</p> <p>-Bahaya kebakaran atau ledakan dapat timbul jika bereaksi dengan halogen dan</p> <p>-TLV-TWA: 17 mg/m³</p> <p>STEL: 24 mg/m³</p>	<p>-Penyimpanan harus jauh dari material mudah terbakar, panas, di lokasi outdoor dan semua peralatan terkait harus diletakkan <i>ground level</i>.</p> <p>-Menghindari pemilihan material <i>storage</i> dari bahan yang dapat terkorosi oleh amonia seperti Al, Cu, Zn.</p>

Komponen	<i>Hazard</i>							Keterangan	Pengelolaan
	<i>explosive</i>	<i>flammable</i>	<i>toxic</i>	<i>corrosive</i>	<i>irritant</i>	<i>oxidizing</i>	<i>radioactive</i>		
Oksigen (O ₂)	-	-	-	-	-	√	-	-Berfase gas -Bersifat mudah terbakar jika terdapat <i>combustable material</i>	

2.4 Pengendalian Kualitas

Untuk mendapatkan produk asam nitrat yang memiliki spesifikasi dan kualitas sesuai dengan standar yang diinginkan maka diperlukan pengendalian kualitas (*quality control*), meliputi atas pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan dengan maksud untuk memastikan kualitas atau mutu dari bahan baku yang akan digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditentukan untuk proses produksi. Semua pengawasan terkait mutu bahan baku dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Apabila setelah dilakukannya analisa kualitas bahan baku yang ada tidak sesuai, maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dilakukan pengembalian kepada *supplier*.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi pabrik terdiri dari aliran dan alat - alat yang berfungsi sebagai *system control*. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi kesalahan dan penyimpangan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di set yaitu berkaitan dengan *flow rate* bahan baku maupun produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan

yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda - tanda lain. Dan saat terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal, hal ini biasa dilakukan secara manual atau otomatis.

a. *Level control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan maka akan timbul tanda isyarat berupa suara dan nyala lampu.

b. *Temperature control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Sama halnya dengan level control, apabila belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan maka akan timbul tanda isyarat berupa suara dan nyala lampu.

c. *Pressure control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur tekanan masuk dan keluar proses, apabila belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan maka akan timbul tanda isyarat berupa suara dan nyala lampu.

d. *Level indicator*

Level indicator digunakan untuk menunjukkan ketinggian cairan dalam tangka.

e. *Pressure indicator*

Pressure indicator digunakan untuk menunjukkan tekanan akhir pada suatu alat.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

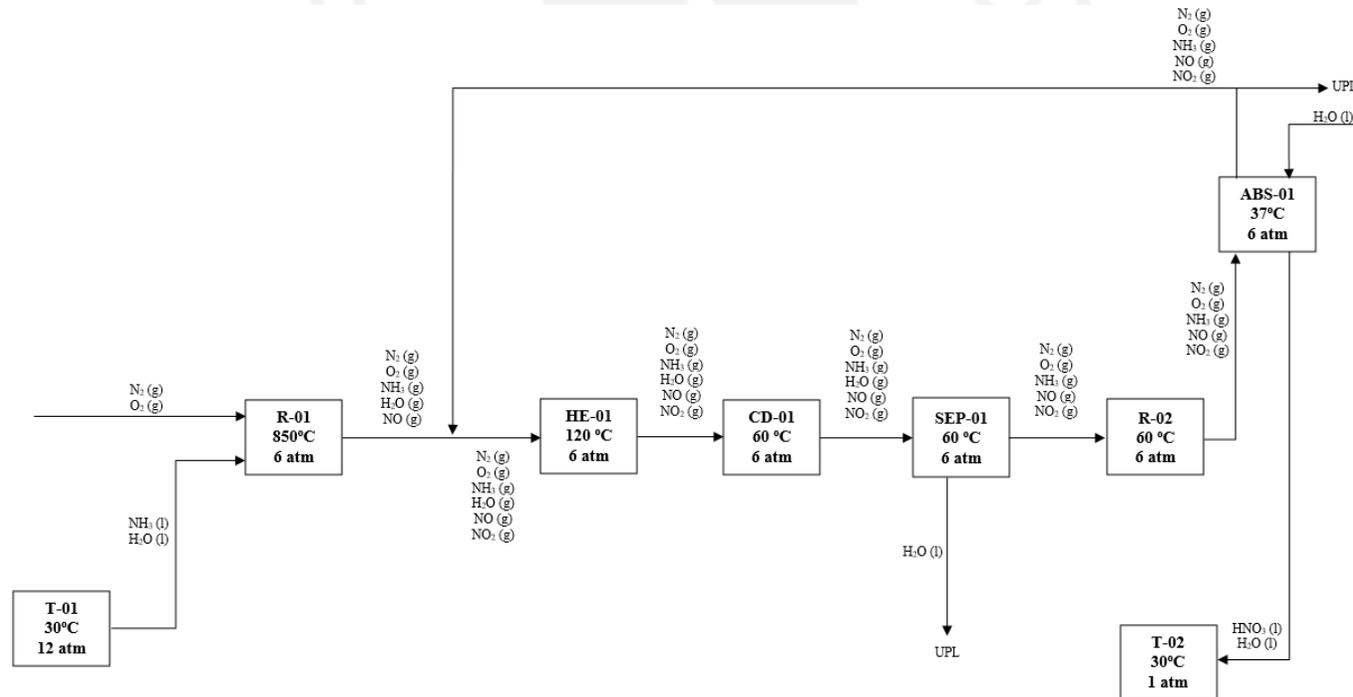
Perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi yang dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan hal ini harus sudah dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Kualitas produk yang akan dipasarkan ke target konsumen harus sesuai standar sehingga bernilai tinggi dan dapat membangun citra perusahaan. Pengendalian kualitas produk diharapkan dapat mengontrol produk yang keluar sesuai dengan yang diinginkan dalam proses. Semua pengawasan ini dapat dilakukan analisis di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

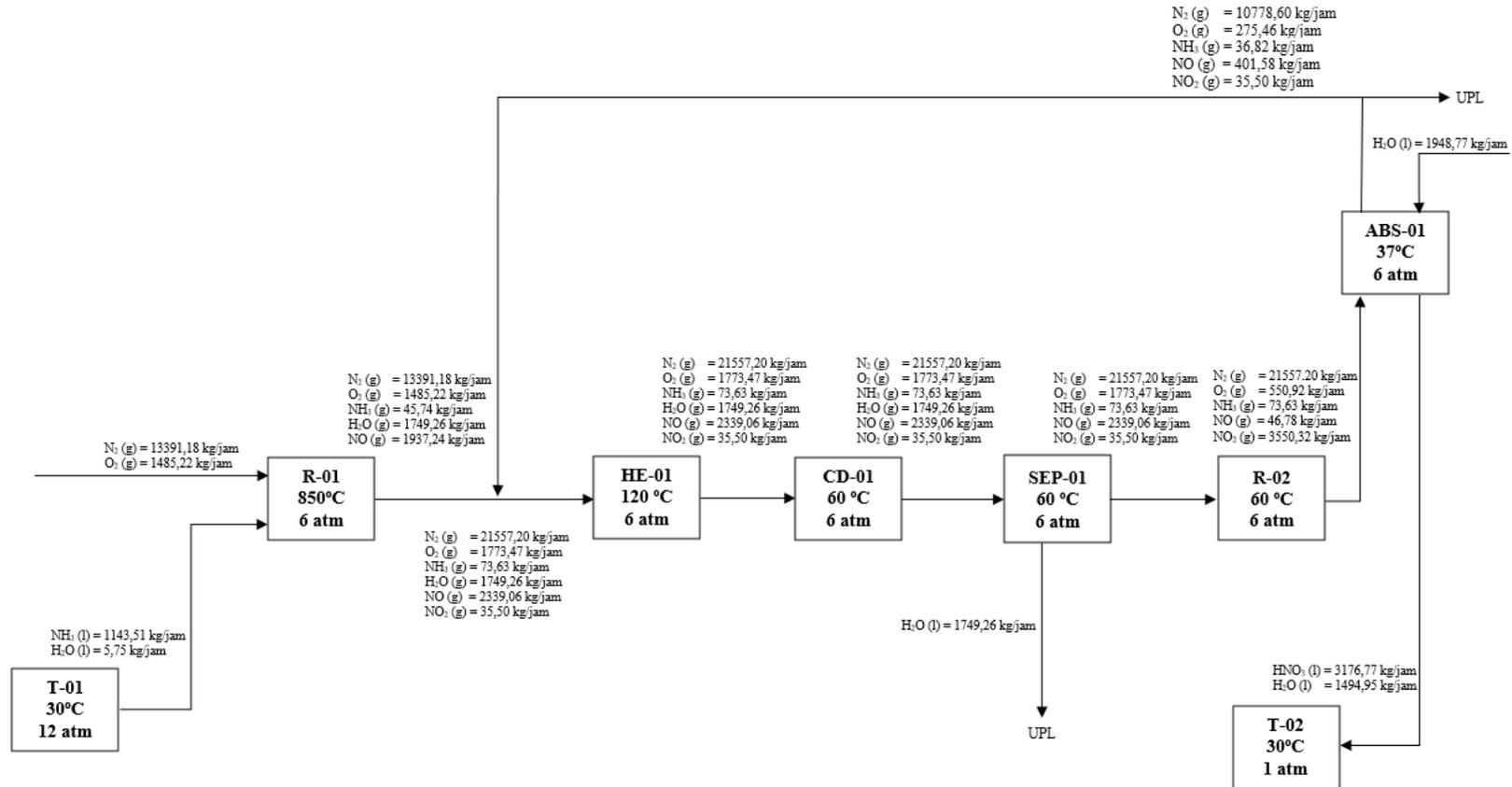
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Produk asam nitrat (HNO_3) pada pabrik ini diproduksi melalui proses Ostwald yaitu dengan mengoksidasikan amonia dengan udara. Bahan baku amonia diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, sementara udara diperoleh dari lingkungan. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas sebesar 37.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun.

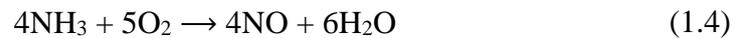
3.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa amonia dan udara disiapkan dengan kondisi operasi reaktor (R-01) yaitu pada suhu 850°C dan tekanan 6 atm. Amonia disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) dalam fase cair dengan suhu 30°C dan tekanan 12 atm. Agar amonia dapat memasuki reaktor dengan fase gas dengan kondisi operasi 850°C dan tekanan 6 atm, amonia cair dari T-01 diekspansi menggunakan *expansion valve* (EXV-01) sehingga tekanan turun menjadi 6 atm dan berfase gas.

Udara yang merupakan salah satu bahan baku diambil dari lingkungan menggunakan *blower* (BL-01). Udara dari *blower* di saring melewati *filter* (FL-01) untuk menghilangkan pengotor. Kemudian udara dikompresi untuk meningkatkan tekanan menjadi 6 atm menggunakan Kompresor (K-01). Udara kemudian dicampurkan dengan gas amonia didalam *mix point*. Sebelum memasuki R-01, campuran amonia-udara ditingkatkan suhunya menjadi 850°C menggunakan *furnace* (F-01) dan diumpungkan kedalam reaktor (R-01).

3.2.2 Proses Oksidasi Amonia

Di dalam Reaktor (R-01) terjadi reaksi oksidasi amonia fase gas membentuk nitrogen oksida (NO) pada suhu 850°C dan tekanan 9,8 atm dengan bantuan katalis Platinum-Rhodium (Pt-Rh). Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan (1.4).



Konversi amonia membentuk NO dapat mencapai 96% dengan kondisi operasi reaktor suhu 850°C dan tekanan 6 atm (Martin, 2016). Reaksi oksidasi yang terjadi bersifat eksotermis, oleh karena itu untuk mempertahankan suhunya agar tidak terjadi perubahan maka digunakan pendingin pada reaktor (R-01). Setelah itu, gas hasil keluaran R-01 diturunkan suhunya menjadi 120°C untuk diumpankan menuju kondensor (CD-01). Setelah melalui CD-01, gas diumpankan menuju separator (SEP-01) untuk memisahkan H₂O cair dengan gas lainnya dan kemudian gas luaran atas diumpankan menuju reaktor *multitube* (R-02) untuk dilakukan oksidasi lanjutan.

3.2.3 Proses Oksidasi Lanjutan

Gas memasuki reaktor multitube (R-02) pada suhu 60°C dan tekanan 6 atm untuk dilakukan reaksi oksidasi lanjutan membentuk nitrogen dioksida (NO₂). Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan (1.5).



Reaksi oksidasi yang terjadi bersifat eksotermis tanpa bantuan katalis. Konversi gas NO membentuk NO₂ dapat mencapai 100% dengan suhu operasi dibawah 200°C (Martin, 2016).

3.2.4 Proses Absorpsi

Tahap absorpsi bertujuan untuk menghasilkan asam nitrat 68%. Gas hasil luaran R-02 diumpankan menuju absorber (AB-01) dikontakkan dengan air dengan aliran *counter current* sehingga terjadi reaksi absorpsi membentuk asam nitrat. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan (1.6).



Hasil bawah absorber (AB-01) adalah asam nitrat (HNO₃) 65% yang kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan asam nitrat (T-02). Hasil luaran atas absorber berupa gas yang terdiri atas nitrogen dioksida (NO₂), amonia (NH₃), nitrogen monoksida (NO), oksigen (O₂), dan nitrogen (N₂). Sejumlah 50% hasil luaran atas AB-01 akan *direcycle* ke dalam arus luaran R-01 sementara sisanya akan dialirkan menuju UPL (Unit Pengolahan Limbah).

3.3 Spesifikasi Alat Proses

3.3.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 1 Tangki Penyimpanan

Parameter	T-01	T-02
Fungsi	Penyimpanan bahan baku amonia (NH ₃)	Penyimpanan produk asam nitrat (HNO ₃)
Jenis	Tangki silinder vertikal dengan atap <i>thorisppherical</i> dan alas datar (<i>flat bottom</i>)	Tangki silinder vertikal dengan atap <i>conical</i> dan alas datar (<i>flat bottom</i>)
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel type SA 240 Grade A</i>	<i>Stainless steel type SA 340</i>
Lama penyimpanan	10 hari	
Jumlah	10	
Kondisi operasi		
Suhu (°C)	30	37
Tekanan (atm)	6	1
Spesifikasi		
Diameter (m)	3,048	9,144
Tinggi (m)	7,315	9,144
Tebal <i>shell</i> (in)	3/16	3/16
Jumlah <i>course</i>	2	5
Volume (m ³)	46,264	83,822
Head		
Tinggi (m)	1,199	1,384
Tebal (in)	3/16	3/16
Harga (\$)	1,071,602	1,212,276

3.3.2 Blower

Tabel 3. 2 *Blower*

Parameter	BL-01
Fungsi	Mengambil dan mengalirkan udara dari lingkungan
Jenis	<i>Centrifugal blower</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1
Kapasitas (m ³ /menit)	250,919
Tenaga (Hp)	3
Harga (\$)	20,545

3.3.3 Filter

Tabel 3. 3 *Filter*

Parameter	FL-01
Fungsi	Menyaring bahan baku udara masuk dari lingkungan
Jenis	<i>Bag filter</i>
Jumlah	1
Kapasitas (kg/jam)	20951,268
<i>Flow area</i> (m ²)	102,777
Harga (\$)	95,137

3.3.4 Kompresor

Tabel 3. 4 Kompresor

Parameter	K-01
Fungsi	Menaikkan tekanan udara dari 1 atm menjadi 6 atm
Jenis	<i>Centrifugal multistage</i>
Bahan	<i>Stainless steel</i>
Jumlah	1
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	17459,390
Tenaga (Hp)	120,855
Harga (\$)	135,643

3.3.5 Furnace

Tabel 3. 5 Furnace

Parameter	F-01	
Fungsi	Memanaskan umpan udara dan amonia dari 162,79 °C menjadi 850 °C	
Bahan	<i>Stainless steel</i>	
Jumlah	1	
Spesifikasi		
Volume (m ³)	37,400	
Kondisi operasi	Suhu (°C)	850
	Tekanan (atm)	6
OD (in)	20	
ID (in)	17,838	
Sch	80	
Panjang (m)	6,096	
Lebar (m)	1,016	
Tinggi (m)	6,039	
Harga (\$)	572,735	

3.3.6 Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 6 Reaktor 1

Parameter	R-01	
Fungsi	Mereaksikan gas amonia (NH ₃) dan udara (O ₂) menghasilkan nitrogen monoksida (NO).	
Jenis	<i>Fixed bed multitube reactor</i>	
Jumlah	1	
Mode operasi	<i>Continuous</i>	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	850	
Tekanan (atm)	6	
Kondisi proses	Eksotermis	
Konstruksi dan Material		
Bahan konstruksi	<i>Ferritic stainless steel Type 430</i>	
Diameter <i>shell</i> (m)	0,604	
Tebal <i>shell</i> (m)	¼	
Tinggi total	3,941	
Jenis <i>head</i>	<i>Thorispherical</i>	
Insulasi		
Bahan	<i>Kaolin insulating brick</i>	
Konduktivitas panas (W/m.K)	0,449	
Tebal isolasi (m)	0,500	
Spesifikasi Khusus		
Jenis katalis	Pt (90%) – Rh (10%)	
Wujud katalis	Padat	
Bentuk katalis	<i>Gauze</i>	
Ukuran katalis (mm)	0,076	
Tinggi tumpukan	0,003	
Jumlah tumpukan	22	
WHSV/jam	7274,604	
Pressure drop (atm)	0,364	
Dimensi <i>tube</i>	Bahan konstruksi	<i>Ferritic stainless steel type 430</i>
	Panjang <i>tube</i> (m)	3,657
	Jumlah <i>tube</i>	74
	Tipe <i>tube</i>	<i>Square</i>
	Ukuran <i>pitch</i> (in)	1 7/8
	ID <i>tube</i> (in)	1,17
Jenis <i>coolant</i>	<i>Dowtherm A</i>	
Kebutuhan <i>coolant</i> (kg/jam)	11344,429	
Harga (\$)	76,460	

3.3.7 Cooler

Tabel 3. 7 Cooler

Parameter	HE-01	
Fungsi	Menurunkan suhu gas keluaran R-01 menuju HE-02 dari 640°C menjadi 120°C	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Bahan	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>	
Jumlah	1	
Spesifikasi		
<i>Shell</i>	ID (in)	37
	<i>Distance between baffles</i> (in)	22,200
	<i>Clearence</i>	0,332
	<i>Passes</i>	2
	ΔP (psi)	0,006
<i>Tube</i>	Panjang (ft)	12
	ID (in)	1,150
	OD (in)	1 ¼
	BWG	18
	Jumlah tube (Nt)	390
	<i>Pitch</i>	1 4/7
	Susunan tube	<i>Triangular</i>
	ΔP (psi)	4,082
Harga (\$)	155,028	

3.3.8 Kondensor

Tabel 3. 8 Kondensor

Parameter	CD-01	
Fungsi	Mendinginkan dan mengkondensasi air pada gas keluaran <i>Cooler</i> (HE-01) sebelum masuk Absorber (AB-01)	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Bahan	<i>Carbon Steel SA 240 Grade A</i>	
Jumlah	1	
Spesifikasi		
<i>Shell</i>	ID (in)	39
	<i>Distance between baffles</i> (in)	23,40
	<i>Clearence</i>	0,250
	<i>Passes</i>	1
	ΔP (psi)	0,045
<i>Tube</i>	Panjang (ft)	16

Tabel 3.8 Kondensor (lanjutan)

	ID (in)	0,732
	OD (in)	1
	BWG	10
	Jumlah <i>tube</i> (Nt)	766
	<i>Pitch</i>	1,250
	Susunan <i>tube</i>	<i>Triangular</i>
	ΔP (psi)	4,973
Harga (\$)		29,767

3.3.9 Separator

Tabel 3. 9 Separator

Parameter	SEP-01	
Fungsi	Memisahkan komponen uap gas dan H ₂ O cair	
Jenis	<i>Silinder vertical single stage separator</i>	
Jumlah	1	
Kondisi operasi	Suhu (°C)	60
	Tekanan (atm)	6
Konstruksi dan Material		
Bahan	<i>Stainless steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>	
ID <i>shell</i> (m)	3,556	
Tebal <i>shell</i> (in)	1/2	
Tinggi <i>head</i> (m)	0,692	
Tebal <i>head</i> (in)	1/2	
Tinggi total (m)	13,138	
Harga (\$)	35,487	

3.3.10 Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 10 Reaktor 2

Parameter	R-02	
Fungsi	Mereaksikan gas nitrogen monoksida (NO) dengan udara (O ₂) membentuk nitrogen dioksida (NO ₂)	
Jenis	<i>Multitube</i>	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	60	
Tekanan (atm)	6	
Kondisi proses	Eksotermis	
Konstruksi dan Material		
Bahan	<i>Ferritic stainless Types 430</i>	
ID <i>shell</i> (m)	1,000	
Tebal <i>shell</i> (in)	3/16	
Tinggi total (m)	3,479	
Jenis <i>head</i>	<i>Thorispherical</i>	
Insulasi		
Bahan	<i>Kaolin insulating brick</i>	
Konduktivitas panas (W/m.K)	0,449	
Tebal isolasi (m)	0,0012	
Spesifikasi Khusus		
Dimensi <i>tube</i>	Bahan konstruksi	<i>Ferritic stainless Types 430</i>
	Panjang <i>tube</i> (m)	3,048
	Jumlah <i>tube</i>	665
	Tipe <i>tube</i>	<i>Square</i>
	Ukuran <i>pitch</i> (in)	1 ¼
	ID <i>tube</i> (in)	0,902
Jenis <i>coolant</i>	<i>Dowtherm A</i>	
Kebutuhan <i>coolant</i> (kg/jam)	31216,403	
Harga (\$)	122,102	

3.3.11 Absorber

Tabel 3. 11 Absorber

Parameter	AB-01
Fungsi	Mengabsorpsi nitrogen dioksida (NO ₂) menjadi asam nitrat (HNO ₃) menggunakan air (H ₂ O)
Jenis	<i>Packed columns</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	37
Tekanan (atm)	6
Kondisi proses	Eksotermis
Konstruksi dan Material	
Bahan	<i>Stainless steel SA Grade A Type 430</i>
ID <i>shell</i> (m)	1,524
Tebal <i>shell</i> (in)	7/8
Tinggi total (m)	6,941
Jenis <i>head</i>	<i>Eliptical head</i>
Spesifikasi Khusus	
Jenis <i>packing</i>	<i>Raschig ring</i>
Bahan <i>packing</i>	<i>Ceramics</i>
Susunan <i>packing</i>	<i>Random packing</i>
Diameter <i>packing</i> (in)	2
Jenis absorben	Air (H ₂ O)
Jenis <i>coolant</i>	<i>Dowtherm A</i>
Kebutuhan <i>coolant</i> (kg/jam)	8441,750
Harga (\$)	144,197

3.3.12 Pompa

Tabel 3. 12 Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan gas hasil CD-01 menuju SEP-01	Mengalirkan H ₂ O hasil bawah SEP-01	Mengalirkan HNO ₃ dari absorber menuju tangki produk	Mengalirkan air (H ₂ O) menuju absorber
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel</i>			
Kapasitas (gpm)	27224,702	11,219	8,561	10,132
Spesifikasi Pipa				
NPS (in)	24	12	1 1/4	1 1/2
Sch number	40	ST 40 S	80S	80S
OD (in)	24	12,75	1,6	1,9
ID (in)	22,625	12	1,278	1,5
Spesifikasi Daya				
Daya motor (HP)	0,05	0,05	0,05	0,05
Kecepatan putar (rpm)	6226,244	2104,474	1017,977	984,870
Jumlah	2	2	2	2
Harga (\$)	24,164	2,802	2,802	2,802

3.3.13 Expansion Valve

Tabel 3. 13 *Expansion valve*

Spesifikasi			
Parameter	EXV-01	EXV-02	EXV-03
Fungsi	Menurunkan tekanan bahan baku NH ₃ dari 12 atm menjadi 6 atm	Menurunkan tekanan arus bawah SEP-01 H ₂ O dari 6 atm menjadi 1 atm	Menurunkan tekanan HNO ₃ dan H ₂ O dari arus bawah AB-01 menuju tangki produk
Jenis	<i>Globe valve</i>		
Bahan	<i>Commercial steel</i>		
Jumlah	1	1	1
Spesifikasi			

Tabel 3.13 *Expansion valve* (lanjutan)

ID (in)	0,674	0,742	1,049
OD (in)	0,840	1,050	1,315
Sch	10S	80 XS 80S	40 ST 40S
NPS	1/2	3/4	1
Harga (\$)	709	709	709

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 14 Neraca massa total

Komponen	Input		Output		
	Umpan (kg/jam)	Recycle (kg/jam)	Produk (kg/jam)	Limbah (kg/jam)	Recycle (kg/jam)
NH ₃	1.144	28		37	37
H ₂ O	6		1.495	1.749	
O ₂	4.068	288		275	275
N ₂	13.391	8166		10.779	10.779
NO		402		402	402
NO ₂		36		36	36
HNO ₃			3.177		
H ₂ O <i>makeup</i>	1.949				
Sub Total	20.557	8.919	4.672	13.277	11.528
Total		29.477			29.477

3.4.2 Neraca Massa *Mix-Point 1*

Tabel 3. 15 Neraca massa *Mix-Point 1*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
NH ₃	1.144		1.144
H ₂ O	6		6
O ₂		4.068	4.068
N ₂		13.391	13.391
Sub Total	1.149	17.459	18.609
Total		18.609	18.609

3.4.3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 16 Neraca massa Reaktor 1

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
NH ₃	1.144	46
H ₂ O	6	1.749
O ₂	4.068	1.485
N ₂	13.391	13.391
NO		1.937
Sub Total	18.609	18.609
Total	18.609	18.609

3.4.4 Neraca Massa Mix-Point 2

Tabel 3. 17 Neraca massa Mix-Point 2

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 4	Arus 12	Arus 5
NH ₃	46	28	74
H ₂ O	1.749		1.749
O ₂	1.485	288	1.773
N ₂	13.391	8.166	21.557
NO	1.937	402	2.339
NO ₂		36	36
Sub Total	18.609	8.919	27.528
Total		27.528	27.528

3.4.5 Neraca Massa Separator (SEP-01)

Tabel 3. 18 Neraca massa Separator

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
NH ₃	74		74
H ₂ O	1.749	1.749	
O ₂	1.773		1.773
N ₂	21.557		21.557
NO	2.339		2.339
NO ₂	36		36
Sub Total	27.528	1.749	25.779
Total	27.528		27.528

3.4.6 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 19 Neraca massa Reaktor 2

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
NH ₃	74	74
H ₂ O		
O ₂	1.773	551
N ₂	21.557	21.557
NO	2.339	47
NO ₂	36	3.550
Sub Total	25.779	25.779
Total	25.779	25.779

3.4.7 Neraca Massa Absorber (AB-01)

Tabel 3. 20 Neraca massa Absorber

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
NH ₃	74		74	
H ₂ O				1.495
O ₂	551		551	
N ₂	21.557		21.557	
NO	47		803	
NO ₂	3.550		71	
HNO ₃				3.177
H ₂ O <i>makeup</i>		1.949		
Sub Total	25.779	1.949	23.056	4.672
Total		27.728		27.728

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Kompresor (K-01)

Tabel 3. 21 Neraca panas Kompresor

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	1.616.811	
Produk		2.808.509
Q kompresi	1.191.698	
Total	2.808.509	2.808.509

3.5.2 Neraca Panas *Mix-Point 1*

Tabel 3. 22 Neraca panas *Mix-Point 1*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
(NH ₃ dan H ₂ O)	528	
(O ₂ dan N ₂)	2.731.366	
Produk		2.731.894
Total	2.731.894	2.731.894

3.5.3 Neraca Panas *Furnace* (F-01)

Tabel 3. 23 Neraca panas *Furnace*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	2.735.831	
Produk		17.401.820
Beban <i>furnace</i>	14.665.990	
Total	17.401.820	17.401.820

3.5.4 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 24 Neraca panas Reaktor 1

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	17.402.570	
Produk		17.868.211
Q reaksi		-14.381.514
Q pendingin		14.847.155
Total	17.402.570	17.402.570

3.5.5 Neraca Panas *Mix-Point* 2

Tabel 3. 25 Neraca panas *Mix-Point* 2

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	17.868.211	
Umpan <i>recycle</i>	46.054	
Produk		17.914.264
Total	17.914.264	17.914.264

3.5.6 Neraca Panas *Cooler* (HE-01)

Tabel 3. 26 Neraca panas *Cooler*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	17.914.264	
Produk		5.221.126
Q pendingin		12.693.138
Total	17.914.264	17.914.264

3.5.7 Neraca Panas Kondensor (CD-01)

Tabel 3. 27 Neraca panas Kondensor

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	1.038.915	
Produk cair		255.992
Produk uap		1.038.915
Q kondensasi	4.129.785	
Q <i>supply</i>		3.873.793
Total	5.168.700	5.168.700

3.5.8 Neraca Panas Separator (SEP-01)

Tabel 3. 28 Neraca panas Separator

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan uap	924.177	
Umpan cair	255.992	
Produk uap		924.177
Produk cair		255.992
Total	1.180.169	1.180.169

3.5.9 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 29 Neraca panas Reaktor 2

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	924.177	
Produk		910.848
Q reaksi		-4.389.078
Q pendingin		4.402.407
Total	924.177	924.177

3.5.10 Neraca Panas Absorber (AB-01)

Tabel 3. 30 Neraca panas Absorber

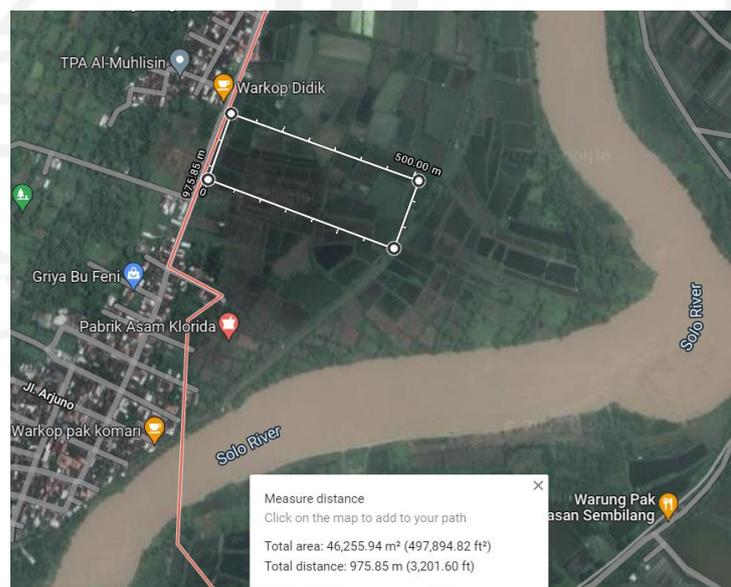
Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	910.848	
Absorben	218.775	
Produk cair		142.342
Produk uap		286.955
Q reaksi		-2
Q buang		700.328
Total	1.129.623	1.129.623

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan dan pemilihan lokasi pabrik penting menjadi untuk dapat dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi keberlangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional yang terdiri atas produksi hingga distribusi dan pemasaran. Terdapat beberapa faktor yang yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan dan pemilihan lokasi pabrik diantaranya yaitu, ketersediaan bahan baku, pemasaran produk, ketersediaan sarana penunjang (utilitas), transportasi dan lain sebagainya. Atas pertimbangan tersebut, perancangan pabrik asam nitrat dengan kapasitas 37.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Faktor dalam pertimbangan pemilihan lokasi sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi pendirian pabrik asam nitrat

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat penting untuk dapat menjadi faktor suatu pabrik dapat berdiri. Kemudahan akses untuk mendapatkan bahan baku juga harus diperhatikan untuk mengurangi biaya transportasi. Maka dari itu, asam nitrat dengan bahan baku utama yaitu amonia akan didirikan di Kabupaten Gresik. Pemilihan lokasi ini karena amonia akan dapat lebih mudah diperoleh dari PT Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur sedangkan udara dapat diperoleh secara langsung dari lingkungan. Kapasitas produksi amonia PT Petrokimia Gresik sebesar 400.000 ton/tahun dengan kebutuhan amonia pada prarancangan ini yaitu 9.102 ton/tahun.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik yang berdekatan dengan kawasan industri yang membutuhkan asam nitrat sebagai bahan baku utama dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik ini. Gresik merupakan lokasi yang prospektif dalam pemasaran produk karena berada berada relatif dekat dengan kawasan industri besar di Indonesia seperti Cilegon, Banten dan Cikampek, Jawa Barat. Selain itu, asam nitrat dapat dipasarkan ke pabrik amonia nitrat yang berada di pulau Kalimantan seperti PT Black Bear Resources Industry dan PT Kaltim Nitrate Indonesia melalui jalur laut karena lokasi pendirian pabrik ini berdekatan dengan pelabuhan.

c. Utilitas

Sarana pendukung proses (utilitas) merupakan hal yang penting keberadaannya untuk menunjang kelancaran produksi. Sarana utilitas tersebut antara lain Unit Pengadaan dan Pengolahan Air, Unit Penyediaan Bahan Bakar, Unit Pembangkit Listrik. Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PT Perusahaan Listrik Negara (PT PLN), akan tetapi untuk dapat menghindari pemberhentian proses akibat gangguan transmisi aliran listrik PT PLN maka pabrik memiliki generator cadangan. Sementara itu, kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT Pertamina Patra Niaga.

d. Transportasi

Sarana transportasi yang memadai menjadi faktor penting karena berkaitan dengan proses transportasi untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan dan pengiriman produk. Dari segi sarana transportasi darat, Gresik merupakan lokasi yang strategis karena berdekatan dengan sarana transportasi yang menghubungkan dengan berbagai kota dengan Kawasan industri lainnya melalui Tol Trans-Jawa. Selain itu untuk menunjang sarana transportasi laut, Gresik merupakan lokasi yang berdekatan dengan dua Pelabuhan yaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kabupaten Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak yang berada di Surabaya

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik membutuhkan tenaga kerja terampil serta membuka lapangan pekerjaan. Tenaga kerja berkualitas dengan keterampilan dan pendidikan yang mumpuni merupakan suatu hal yang penting agar proses dari sisi bisnis dan teknis pabrik dapat berjalan dengan baik. Pulau Jawa memiliki

berbagai kampus dengan kualitas yang sangat baik dengan harapan lulusan terbaik kampus tersebut dapat menjadi tenaga kerja pabrik ini. Selain itu, berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, diketahui bahwa pengangguran berdasarkan tingkat pendidikan tertinggi yang ditamatkan pada tahun 2020 yaitu lulusan Sekolah Menengah Atas sebanyak 1.605.546 jiwa, lulusan Sekolah Menengah Kejuruan sebanyak 2.043.891 jiwa, dan lulusan sarjana sebanyak 1.100.160. Dengan berdirinya pabrik ini, diharapkan dapat mengurangi tingkat pengangguran di Jawa Timur.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Pabrik

Pemilihan lokasi sebuah pabrik turut mempertimbangkan rencana perluasan area pabrik untuk 10 sampai dengan 20 tahun kedepan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi peningkatan permintaan produk yang menuntut adanya peningkatan kapasitas pabrik yang membutuhkan perluasan lahan. Kabupaten Gresik berada di pinggiran kota yang memiliki banyak lahan kosong, sehingga memenuhi kriteria ini.

b. Perizinan

Gresik telah bertransformasi menjadi kawasan industri melalui penetapan Gresik sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Hal tersebut ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah nomor 71 tahun 2021 dengan kegiatan utama berupa industri smelter nikel dan baja, elektronik, petrokimia, dan energi. Hal ini tentu saja memudahkan perizinan untuk mendirikan pabrik.

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik asam nitrat. Hal ini dikarenakan dapat meningkatkan jumlah ketersediaan lapangan kerja masyarakat sekitar serta membantu meningkatkan perekonomian sekitar secara keseluruhan.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik (*plant layout*) dalam pra rancangan pabrik merupakan bagian yang penting sebagai tempat keseluruhan bagian yang ada di pabrik yang terdiri atas tempat perkantoran, peralatan proses, penyimpanan bahan baku, unit pendukung proses, fasilitas kegiatan internal dan eksternal, dan sebagainya. Tata letak pabrik harus dirancang untuk mendukung efisiensi proses produksi pabrik dan berjalan secara optimal. Selain itu, keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan dalam bekerja turut dipertimbangkan. Penataan letak pabrik dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

- a. Urutan proses produksi
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.

- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

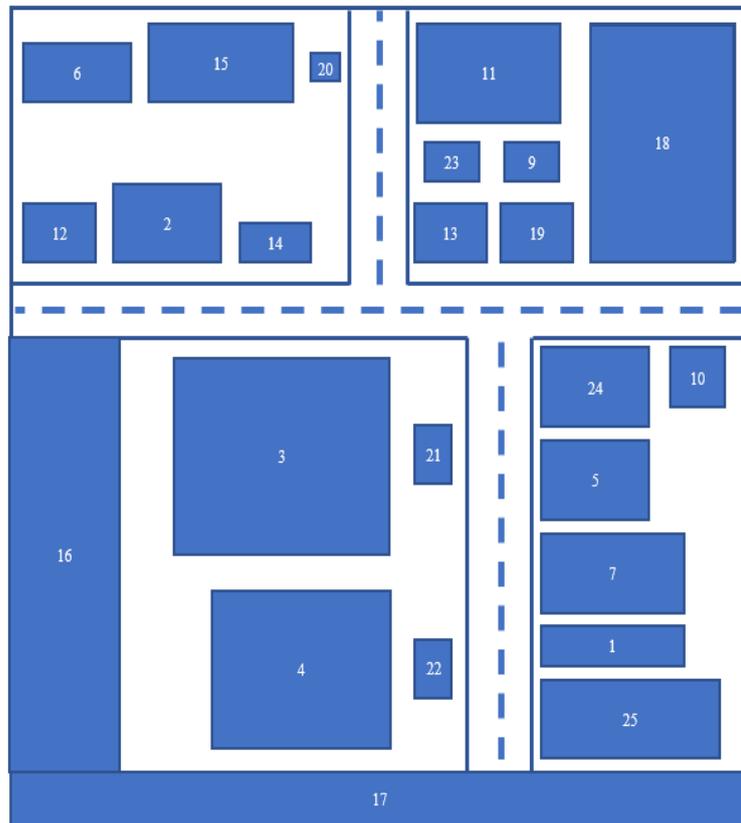
Berdasarkan pertimbangan faktor dalam penataan letak pabrik, diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut:

- a. Mempermudah *material handling*.
- b. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perawatan.
- c. Meningkatkan keselamatan kerja.
- d. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses menjadi lebih baik.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah

No	Nama Bangunan	Keterangan		Luas (m ²)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
1.	Area penyimpanan bahan baku	20	10	200
2.	Area penyimpanan produk	30	20	600
3.	Area produksi	60	50	3000
4.	Area utilitas	50	40	200
5.	Bengkel	30	20	600
6.	Gedung serbaguna	30	15	450
7.	Gudang peralatan	40	20	800
8.	Jalan	70	50	3500
9.	Kantin	15	10	150
10.	Kantor proses dan produksi	15	15	225
11.	Kantor utama	40	25	1000
12.	Laboratorium	20	15	300
13.	Masjid	20	15	300
14.	Parkir truk	20	10	200
15.	Parkir utama	40	20	800
16.	Perluasan area 1	11	30	330
17.	Perluasan area 2	21	14	294
18.	Perumahan/mess	60	40	2400
19.	Poliklinik	20	15	300
20.	Pos keamanan	8	7	56
21.	Ruang kendali proses	15	10	150
22.	Ruang kendali utilitas	15	10	150
23.	Taman	15	10	150
24.	Unit pemadam kebakaran	30	20	600
25.	Unit pengolahan limbah	50	20	1000
Luas tanah				26589
Luas bangunan				19555
Total				46144



Gambar 4. 2 Tata letak pabrik (*plant layout*) skala 1:2000

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tata letak proses untuk mendapatkan keuntungan dari segi efisiensi biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi, yaitu sebagai berikut:

1. Aliran bahan baku dan produk

Tata letak peralatan proses yang dirancang sesuai dengan alur proses dapat memberikan keuntungan pada aspek ekonomi, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Kelancaran sirkulasi udara dan gas buang di dalam dan sekitar area proses harus dipastikan. Sirkulasi udara yang lancar penting untuk menghindari terjadinya stagnansi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu menjadi perhatian

3. Pencahayaan

Pencahayaan pada area proses harus memadai dengan pertimbangan proses produksi berjalan 24 jam per hari, terutama pada area berbahaya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik akibat pencahayaan yang minim.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

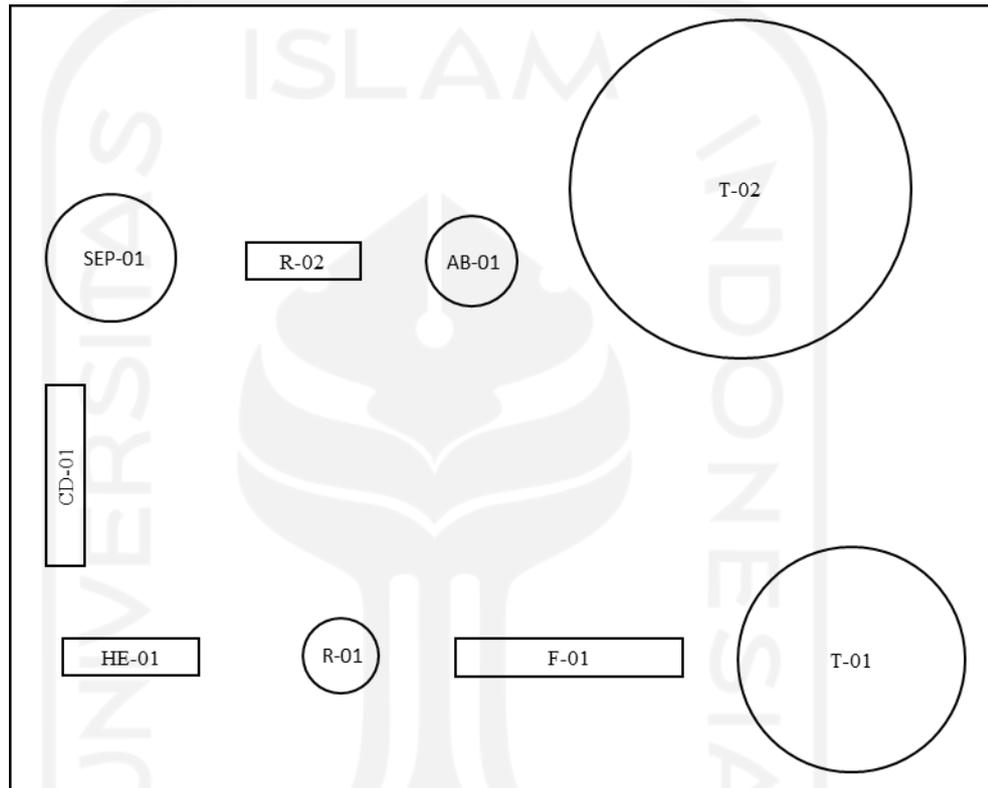
Dalam perancangan layout alat proses, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugas perlu diprioritaskan.

5. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat proses harus diperhitungkan dalam perancangan tata letak proses, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Alat-alat tersebut harus ditempatkan di lokasi khusus yang terpisah dari alat-alat proses yang lain. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak langsung membahayakan alat-alat yang lain.

6. Pertimbangan ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang optimum diharapkan dapat meminimalisir pengeluaran biaya operasi dan dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengutamakan aspek keamanan dan keselamatan pekerja.



Gambar 4. 3 Tata letak alat-alat proses skala 1:200

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik asam nitrat yang dalam pra rancangan ini direncanakan akan memiliki bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu bentuk perusahaan yang modal pendiriannya didapatkan dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang

dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut yang dimiliki pemegang saham sebagai bentuk sebagian kepemilikan atas perusahaan tersebut dengan ikut menyetorkan modal. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham. Adapun alasan pemilihan Perseroan Terbatas sebagai bentuk perusahaan ini adalah:

1. Mudah mendapatkan modal melalui penjualan surat berharga perusahaan (saham).
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan structural perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, dimana pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan.
5. Efisiensi dari manajemen dimana pemegang saham duduk dalam dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya direktur utama perusahaan yang berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas.

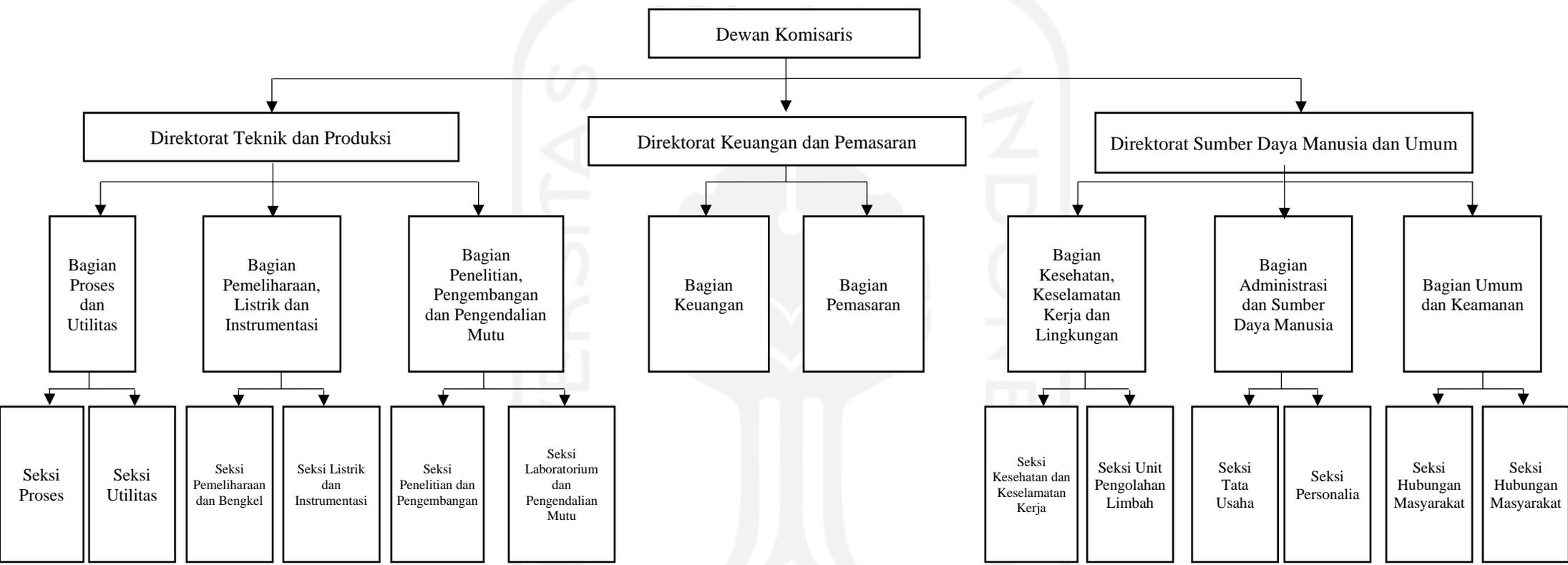
4.4.2 Struktur Organisasi

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Dengan adanya struktur yang baik maka antara jabatan dapat memahami batasan masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu

1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris. Dalam menjalankan tugas perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut.

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- b. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam setahun.

2. Dewan komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi.
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggungjawab penuh terhadap jalannya

perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, diantaranya:

- Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

- Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan

pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

- **Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum**

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

4. **Bagian**

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggungjawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

- **Bagian Proses dan Utilitas**

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

- **Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi**

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

- **Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu**
Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- **Bagian Keuangan**
Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- **Bagian Pemasaran**
Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- **Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan**
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.
- **Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia**
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.
- **Bagian Umum dan Keamanan**
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

5. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung

jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari :

- Seksi Proses

Bertanggungjawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

- Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

- Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

- Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

- Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

- Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

- Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

- Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.

- Seksi Personalia

Bertanggungjawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

- Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

- Seksi Keamanan

Bertanggungjawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan

1. Status Karyawan

Berdasarkan status dan system upah, karyawan dapat digolongkan menjadi 3, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi dengan surat kontrak kerja sama.

c. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik hanya bila diperlukan. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan atas hasil kerjanya yang telah disetujui.

2. Penggolongan Jabatan

Jabatan dari struktur organisasi perusahaan perlu dibebankan pada individu dengan tingkat pendidikan dan keahlian yang sesuai. Karyawan pada perusahaan ini terdiri berbagai jenjang pendidikan tertinggi dijabarkan sebagai berikut:

a. Direktur Utama : S-2

b. Direktur : S-2

c. Kepala Bagian : S-1

- d. Kepala Seksi : S-1
- e Staff Ahli : S-1
- f. Sekretaris : S-1
- g. Karyawan dan Operator : D4/S-1
- h. Dokter : S-1
- i. Perawat : D4/S-1
- j. Supir : SMP-SMA
- k. *Cleaning Service* : SMP-SMA

3. Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan yang diperlukan dalam aktivitas perusahaan garus ditentukan secara tepat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara baik dan efisien. Jumlah karyawan yang diperlukan beserta gaji dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Jumlah dan gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan (Per Orang), Rp.	Total Gaji, Rp.
Direktur Utama	1	53.000.000	636.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	32.000.000	384.000.000
Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	32.000.000	384.000.000
Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	32.000.000	384.000.000
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	19.000.000	228.000.000
Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Bag. Keuangan	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Bag. Pemasaran	1	17.000.000	204.000.000

Tabel 4.2 Jumlah dan gaji karyawan (lanjutan)

Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	17.000.000	204.000.000
Ka. Sek. Proses	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	13.000.000	156.000.000
Ka. Sek. Tata Usaha	1	11.000.000	132.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	11.000.000	132.000.000
Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	11.000.000	132.000.000
Ka. Sek. Keamanan	1	9.000.000	108.000.000
Karyawan Proses	6	9.000.000	648.000.000
Karyawan Utilitas	4	9.000.000	432.000.000
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	9.000.000	432.000.000
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	9.000.000	432.000.000
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	9.000.000	864.000.000
Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	9.000.000	864.000.000
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	6	9.000.000	648.000.000
Karyawan Unit Pengolahan Limbah	4	9.000.000	432.000.000
Karyawan Tata Usaha	5	7.000.000	420.000.000
Karyawan Personalia	5	7.000.000	420.000.000
Karyawan Hubungan Masyarakat	5	7.000.000	420.000.000
Karyawan Keamanan	10	7.000.000	600.000.000
Operator	39	8.000.000	3.744.000.000

Tabel 4.2 Jumlah dan gaji karyawan (lanjutan)

Dokter	2	13.000.000	312.000.000
Perawat	6	8.000.000	576.000.000
Sopir	6	6.000.000	432.000.000
<i>Cleaning Service</i>	10	6.000.000	720.000.000
Total	156	574.000.000	17.832.000.000

4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik asam nitrat direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan proses produksi berlangsung selama 24 jam dalam 1 hari. Perbaikan, perawatan (*maintenance*), dan *shutdown* dapat dilakukan pada sisa hari diluar hari libur. Untuk menjaga proses produksi secara *continue*, pemberlakuan jam kerja *shift* diperuntukkan bagi karyawan yang terlibat langsung dibidang teknikal proses.

1. Karyawan non-*shift*

Karyawan non-*shift* merupakan karyawan yang tidak terlibat langsung proses produksi maupun pengamanan pabrik. Karyawan yang tergolong bekerja secara non-*shift* adalah direktur beserta jajaran, kepala bagian, kepala seksi, serta karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan non-*shift* akan bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam, hari kerja : Senin-Jumat, 07.00-16.00 WIB

Jam istirahat : Senin-Kamis, 12.00-13.00 WIB

Jumat, 11.30-13.30 WIB

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam menangani proses produksi serta pengamanan. Sebagian dari bagian teknis, Gudang, dan bagian lain harus berkerja atau siaga demi kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pembagian jam kerja *shift* sebagai berikut:

Shift I : pukul 07.00-15.00 WIB

Shift II : pukul 15.00-23.00 WIB

Shift III : pukul 23.00-07.00 WIB

Pembagian jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam tiap *shift* dengan 3 kelompok *shift* dalam 1 hari. Pergantian jam kerja kelompok *shift* dilakukan setiap 3 hari kerja dengan maksimal hari bekerja yaitu 3 hari dan diikuti 1 hari libur. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapatkan giliran *shift* dan 1 regu libur. Jadwal pembagian *shift* (siklus) karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Jadwal *shift* karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

Tabel 4.3 Jadwal *shift* karyawan (lanjutan)

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

Keterangan:

1,2,3 dst... : Hari ke-

A, B, C, dan D : Regu kerja

I, II, dan III : *Shift* ke-

 : Libur

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan memiliki hak ketenagakerjaan yang harus diberikan oleh perusahaan. Hak-hak tersebut yaitu:

1. Tunjangan
 - a. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja
 - c. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari libur nasional

Hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja bagi karyawan *non-shift* dan dihitung sebagai hari kerja lembur bagi karyawan *shift*.

3. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun
 - b. Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan Dokter.
 - c. Cuti melahirkan bagi karyawan selama 3 bulan (1 bulan sebelum melahirkan dan 2 bulan setelah melahirkan).
4. Fasilitas karyawan

Fasilitas karyawan disediakan guna meningkatkan produktivitas karyawan.

a. Poliklinik

Poliklinik yang disediakan oleh perusahaan bertujuan untuk menangani dan menjaga kesehatan karyawan dan berpengaruh terhadap produktivitas pabrik.

b. Pakaian kerja

Perusahaan memberikan pakaian kerja untuk memberikan identitas perusahaan pada karyawan dari karyawan perusahaan lain maupun masyarakat umum.

c. Makan dan minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang.

d. Tempat ibadah

Tempat ibadah berupa masjid disediakan guna memfasilitasi kegiatan ibadah karyawan muslim.

e. Transportasi

Perusahaan menyediakan bus antar jemput di titik tertentu untuk mempermudah akomodasi karyawan.

5. Jaminan ketenagakerjaan

Perusahaan mendaftarkan karyawan sebagai peserta Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) dengan 4 jaminan, yaitu Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JKM), Jaminan Hari Tua (JHT) dan Jaminan Pensiun (JP).



BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan unit pendukung berlangsungnya proses produksi dan sarana lain pada pabrik. Unit pendukung adalah unit lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit utilitas pada pabrik asam nitrat dari amonia dan udara kapasitas 37.000 ton/tahun terdiri atas beberapa unit sebagai berikut:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
3. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar
5. Unit Penyediaan Pendingin *Dowtherm A*
6. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit penyediaan dan pengolahan air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik.

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu

impurities yang terlarut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik asam nitrat ini berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- a) Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b) Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan air laut yang pengolahannya lebih rumit dan biayanya lebih besar.

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik asam nitrat ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air sanitasi, perumahan, tempat ibadah dan sebagainya. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air setiap satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini yaitu 165 orang dan total kebutuhan air domestik dapat dilihat pada tabel 5.1.

Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

Tabel 5. 1 Kebutuhan air domestik

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Karyawan	687,5
2	Perumahan Karyawan	500
Total		1.187,5

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air yang digunakan untuk servis, biasanya digunakan untuk kebutuhan pelayanan terhadap kegiatan non-proses di area pabrik. *Service water* digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain-lain. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*. Kebutuhan *service water* dapat dilihat pada tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Kebutuhan *service water*

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Bengkel	4,2
2	Poliklinik	12,5
3	Laboratorium	16,7
4	Pemadam kebakaran	41,7
5	Kantin, musholla, taman	83,3
Total		158,3

c. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.

- Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

Tabel 5. 3 Kebutuhan air pendingin

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Absorber (AB-01)	8.441,75
2	Kondensor (CD-01)	20.574,64
Total		29.016,39

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga total kebutuhan air pendingin adalah sebesar 34.819,67 kg/jam. Sementara dalam perhitungan kebutuhan *make-up water* dihasilkan Wm sebesar 355,16 kg/jam

d. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area produksi. Kebutuhan air proses untuk peralatan pada pabrik asam nitrat ini hanya untuk absorber (AB-01) sebesar 1.948,77 kg/jam. Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air proses menjadi 2.338,53 kg/jam.

Sehingga total kebutuhan air pada pabrik asam nitrat ini dapat dilihat pada tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Total kebutuhan air

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Air domestic	1.187,5
2	<i>Service water</i>	158,3
3	Air pendingin	34.819,67
4	Air proses	2.338,53
Total		38.504,03

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Tujuan pengolahan air adalah untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo harus diolah terlebih dahulu secara fisik maupun kimia agar layak untuk digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik asam nitrat ini adalah sebagai berikut:

a. Penghisapan

Penghisapan merupakan tahap pertama dari pengolahan air. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara penghisapan menggunakan pompa dan air akan dialirkan ke penyaring (*screener*).

b. Penyaringan (*screening*)

Screening merupakan proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya yang umum berada di aliran sungai tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan

kotoran-kotoran yang lebih kecil masih terikut dengan aliran air dan akan dipisahkan pada tahapan selanjutnya.

c. Pengendapan Awal (*sedimentation*)

Setelah melewati proses penyaringan, air akan melalui proses sedimentasi. Proses sedimentasi merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena adanya gaya gravitasi.

d. Bak Penggumpal

Pada bak penggumpal, air mengalami proses koagulasi. Proses ini merupakan proses penggumpalan yang disebabkan penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi lebih stabil atau netral dan membentuk endapan. Pada pabrik asam nitrai ini, koagulan yang digunakan jenis tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

e. Bak Pengendap I dan II

Pada tahap ini, air yang telah menggumpal dari proses sebelumnya akan mengalami proses flokulasi sehingga membentuk flok-flok. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Pada proses flokulasi ini ditambahkan kapur yang berfungsi untuk menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, ditambahkan juga *soda*

caustic (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH, sehingga nilai pH pada outlet dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5 dan proses flokulasi dapat berjalan dengan efektif.

f. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Hasil luaran dari sand filter mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storage tank*.

g. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* (*filtered water*) kemudian ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), dan air proses (*process water*).

h. Klorinasi

Agar air dapat digunakan di perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Proses ini adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, serta mikroorganisme lainnya sehingga air aman dikonsumsi dan digunakan. Air yang telah mengalami proses klorinasi selanjutnya akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

i. *Cooling Tower*

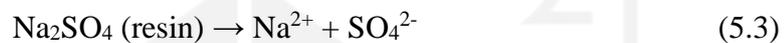
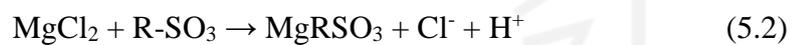
Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C.

j. Demineralisasi

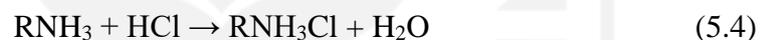
Air yang digunakan sebagai air proses tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut.

1. Kation *Exchanger*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang terkandung di dalam air diganti dengan ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari kation *exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



2. Anion *Exchanger*

Anion *exchanger* ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang terlarut dalam air seperti bikarbonat (HCO₃⁻), sulfat (SO₄²⁻), klorida (Cl⁻), nitrat (NO₃⁻), dan silika (SiO₂⁻). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



5.2 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik berperan untuk menyediakan kebutuhan listrik untuk berbagai alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik asam nitrat ini berasal dari jaringan distribusi PT PLN (persero). Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila jaringan distribusi listrik utama dari PT PLN (persero) mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak balik (AC) dengan kapasitas 589,90. Generator jenis ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
2. Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik asam nitrat ini adalah sebagai berikut

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Kebutuhan listrik alat proses dapat dilihat pada tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode alat	Daya	
		Hp	Watt
Kompressor	K-01	120,85	90.121,44
Blower	BL-01	3,00	2.237,10
Pompa	P-01	0,05	37.29
	P-02	0,05	37.29
	P-03	0,05	37.29
Total		124,00	92.470,40

Total kebutuhan listrik alat proses = 92.470,40 Watt

= 92,47 kW

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Kebutuhan listrik alat proses dapat dilihat pada tabel 5.6 sebagai berikut :

Tabel 5. 6 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	7,5	5.592,75
<i>Cooling Tower Dowtherm A</i>	CT-02	200	149.140,00
Kompresor	KU-01	2	1.491,40
Pompa	PU-01	0,7	521,99
	PU-02	1,5	1.118,55
	PU-03	1,8	1.342,26
	PU-04	0,01	7,457
	PU-05	1,5	1.118,55
	PU-06	1,5	1.118,55
	PU-07	0,7	521,99
	PU-08	1,1	820,27
	PU-09	1,1	820,27
	PU-10	0,01	7,46
	PU-11	0,1	74,57
	PU-12	0,05	37,29
	PU-13	0,01	7,46
	PU-14	3	2.237,10
	PU-15	1,6	1.193,12
	PU-16	0,01	7,46
	PU-17	0,01	7,46
	PU-18	0,2	149,14
	PU-19	0,2	149,14
Total		224,60	167.484,22

Total kebutuhan listrik alat utilitas = 167.484,22 Watt

= 167,48 kW

Total kebutuhan listrik *plant* = 259,95 kW

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Kebutuhan listrik alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik *plant*.

$$\text{Total kebutuhan listrik alat control} = 64,99 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Kebutuhan listrik alat penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik *plant*.

$$\text{Total kebutuhan listrik penerangan} = 38,99 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Kebutuhan listrik peralatan kantor diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik *plant*.

$$\text{Total kebutuhan listrik peralatan kantor} = 38,99 \text{ kW}$$

f. Kebutuhan Listrik Laboratorium dan Bengkel

Kebutuhan listrik lab dan bengkel diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik *plant*.

$$\text{Total kebutuhan listrik lab dan bengkel} = 38,99 \text{ kW}$$

g. Kebutuhan Listrik Perumahan

$$\text{Kebutuhan listrik tiap rumah} = 1000 \text{ watt}$$

$$= 1 \text{ kW}$$

$$\text{Jumlah rumah} = 30 \text{ unit}$$

$$\text{Total kebutuhan listrik perumahan} = 30 \text{ kW}$$

Total kebutuhan listrik pada pabrik asam nitrat ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Total kebutuhan listrik

No	Keterangan	Kebutuhan air (kW)
1	<i>Plant</i>	
	a. Alat proses	92,47
	b. Alat utilitas	167,48
2	Alat kontrol	64,99
3	Penerangan	38,99
4	Peralatan kontrol	38,99
5	Lab dan bengkel	38,99
6	Perumahan	30
Total		471,92

5.3 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 18,691 m³/jam dengan tekanan 5,5 bar.

5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *furnace* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel/solar. Kebutuhan bahan bakar untuk *furnace* sebesar 539,722 L/jam dan bahan bakar generator sebesar 30,477 L/jam.

5.5 Unit Penyediaan Pendingin *Dowtherm A*

Unit ini bertugas menyediakan kebutuhan *dowtherm A* sebagai fluida pendingin pada beberapa alat proses seperti Reaktor-01 (R-01), Reaktor-02 (R-02) dan Cooler (HE-01). *Dowtherm A* merupakan cairan pendingin sintetis yang

mengandung dua senyawa organik yaitu bifenil ($C_{12}H_{10}$) dan difenil oksida ($C_{12}H_{10}O$). *Dowtherm A* dipilih sebagai fluida pendingin pada pabrik ini berdasarkan beberapa pertimbangan seperti:

1. Dapat digunakan pada rentang suhu yang cukup tinggi yaitu $60^{\circ}F - 779^{\circ}F$ ($15^{\circ}C - 415^{\circ}C$).
2. Dapat digunakan pada tekanan yang cukup tinggi yaitu dari tekanan atmosferik sampai 152,5 psig (10,6 bar).
3. Dapat digunakan pada fase cair maupun gas.
4. Stabil sehingga tidak terdekomposisi pada suhu tinggi.
5. Tidak bersifat korosif terhadap logam biasa maupun logam paduan.

Tabel 5. 8 Kebutuhan *Dowtherm A*

Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	9.395,632
Reaktor-02	R-02	31.216,403
Cooler	HE-01	8.292,594
Total		48.904,630

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan *Dowtherm A* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Dowtherm A} &= 120\% \times 48.904,630 \text{ kg/jam} \\ &= 58.685,556 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Dowtherm A proses yang telah digunakan sebagai pendingin pada peralatan proses akan diolah kembali dengan cara didinginkan di dalam *Cooler* (HEU-01) dengan menggunakan pendingin *dowtherm A* utilitas. *Dowtherm A* proses yang suhunya telah turun kemudian disirkulasikan kembali ke sistem pendinginan alat-alat proses. Sementara itu, *dowtherm A* utilitas yang telah digunakan sebagai pendingin pada *Cooler* (HEU-01) didinginkan pada *Cooling Tower* (CT-02).

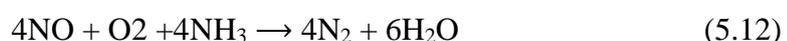
Sebagian *dowtherm A* yang mengalami evaporasi pada *Cooling Tower* (CT-02) akan digantikan dengan *dowtherm A* make-up dari Tangki Penyimpanan *dowtherm A* (TU-10).

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Limbah yang dihasilkan dari pabrik asam nitrat ini terdiri limbah gas, cair dan padatan. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut.

a. Limbah Gas

Limbah gas atau gas buang dari pabrik asam nitrat ini berasal dari proses absorpsi pada *Absorber* (AB-01). Gas buang tersebut mengandung nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂), oksigen (O₂), nitrogen (N₂) dan air (H₂O). Pengolahan limbah gas buang dilakukan melalui proses denitrifikasi pada sebuah alat *Selective Catalytic Reduction* (SCR). Denitrifikasi dilakukan dengan menginjeksikan amonia ke dalam SCR yang dipasang pada saluran gas buang. Gas NO_x di dalam gas buang akan bereaksi dengan amonia sehingga emisi NO_x akan berkurang hingga 80-90 %. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



b. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah (Peraturan Pemerintah no. 82 Tahun 2001), yaitu:

- COD : maksimum 100 mg/l
- BOD : maksimum 20 mg/l
- TSS : maksimum 80 mg/l
- Oil : maksimum 5 mg/l
- pH : 6,5 – 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat-alat lain dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

2. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

3. Limbah Sanitasi

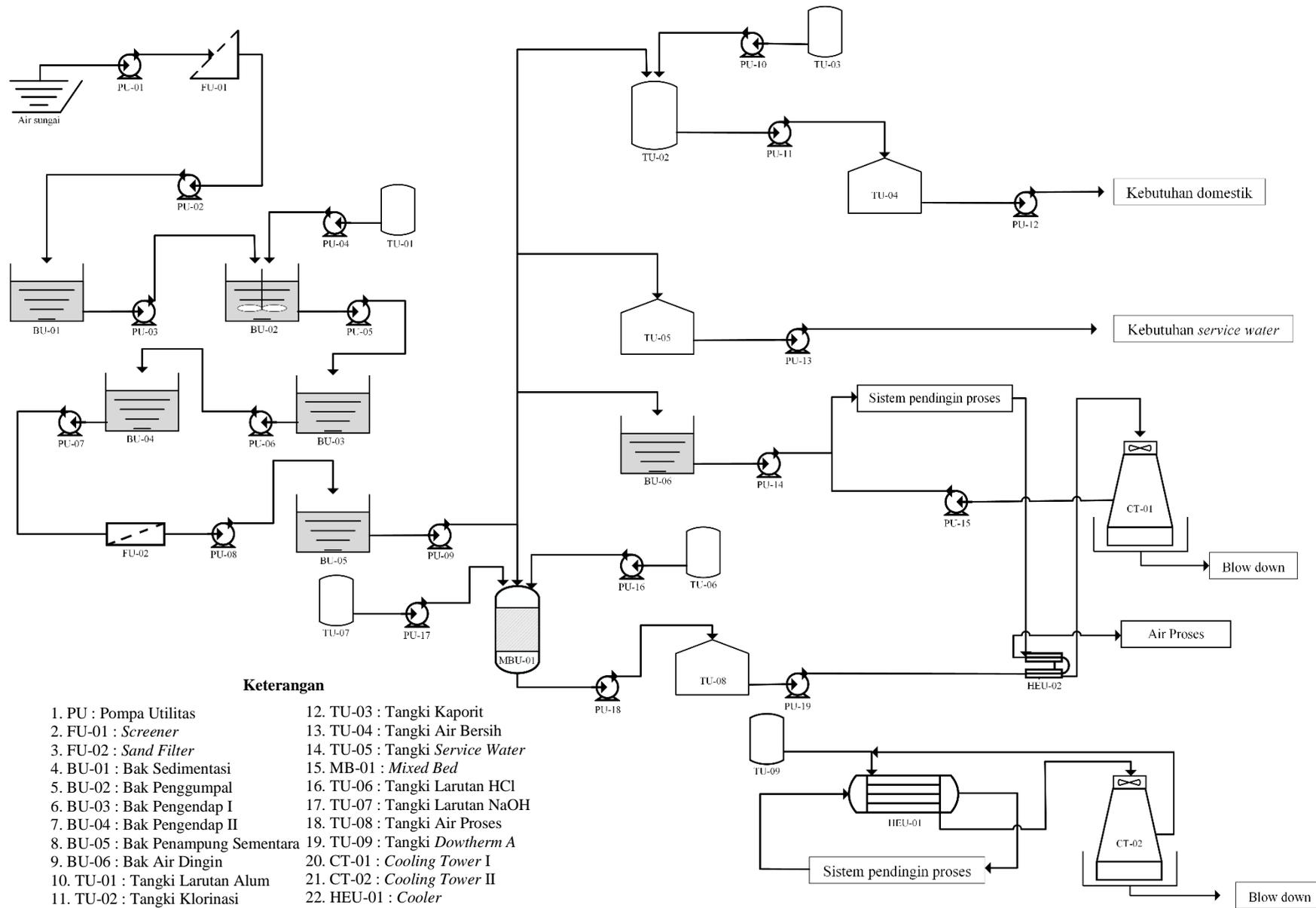
Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

c. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut sludge. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
- Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
- Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
- Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

Diagram Alir Unit Utilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut:



Gambar 5. 1 Diagram alir pengolahan air

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Suatu pabrik harus dievaluasi kelayakan berdirinya dan tingkat pendapatannya sehingga perlu dilakukan analisa perhitungan secara teknik. Selanjutnya, perlu juga dilakukan analisa terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya. Hasil analisa tersebut diharapkan berbagai kebijaksanaan dapat diambil untuk pengarahannya secara tepat. Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan..

Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang dapat diterima dari segi ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain :

- 1) *Profitability* (Keuntungan)
- 2) *Return on Investment* (ROI)
- 3) *Pay Out Time* (POT)
- 4) *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)
- 5) *Break Even Point* (BEP)
- 6) *Shut Down Point* (SDP)

Namun, ada beberapa hal yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap kelima factor diatas, seperti :

- 1) Penentuan Modal Industri (*Fixed Capital Investment*), yang meliputi :
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital*)
- 2) Penentuan Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*), yang meliputi :
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
- 3) Pendapatan Modal
 - a. Biaya Tetap Per Tahun (*Fixed Cost Annual*)
 - b. Biaya Variabel Per Tahun (*Variable Cost Annual*)
 - c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost Annual*)

6.1 Harga Alat

Setiap tahunnya, harga alat akan selalu mengalami perubahan tergantung pada kondisi ekonomi pada tahun tersebut. Sehingga untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun merupakan satu hal yang sangat sulit. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dengan mencari tahu terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Untuk mengetahui harga alat pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2027, maka dicari index pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2027 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 1980 sampai 2020 (Sumber: chemengonline.com/pci), yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi linier. Data indeks harga dari tahun 1980 sampai 2020 dapat dilihat pada Tabel 6.1

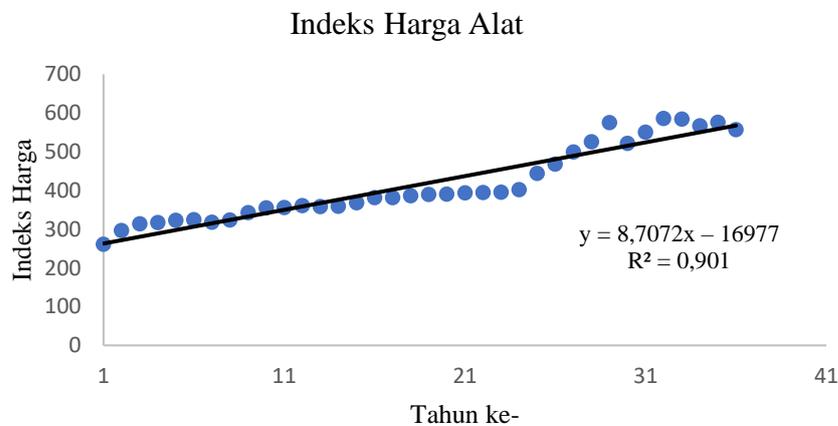
Tabel 6. 1 Indeks harga pada tahun 1980 sampai 2020

No	Tahun	Indeks
1	1980	261
2	1981	297
3	1982	314
4	1983	317
5	1984	323
6	1985	325
7	1986	318
8	1987	324
9	1988	343
10	1989	355
11	1990	356
12	1991	361,3
13	1992	358,2
14	1993	359,2
15	1994	368,1
16	1995	381,1
17	1996	381,7
18	1997	386,5
19	1998	389,5
20	1999	390,6
21	2000	394,1
22	2001	394,3
23	2002	395,6
24	2003	402
25	2004	444,2
26	2005	468,2
27	2006	499,6
28	2007	525,4
29	2008	575,4
30	2009	521,9
31	2010	550,8
32	2011	585,7
33	2012	584,6
34	2013	567,3
35	2014	576,1
36	2015	556,8
37	2016	576,7
38	2017	585,4
39	2018	594,1
40	2019	602,8
41	2020	611,5

Dari data diatas, diperoleh persamaan regresi linear yaitu:

$$y = 8,7072x - 16977 \quad (6.1)$$

Pabrik asam nitrat dari amonia dengan udara (oksigen) kapasitas 37.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2027 dan beroperasi pada tahun 2028. Dari persamaan regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 672,4. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada Gambar 6.1



Gambar 6. 1 Grafik indeks harga alat dari tahun 1980 (tahun ke-1) s.d 2015 (tahun ke-36)

Untuk memperkirakan harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries dan Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Keterangan :

Ex : Harga pembelian alat pada tahun tertentu

Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun tertentu pembelian

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik asam nitrat dari udara (oksigen) adalah :

1. Kapasitas produksi : 37.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Pabrik didirikan tahun : 2027
4. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 14.723
5. Umur alat : 10 tahun

6.3 Perkiraan Harga Alat

Perkiraan harga alat dibagi menjadi 2 bagian yaitu perkiraan harga alat untuk proses dan perkiraan harga alat untuk utilitas. Berikut perkiraan harga alat yang akan digunakan dalam prarancangan pabrik asam nitrat :

Tabel 6. 2 Perkiraan harga alat proses

No	Nama Alat	Jumlah	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Cooler</i>	1	155,028	2.282.476.878
2	<i>Absorber</i>	1	144,197	2.123.005.318
3	Kompresor	1	135,643	1.997.069.767
4	Tangki Penyimpanan NH ₃	10	1,071,602	15.777.194.892
5	Tangki Penyimpanan HNO ₃	10	1,212,276	17.848.338.417
6	<i>Filter Udara</i>	1	95,137	1.400.698.675
7	<i>Furnance</i>	1	572,735	8.432.377.888
8	<i>Blower-01</i>	1	20,545	302.482.168
9	Kondensor	1	29,767	438.255.414
10	<i>Expansion Valve-01</i>	1	709	10.438.607
11	<i>Expansion Valve-02</i>	1	709	10.438.607
12	<i>Expansion Valve-03</i>	1	709	10.438.607
13	Oksidator	1	122,102	1.797.706.520
14	Reaktor-01	1	76,460	1.125.714.886
15	Pompa-01	2	48,327	711.520.554
16	Pompa-02	2	5,603	82.495.137
17	Pompa-03	2	5,603	82.495.137
18	Pompa-04	2	5,603	82.495.137
19	Separator	1	35,487	522.469.199

Tabel 6. 3 Perkiraan harga alat utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Pompa-01	2	17,043	250.922.707
2	Pompa-02	2	17,043	250.922.707
3	Pompa-03	2	17,043	250.922.707
4	Pompa-04	2	2,335	34.372.974
5	Pompa-05	2	17,043	250.922.707
6	Pompa-06	2	17,043	250.922.707
7	Pompa-07	2	17,043	250.922.707
8	Pompa-08	2	17,043	250.922.707
9	Pompa-09	2	17,043	250.922.707
10	Pompa-10	2	2,335	34.372.974
11	Pompa-11	2	5,837	85.932.434
12	Pompa-12	2	5,837	85.932.434
13	Pompa-13	2	3,502	51.559.460
14	Pompa-14	2	16,809	247.485.410
15	Pompa-15	2	16,809	247.485.410
16	Pompa-16	2	2,335	34.372.974
17	Pompa-17	2	2,335	34.372.974
18	Pompa-18	2	7,704	113.430.813
19	Pompa-19	2	7,704	113.430.813
20	<i>Cooler</i>	1	118,016	1.737.553.816
21	<i>Heater</i>	1	2,218	32.654.325
22	<i>Sand Filter</i>	1	2,722	40.078.887
23	<i>Screener</i>	1	30,934	455.441.900
24	<i>Mixed Bed</i>	1	700	10.311.892
25	Tangki Klorin	1	2,918	42.966.217
26	Tangki Air Bersih	1	23,346	343.729.736
27	Tangki <i>Service Water</i>	1	6,304	92.807.029
28	Tangki Alum	1	3,502	51.559.460
29	Tangki HCl	1	1,868	27.498.379
30	Tangki <i>Dowtherm</i>	2	851,912	12.542.698.074
31	Tangki Air Proses	1	40,156	591.215.146
32	Tangki Kaporit	1	2,463	36.263.487
33	Tangki NaOH	1	2,568	37.810.271
34	Bak Air pendingin	1	22,100	325.374.568
35	Bak Sedimentasi	1	33,001	485.879.169
36	Bak Penggumpal	1	22,546	331.939.806
37	Bak Pengendap 1	1	33,001	485.879.169
38	Bak Pengendap 2	1	33,001	485.879.169
39	Bak Sementara	1	22,546	331.939.806
40	<i>Cooling Tower-01</i>	1	106,366	1.566.032.678
41	<i>Cooling Tower-02</i>	1	169,507	2.495.649.750

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produktif dan untuk pengoperasiannya. *Capital Investment* terdiri dari :

1. Modal investasi tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah modal yang diperlukan untuk menyediakan segala peralatan dan fasilitas manufaktur pabrik (Peters dan Timmerhaus, 2004). Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik asam nitrat ini memerlukan rencana *physical plant cost, direct plant cost, fixed capital instrument*. Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada Tabel 6.4-6.5.

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	80.646.750.546	5,479,821
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	20.169.851.217	1,369,955
3	<i>Instalation Cost</i>	13.497.336.193	916,751
4	Pemipaan	44.877.791.637	3,048,141
5	Instrumentasi	20.229.794.979	1,374,026
6	Insulasi	3.142.663.655	213,452
7	Listrik	8.067.940.487	547,982
8	Bangunan	93.864.000.000	6,375,331
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	93.061.500.000	6,320,824
Total		377.590.282.958	25,646,287

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	377.590.282.958	25,646,287
2	<i>Engineering and Constrution</i>	75.518.056.591	5,129,257
Total		453.108.339.550	30,775,544

Tabel 6. 6 *Fixed Capital Investment*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	453.108.339.550	30,775,544
2	<i>Cotractor's fee</i>	45.310.833.955	3,077,554
3	<i>Contingency</i>	45.310.833.955	3,077,554
Total		543.730.007.658	36,930,653

2. Modal Kerja/*Working Capital Investment* (WCI) adalah biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama kurun waktu tertentu secara normal (Peters dan Timmerhaus, 2004). *Working Capital Investment* dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	6.420.725.204	436,101
2	<i>Inproses Onventory</i>	25.015.865.983	1,699,101
3	<i>Product Inventory</i>	50.031.731.967	3,398,202
4	<i>Extended Credit</i>	69.331.945.454	4,709,091
5	<i>Available Cash</i>	150.095.195.903	10,194,606
Total		300.895.464.514	20,437,102

6.4.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing Cost* merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk. *Manufacturing cost* berdasarkan Aries & Newton terdiri dari :

1. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct Manufacturing Cost (DMC) adalah biaya pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam operasional pabrik. *Direct manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.8

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	211.883.931.734	14,391,355
2	<i>Labor Cost</i>	17.832.000.000	1,211,166
3	<i>Supervisory Cost</i>	4.458.000.000	302,792
4	<i>Maintenance Cost</i>	38.061.100.522	2,585,145
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	5.709.165.078	387,771
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	114.397.710.000	7,770,000
7	<i>Utilities Cost</i>	1.049.549.436.633	71,286,384
Total		1.441.891.343.969	97,934,615

2. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang tidak langsung berhubungan dengan operasional pabrik. *Indirect manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.566.400.000	242,233
2	<i>Laboratory</i>	3.566.400.000	242,233
3	<i>Plant Overhead</i>	16.940.400.000	1,150,608
4	<i>Packaging and Shipping</i>	114.397.710.000	7,770,000
Total		138.470.910.000	9,405,074

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan *initial fixed capital investment*. Biaya ini selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Sehingga, biaya ini bersifat tetap dan selalu sama, tidak bergantung waktu dan tingkat produksi. *Fixed manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	54.373.000.746	3,693,065
2	<i>Property taxes</i>	10.874.600.149	738,613
3	<i>Insurance</i>	5.437.300.075	369,306
Total		70.684.900.969	4,800,984

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	1.441.891.343.969	97,934,615
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	138.470.910.000	9,405,074
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	70.684.900.969	4,800,984
Total		1.651.047.154.939	112,140,674

6.4.3 General Expense

General Expense biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

General expense dapat dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6. 12 *General Expense*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	49.531.414.648	3,364,220
2	<i>Sales Expense</i>	247.657.073.240	16,821,101
3	<i>Research</i>	57.786.650.422	3,924,923
4	<i>Finance</i>	16.892.509.439	1,147,355
Total		371.867.647.751	25,257,600

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost</i>	1.651.047.154.939	112,140,674
2	<i>General Expenses</i>	371.867.647.751	25,257,600
Total		2.022.914.802.690	137,398,274

6.5 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan	: Rp2.287.954.200.000
Total Biaya Produksi	: Rp2.022.914.802.690
Keuntungan	: Rp265.039.397.309

2. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak	: 25% x Rp265.039.397.309
	: Rp66.259.849.327
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak - pajak
	: Rp198.779.547.981

6.6 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui kelayakan sebuah pabrik dapat dilihat dari profitabilitas atau keuntungan yang diperoleh. Jika profitabilitasnya tinggi maka pabrik memiliki potensi untuk dibangun. Untuk menganalisa apakah pabrik tersebut berpotensi atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisis atau evaluasi kelayakan. Berikut beberapa cara analisis kelayakan antara lain :

6.6.1 Return on Investment

Return On Investment merupakan rasio profitabilitas atau keuntungan yang didapatkan dari hasil investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries dan Newton, 1955). Persamaan untuk menghitung ROI adalah sebagai berikut:

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.3)$$

1. ROI Sebelum Pajak (ROI b)

$$ROI b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$ROI b = \frac{\text{Rp}265.039.397.309}{\text{Rp}543.730.007.658} \times 100\% = 48,74\%$$

2. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI a = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$ROI a = \frac{\text{Rp}198.779.547.981}{\text{Rp}543.730.007.658} \times 100\% = 36,55\%$$

6.6.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time merupakan angka yang menunjukkan berapa lama waktu pengembalian modal dengan membandingkan besar total modal investasi dengan penghasilan bersih setiap tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries dan Newton, 1955). Persamaan untuk menghitung POT adalah sebagai berikut

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi})} \quad (6.4)$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT b = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi})}$$

$$POT b = \frac{\text{Rp}543.730.007.658}{(\text{Rp}265.039.397.309 + \text{Rp}54.373.000.746)}$$
$$= 1,7 \text{ tahun}$$

2. POT setelah pajak (POT a)

$$POT\ b = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Keuntungan + Depresiasi)}$$

$$POT\ b = \frac{Rp543.730.007.658}{(Rp198.779.547.981 + Rp54.373.000.746)}$$
$$= 2,1\ tahun$$

6.6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah suatu titik dimana pengeluaran dan pendapatan seimbang. Dengan *Break Even Point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%. Pabrik akan untung jika beroperasi diatas BEP, dan akan rugi jika beroperasi dibawah BEP. Persamaan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.3)$$

Keterangan :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6. 14 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	54.373.000.746	3,693,065
2	<i>Property taxes</i>	10.874.600.149	738,613
3	<i>Insurance</i>	5.437.300.075	369,306
Total		70.684.900.969	4,800,984

Tabel 6. 15 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	17.832.000.000	1,211,166
2	<i>Payroll Overhead</i>	3.566.400.000	242,233
3	<i>Supervision</i>	4.458.000.000	302,792
4	<i>Plant Overhead</i>	16.940.400.000	1,150.608
5	Laboratorium	3.566.400.000	242,233
6	<i>General Expense</i>	371.867.647.751	25,257,600
7	<i>Maintenance</i>	38.061.100.522	2,585,145
8	<i>Plant Supplies</i>	5.709.165.078	387,692
Total		462.001.113.352	31,379,549

Tabel 6. 16 *Annual Variable Value (Va)*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	211.883.931.734	14,391,356
2	<i>Packaging and Shipping</i>	114.397.710.000	7,770,000
3	<i>Utilities</i>	1.049.549.436.633	71,286,384
4	<i>Royalty & Patent</i>	114.397.710.000	7,770,000
Total		1.490.228.788.368	101,217,740

Tabel 6. 17 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	2.287.954.200.000	155.400.000
Total		2.287.954.200.000	155.400.000

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel. 6.14 – 6.17, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.3)$$

$$BEP = \frac{(Rp70.684.900.969 + 0,3 \cdot Rp462.001.113.352)}{(Rp2.287.954.200.000 - Rp1.490.228.788.368 - 0,7 \cdot Rp462.001.113.352)} \times 100\%$$

$$BEP = 44,12\%$$

6.6.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah tingkat produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Persamaan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut.

$$SDP = \frac{0,3Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.4)$$

Keterangan :

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

$$SDP = \frac{0,3 \cdot Rp462.001.113.352}{(Rp2.287.954.200.000 - Rp1.490.228.788.368 - 0,7 \cdot Rp462.001.113.352)} \times 100\%$$

$$SDP = 29,22\%$$

6.6.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCDR)

Discounted Cash Flow of Return merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut.

$$(FCI + WCI)(1 + i)^n = [((1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i)^{n-10}) \cdot CF] + (SV + WCI)$$

Keterangan :

FCI = *Fixed Capital Investment*

WCI = *Working Capital Investment*

SV = *Salvage Value = Depreciation*

CF = *Cash Flow = Profit After Taxes + Depreciation + Finance*

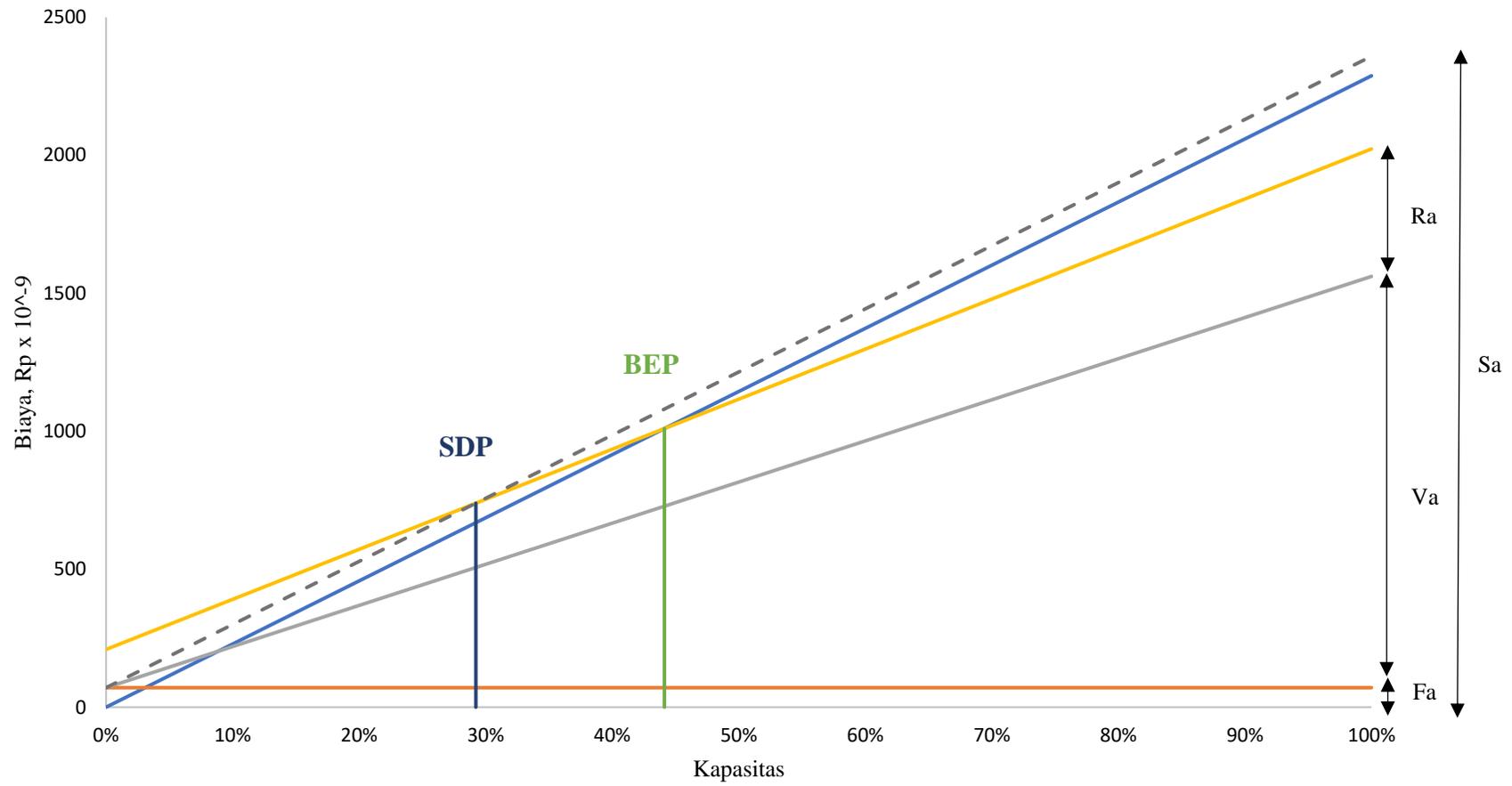
n = Umur Pabrik = 10 Tahun

i = Nilai DCFR

Sehingga dengan *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR, diperoleh nilai

DCFR adalah :

DCFR = 32,31%



Gambar 6. 2 Grafik analisa ekonomi

6.7 Risiko Pabrik

Tabel 6. 18 Risiko pabrik

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu : 850°C		√
		Tekanan : 6 atm		√
2	Bahan baku yang digunakan			
	Amonia (NH ₃)	Toksistas : <i>toxic by inhalation</i>		√
		<i>Flamability</i> : gas mudah terbakar		√
		Stabilitas : bereaksi dengan air membentuk alkalis korosif		√
		<i>Explosion Limits</i> : lower 14,8%		√
	Udara	Toksistas : -		
		<i>Flamability</i> : gas tidak mudah terbakar	√	
Stabilitas : stabil		√		
	<i>Explosion Limits</i> : lower 4,6%	√		
3	Sifat produk yang dihasilkan			
	Asam Nitrat (HNO ₃)	Toksistas : <i>irritant</i>		√
		<i>Flamability</i> : gas tidak mudah terbakar	√	
		Stabilitas : bereaksi dengan O ₂ membentuk panas, dan gas yang <i>toxic</i> , korosif, mudah terbakar		√
<i>Explosion Limits</i> : -				
	Regulasi Pemerintah	PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR P.17/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 TENTANG BAKU MUTU EMISI BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN INDUSTRI PUPUK DAN INDUSTRI AMONIUM NITRAT		√

		Menetapkan Baku Mutu Emisi atau Nilai Ambang Batas (NAB) Untuk : NO _x gas = 600 mg/Nm ³		
5	Keberadaan Pabrik	Hanya terdapat 1 pabrik Asam Nitrat yang didirikan di Indonesia, yaitu: PT. Multi Nitrotama Kimia		√

Dapat dilihat pada Tabel 6. 18, maka pabrik Asam Nitrat dapat dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko tinggi (*high risk*).

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan prarancangan pabrik asam nitrat dari *ammonia* dan udara (oksigen) ini adalah sebagai berikut :

1. Pabrik asam nitrat dari *ammonia* dan udara (oksigen) ini didirikan memiliki kapasitas 37.000 ton/tahun dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap impor, membantu memperbaiki perekonomian negara, mendorong berdirinya industry hilir menggunakan bahan baku asam nitrat dan menyediakan lapangan pekerjaan.
2. Pabrik asam nitrat ini tergolong sebagai pabrik berisiko tinggi berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat – sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah.
3. Pabrik asam nitrat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Dengan luas tanah keseluruhan 26589 m² dan luas bangunan 19555 m². Jumlah karyawan 156 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
4. Bahan baku *ammonia* diperoleh dari PT Petrokimia Gresik
5. Pabrik asam nitrat dengan kapasitas 37.000 ton/tahun ini membutuhkan utilitas berupa :

- a. *Dowtherm A* sebanyak 45917,489 kg/jam
 - b. Air Pendingin sebanyak 34819,668 kg/jam
 - c. Bahan bakar sebanyak 539,721 L/jam
 - d. Udara Tekan sebanyak 18,691 m³/jam
 - e. Listrik sebanyak 471,922 kWh
6. Berdasarkan analisis ekonomi, maka didapatkan hasil sebagai berikut :
- a. Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp265.039.397.309.
Keuntungan setelah pajak sebesar Rp198.779.547.981.
 - b. *Return of Investment* (ROI)
Presentasi *Return of Investment* ROI sebelum pajak sebesar 48,74% dan ROI setelah pajak sebesar 36,55%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi adalah diatas 44 %.
 - c. *Pay Out Time* (POT)
Pay Out Time POT sebelum pajak selama 1,7 tahun dan POT setelah pajak selama 2,1 Syarat POT sebelum pajak pabrik kimia dengan resiko tinggi adalah maksimal 2 tahun.
 - d. *Break Even Point* (BEP)
Break Even Point (BEP) yang didapatkan sebesar 44,12% BEP untuk pabrik kimia umumnya adalah 40%-60%.
 - e. *Shut Down Point* (SDP)
Shut Down Point (SDP) yang didapatkan sebesar 29,22% SDP untuk pabrik kimia umumnya diatas 20%

f. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 32,31%. Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga simpanan bank yaitu sekitar 1,5x suku bunga simpanan bank.

Dari hasil analisis ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik asam nitrat dari *ammonia* dan udara dengan kapasitas 37.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep – konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimi diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk asam nitrat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D. (1955). Chemical Engineering Cost Estimation. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R. (1978). Unit Operation. Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., (1959), Process Equipment Design, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Chenier, Philip J. (1987). Survey of Industrial Chemistry, 45-57. John Wiley & Sons, New York.
- Coulson, J.M., (1983). "Chemical Engineering", Auckland, Mc. Graw Hill, International Student Edition, Singapore.
- Haga Bahan, www.indonesian.alibaba.com diakses pada tanggal 9 Agustus 2022
- Harga Alat, www.matche.com, diakses pada 10 Agustus 2022
- Howard F. Rase, Chemical reactor design for process plants, Case studies and design data, University of Texas at Austin.
- Indeks harga www.chemengonline.com/pci diakses pada tanggal 10 Agustus 2022
- Kern, D. Q., (1950). Process heat transfer (Vol. 5). New York: McGraw-Hill.
- Martin, M. (2016). Industrial Chemical Process Analysis and Design. Elsevier.
- NurSulihatimarsyila, A. W., Chuah, T. G., Choong, T. S., & Thayananthan, B. (2005). Estimation of Platinum Gauzes Catalyst for Ammonia Oxidation in Nitric Acid Production. The Institution of Engineers Malaysia, 66(4), 61-64.

- Perry, R.H, & Green, D.W. (1984). Perry's Chemical Engineers Handbook (7th ed.).
JoMcGraw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant design and economics for
chemical engineers (4th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Peters, M. S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West (2004). Plant design and
economics for chemical engineers (5th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc.,
New York.
- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. Introduction to Chemical Engineering
Thermodynamics. New York: McGraw-Hill, 1959.
- US Patent. (2015). No 9,199,849 B2. Process For Producing Nitric Acid. United
States Patent.
- Wallas. S.M. (1988). Chemical Process Equipment. Butterworth
Publishers, Stoneham USA.
- Yaws, C. L., (1999). Chemical In Properties. New York: McGraw-Hill Book
Company



LAMPIRAN A

LAMPIRAN A

REAKTOR (R-01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara gas amonia (NH_3) dan udara (O_2) menghasilkan nitrogen oksida (NO)

Jenis : *Fixed Bed Multitube Reactor*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan, atm : 6 atm
- b. Temperatur, °C : 850
- c. Reaksi : Eksotermis

Tujuan Perancangan :

- A. Menentukan jenis reaktor/
- B. Menghitung neraca massa
- C. Perancangan reaktor

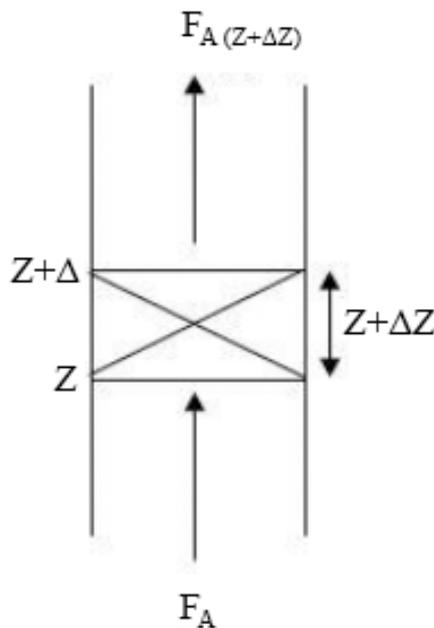
A. Alasan Pemilihan

1. Reaksi berjalan pada fase padat dengan katalis padat
2. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar dagar pendingin berlangsung secara optimal.
3. *Pressure drop* lebih kecil pada reaktor *Fixed Bed* daripada *Fluidized Bed*.
4. Pengendalian temperatur relatif lebih mudah karena menggunakan *Shell & Tube*.

B. Neraca Massa Komponen

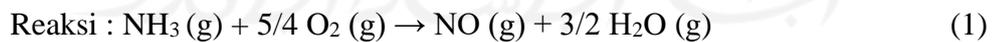
Tabel 1. Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
NO	0	2339,055
NH ₃	1380,692	55,227
O ₂	4912,015	1793,275
N ₂	16168,719	16168,718
H ₂ O	6,938	2112,087
Total	22468,364	22468,364



Gambar 1. Persamaan Neraca Massa Pada Satu Tube

Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



Persamaan neraca massa di dalam reaktor :

(Rate input) – (Rate Output) + (Rate of Generation) = (Rate of Accumulation)

$$G \cdot y_{A(z)} - G \cdot y_{A(z+\Delta z)} - (-r_A) \cdot M_F \cdot \Delta z = 0 \quad (2)$$

$$G \cdot y_{A(z)} - G \cdot y_{A(z+\Delta z)} = (-r_A) \cdot M_F \cdot \Delta z \quad (3)$$

Persamaan (3) dibagi Δz di kedua ruas, menjadi :

$$\frac{G \cdot y_{A(z)} - G \cdot y_{A(z+\Delta z)}}{\Delta z} = (-r_A) \cdot M_F \quad (4)$$

Persamaan (4) dilimitkan dengan Δz mendekati 0, menjadi :

$$-\frac{d(G \cdot y_A)}{dz} = (-r_A) \cdot M_F \quad (5)$$

$$-G \frac{dy_A}{dz} = (-r_A) \cdot M_F \quad (6)$$

$$-\frac{G}{M_F} \frac{dy_A}{dz} = (-r_A) \quad (7)$$

Dimana :

$$y_A = y_{A0} (1 - x_A)$$

$$= y_{A0} - y_{A0} x_A$$

$$dy_A = -y_{A0} dx_A$$

Persamaan (7) menjadi :

$$\frac{G}{M_F} \frac{d(y_{A0} x_A)}{dz} = (-r_A) \quad (8)$$

$$\frac{G y_{A0}}{M_F} \frac{dx_A}{(-r_A)} = dz \quad (9)$$

$$\frac{G y_{A0}}{M_F} \int_0^{0,96} \frac{dx_A}{(-r_A)} = \int_0^z dz \quad (10)$$

Keterangan :

G = Laju alir massa gas ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{det}$)

$(-r_A)$ = Kecepatan reaksi ($\text{mol}/\text{det} \cdot \text{cm}^3$)

$$k_{gA}^s \cdot a_{WR} \cdot P_A \quad (\text{Rase, 1977})$$

M_F = Berat molekul campuran (g/mol)

z = Panjang *shell* dihitung dari atas (cm)

- P_A = Tekanan parsial NH_3 (atm)
 x_A = Konversi reaksi
 k_{gA}^s = Koefisien transfer massa ($\text{mol}/\text{cm}^2 \cdot \text{det} \cdot \text{atm}$)
 a_{WR} = luas permukaan per unit volume (cm^2/cm^3)

C. Neraca Energi Komponen

Persamaan neraca energi di dalam reaktor :

$$\begin{aligned}
 &(\text{Rate of Heat Input}) - (\text{Rate of Heat Output}) + (\text{Rate of Heat Reaction}) + \\
 &(\text{Rate of Heat Generation}) = (\text{Rate of Accumulation})
 \end{aligned}$$

$$\text{Rate of Heat Input} = \int_{T_{ref}}^{T_0} F_i C_{Pi} dT$$

$$\text{Rate of Heat Output} = \int_{T_{ref}}^T F_i C_{Pi} dT$$

$$\text{Rate of Reaction} = \Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx$$

$$\text{Rate of Heat Generation} = Q_S$$

Persamaan menjadi

$$\int_{T_{ref}}^{T_0} \sum F_i C_{Pi} dT - \int_{T_{ref}}^T \sum F_i C_{Pi} dT - \Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx + Q_S = 0 \quad (11)$$

$$\int_{T_0}^T \sum F_i C_{Pi} dT - \Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx + Q_S = 0 \quad (12)$$

$$\sum F_i C_{Pi} dT - \Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx + Q_S = 0 \quad (13)$$

$$\sum F_i C_{Pi} dT = \Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx - Q_S \quad (14)$$

$$dT = \frac{\Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx}{\sum F_i C_{Pi}} \quad (\text{diasumsikan adiabatik dalam perancangan reaktor}) \quad (15)$$

$$T = T_0 - \frac{\Delta(H_R) \cdot F_{A0} dx}{\sum F_i C_{Pi}} \quad (16)$$

D. Perancangan Reaktor

1. Spesifikasi Katalis

Katalis yang digunakan *Platinum-Rhodium* (Pt-Rh) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Bentuk : *Gauze*
- Diameter, mm : 0,076
- Porositas : 0,806

2. Data Kondisi Operasi

$$Q \text{ pendingin} = 17364459173 \text{ J/jam} = 16458329,6 \text{ BTU/jam}$$

Fluida Panas (Gas Produk)

$$T1 = 850^{\circ}\text{C} = 1123,15 \text{ K} = 1562^{\circ}\text{F}$$

$$T2 = 850^{\circ}\text{C} = 1123,15 \text{ K} = 1562^{\circ}\text{F}$$

$$W = 22468,364 \text{ kg/jam} = 49534,267 \text{ lb/jam}$$

Fluida Dingin (Dowterm A)

$$t1 = 30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K} = 86^{\circ}\text{F}$$

$$t2 = 400^{\circ}\text{C} = 673,15 \text{ K} = 752^{\circ}\text{F}$$

$$W = 11344,429 \text{ kg/jam} = 25010,186 \text{ lb/jam}$$

Menghitung *True Temperature Difference* Δt

Tabel 2. *True Temperature Difference*

Fluida Panas (F)	Suhu	Fluida Dingin
1562	(T1) Suhu Tinggi (t2)	752
1562	(T2) Suhu Rendah (t1)	86

$$\Delta t = LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} \quad (17)$$

$$LMTD = 1109,895^\circ\text{F}$$

$$LMTD, \quad R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}, \quad S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$R = 0$$

$$S = 0,451$$

$$F_T = 1$$

$$\Delta t = 1109,895^\circ\text{F}$$

$$T_{av} = 1562^\circ\text{F} = 850^\circ\text{C} = 1123,15 \text{ K}$$

$$T_{av} = 419^\circ\text{F} = 215^\circ\text{C} = 488,15 \text{ K}$$

3. Menentukan Jumlah Tumpukan Gauze

Table 3. Neraca Massa Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	xi
NH3	1380,692	81,217	0,099
O2	4912,015	153,500	0,188
N2	16168,719	577,454	0,701
H2O	6,938	0,385	4,743E-04
Total	22468,364	812,557	1

a. Menentukan Cross Sectional Area

Menurut Rase H. F (1977), pada kapasitas 100 ton HNO₃ 100% perhari dengan ukuran gauze 80 mesh dan $dw = 0,003$ in, didapat

$$\text{Cross sectional area} : 2,7547 \text{ ft}^2$$

$$\text{Untuk kapasitas perancangan} = 37000 \text{ ton/tahun}$$

$$= 112,212 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Cross sectional area} = 2,7547 \cdot \frac{112,212}{100}$$

$$= 3,088 \text{ ft}^2$$

$$= 2869,406 \text{ cm}^2$$

b. Menentukan fluks massa umpan reaktor (G) :

$$G = \frac{\text{Umpan masuk reaktor}}{\text{Cross sectional area}} \quad (18)$$

$$G = \frac{22468,364 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{2869,406 \text{ cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$G = 2,175 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{det}$$

Untuk menentukan nilai M_F , a_{WR} , f_w serta porositas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut (Rase, 1977) :

a. Menentukan nilai M_F

Jika y_{A0} merupakan fraksi mol ammonia pada umpan masuk, maka harga M_F dapat dihitung sebagai berikut (Rase, 1977) :

$$\begin{aligned} M_F &= (32)(0,21)(1-y_{A0}) + (28,01)(0,79)(1-y_{A0}) + 17,03y_{A0} \quad (19) \\ &= 28,85 + 11,82 y_{A0} \\ &= 28,85 + 11,82(0,099) \\ &= 27,666 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

b. Menentukan nilai a_{WR}

$$a_{WR} = \pi \cdot l_w \cdot n_w^2 \quad (20)$$

dimana :

$$d_w = \text{diameter kawat} = 0,003 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} l_w &= \left[\left(\frac{1}{n_w} \right)^2 + d_w^2 \right]^{0,5} \quad (21) \\ &= \left[\left(\frac{1}{80} \right)^2 + 0,003^2 \right]^{0,5} \end{aligned}$$

$$= 0,012$$

n_w = ukuran mesh gauze = 80 mesh

$$\begin{aligned} a_{WR} &= \pi \cdot 0,012 \cdot 80^2 \\ &= 258,568 \text{ in}^{-1} \end{aligned}$$

c. Menentukan nilai f_w

$$\begin{aligned} f_w &= a_{WR} \cdot 2 \cdot d_w \\ &= 258,568 \cdot 2 \cdot 0,003 \\ &= 1,551 \end{aligned} \tag{22}$$

d. Menentukan nilai porositas *gauze*

$$\begin{aligned} \varepsilon_w &= 1 - \frac{a_{WR} d_w}{4} \\ \varepsilon_w &= 1 - \frac{258,568 \cdot 0,003}{4} \\ \varepsilon_w &= 0,806 \end{aligned} \tag{23}$$

Penentuan sifat – sifat fisis dapat didekati dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut (Rase, 1977)

a. Menentukan difusitas amonia

$$\begin{aligned} \partial_A &= 0,227 \cdot \left(\frac{T}{293}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{1}{P}\right) \\ \partial_A &= 0,227 \cdot \left(\frac{1123,15}{293}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{1}{6}\right) \\ \partial_A &= 0,283 \text{ cm}^2/\text{s} \end{aligned} \tag{24}$$

b. Menentukan densitas fluida didekati dengan persamaan gas ideal :

$$\rho \text{ fluida} = \frac{M_F \cdot P}{R \cdot T} \tag{25}$$

dimana ;

$$R = 82,06 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}$$

$$\rho \text{ fluida} = \frac{27,666 \cdot 6}{82,06 \cdot 1123,15}$$

$$\rho \text{ fluida} = 1,801E-03 \text{ g/cm}^3$$

c. Menentukan viskositas fluida

$$\mu \text{ fluida} = (12,5 + 0,0292(T)) \cdot 10^{-5} \quad (26)$$

$$\mu \text{ fluida} = (12,5 + 0,0292(1123,15)) \cdot 10^{-5}$$

$$\mu \text{ fluida} = 4,529E-04 \text{ g/cm.s}$$

d. Menentukan bilangan *Reynold* (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{d_w \cdot 2,54 \cdot G}{\epsilon_w \cdot \mu \text{ fluida}} \quad (27)$$

$$N_{Re} = \frac{0,003 \cdot 2,54 \cdot 2,175}{0,806 \cdot 4,529E-04}$$

$$N_{Re} = 45,393$$

e. Menentukan bilangan *Schmidt* (N_{Sc})

$$N_{Sc} = \frac{\mu \text{ fluida}}{\rho \text{ fluida} \cdot \partial_A} \quad (28)$$

$$N_{Sc} = \frac{4,529E-04}{1,801E-03 \cdot 0,283}$$

$$N_{Sc} = 0,885$$

f. Menentukan nilai k_{Ga}^s

$$k_{Ga}^s = \frac{0,864 \cdot N_{Re}^{-0,648} \cdot G}{PN_{Sc}^{\frac{2}{3}} M_F \epsilon_w} \quad (29)$$

$$k_{Ga}^s = \frac{0,864 \cdot 45,393^{-0,648} \cdot 2,175}{6 \cdot 0,885^{\frac{2}{3}} \cdot 27,666 \cdot 0,806}$$

$$k_{Ga}^s = 1,286E-03$$

Maka dapat diperoleh jumlah tumpukan *gauze* (n_s) menggunakan persamaan berikut (Rase, 1977) :

$$n_s = \frac{\ln(1-x_A)}{-\frac{M_F}{G} \cdot k_{gA}^s \cdot P \cdot f_w} \quad (30)$$

$$n_s = \frac{\ln(1-0,96)}{-\frac{27,666}{2,175} \cdot 1,286E-03 \cdot 6 \cdot 0,806}$$

$$n_s = 21,131 = 22 \text{ buah}$$

Untuk ketebalan *gauze* dapat dihitung

$$\begin{aligned} \text{Tebal 1 } gauze &= 2 \cdot d_w \\ &= 2 \cdot 0,003 \\ &= 0,006 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal 22 } gauze &= 22 \cdot 0,006 \\ &= 0,132 \text{ in} \\ &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

Lalu menghitung berat total *gauze*

$$\text{Berat 80 mesh} = 1,71 \text{ troy oz/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 } gauze &= 1,71 \cdot 3,088 \\ &= 5,281 \text{ troy oz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 22 } gauze &= 5,281 \cdot 22 \\ &= 116,193 \text{ troy oz} \\ &= 3,614 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh jumlah tumpukan *gauze* dalam reaktor adalah 22 buah dengan berat total *gauze* sebesar 3,614 kg.

4. Data – Data Fisis Bahan

a. Menentukan Viskositas Gas Campuran

Untuk menghitung viskositas gas menggunakan persamaan Yaws (1999), sebagai berikut :

$$\mu = A + BT + CT^2 \quad (31)$$

Tabel 4. Viskositas Gas

Komponen	μ , micropoise
NO	45,601
NH ₃	1,557
O ₂	35,891
N ₂	313,326
H ₂ O	59,874

$$\begin{aligned} \mu \text{ gas campuran} &= 456,238 \text{ micropoise} \\ &= 0,110 \text{ lb/ft.jam} \end{aligned}$$

b. Menentukan Densitas Gas Campuran

$$\rho \text{ gas campuran} = \frac{BM \cdot P}{Z \cdot R \cdot T} \quad (32)$$

$$\rho \text{ gas campuran} = \frac{27,003 \cdot 6}{1 \cdot 1,314 \cdot 1123,15}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ gas campuran} &= 0,109 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 1,758 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Menentukan Konduktivitas Termal Gas Campuran

Untuk menghitung konduktivitas termal gas menggunakan persamaan Yaws (1999), sebagai berikut :

$$k_{\text{gas}} = A + BT + CT^2 \quad (33)$$

Table 5. Konduktivitas Termal

Komponen	k_{gas} , W/m.K
NO	7,353E-03
NH ₃	8,497E-04
O ₂	5,465E-03
N ₂	5,169E-02
H ₂ O	1,635E-02

$$k_{\text{gas}} \text{ campuran} = 8,170\text{E-}02 \text{ W/m.K}$$

d. Menentukan Kapasitas Panas Gas Campuran

Untuk menghitung kapasitas panas gas menggunakan persamaan

Yaws (1999), sebagai berikut :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 \quad (34)$$

Tabel 6. Kapasitas Panas

Komponen	C_p , J/mol.K
NO	7,353E-03
NH ₃	8,497E-04
O ₂	5,465E-03
N ₂	5,169E-02
H ₂ O	1,635E-02

$$C_p \text{ gas campuran} = 31,655 \text{ J/mol.K}$$

$$= 1,243 \text{ kJ/kg.K}$$

5. Menghitung Luas Penampang Panas (A)

Nilai U_D dan dimensi tube ditrial hingga didapatkan R_d hitung $\geq R_d$ total,

dimana : $R_d \text{ total} = R_d \text{ inside} + R_d \text{ outside}$. Nilai R_{di} dan R_{do} didapatkan

dari table Tabel 12 Kern Hal. 845, $R_{do} = \text{Dowtherm A (organic liquid)}$,

$R_{di} = \text{produk (gas)}$.

$$R_{do} = 0,001 \text{ BTU/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$R_{di} = 0,0005 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{°F}$$

$$R_{d \text{ total}} = 0,0015 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{°F}$$

Berdasarkan Tabel 9, Vannes Hal. 840 diketahui nilai U_D untuk fluida panas dan fluida dingin berupa *gas-downtherm* adalah 40 – 75 BTU/jam.ft².°F, diasumsikan :

$$U_D = 50 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{°F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta t} \tag{35}$$

$$A = \frac{16458329,6}{50 \cdot 1109,895}$$

$$A = 296,574 \text{ ft}^2$$

Karna $A \geq 200 \text{ ft}^2$ maka digunakan *shell and tube*.

6. Spesifikasi Tube

Dari Tabel 10, Kern Hal. 843 dipilih data *tube* sebagai berikut :

Tabel 7. Data Spesifikasi Tube

<i>Tube Length</i>	12	ft
<i>Outside Diameter Tube (ODt)</i>	1 ½	in
<i>Inside Diameter Tube (IDt)</i>	1,17	in
<i>Birmingham Wire Gage (BWG)</i>	8	
<i>Flow Area (a')</i>	1.075	in ²
<i>Surface Outside (a'')</i>	0,3825	ft ²
<i>Tube Count (N_t)</i>	$N_t = \frac{A}{L \cdot a''}$	63
<i>Nt standard</i>	74	
<i>Tube Pitch (Pt)</i>	1 7/8	in
<i>Passes (nt)</i>	2	

7. Spesifikasi Shell

Dari Tabel 10, Kern Hal. 843 dipilih data *shell* sebagai berikut :

Shell Diameter (IDs)		23 ¼	in
Passes (ns)		1	
Clearance (C)	$C = P_t - OD_t$	3/8	in
Distance Between Baffles (B)	$B = 60\% \cdot IDs$	13,950	in

8. Menghitung U_D Correction (Design Overall Coefficient)

$$U_{D \text{ koreksi}} = \frac{N_t}{N_{t \text{ standart}}} \cdot U_{D \text{ trial}} \quad (36)$$

$$U_{D \text{ koreksi}} = \frac{63}{74} \cdot 50$$

$$U_{D \text{ koreksi}} = 42,545 \text{ BTU/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

9. Menghitung Nilai h_{i0} dan h_o pada Tube

a. Flow Area Tube (a_t)

$$a_t = \frac{N_{t \text{ standart}} \cdot a'}{144 \cdot n_t} \quad (37)$$

$$a_t = \frac{74 \cdot 1,075}{144 \cdot 2}$$

$$a_t = 0,276 \text{ ft}^2$$

b. Mass Velocity (G_t)

$$G_t = \frac{W_t}{a_t} \quad (38)$$

$$G_t = \frac{22468,364 \cdot 2,20462}{0,276}$$

$$G_t = 179332,098 \text{ lb/jam.ft}^2$$

c. Densitas Gas Campuran (ρ)

$$\rho \text{ gas campuran} = 0,109 \text{ lb/ft}^3$$

$$=1,758 \text{ kg/m}^3$$

d. *Linear Velocity* (V)

$$V = \frac{G_t}{3600 \times \rho} \quad (39)$$

$$V = \frac{179332,098}{3600 \times 0,109}$$

$$V = 453,896 \text{ ft/s}$$

e. *Viskositas Gas Campuran* (μ)

$$\mu \text{ gas campuran} = 456,238 \text{ micropoise}$$

$$= 0,110 \text{ lb/ft.jam}$$

f. *Reynold Number* (Re)

$$Re = \frac{IDt \cdot G_t}{\mu \text{ gas campuran}} \quad (40)$$

$$Re = \frac{1,17 \cdot 0,083 \cdot 179332,098}{0,110}$$

$$Re = 158419,864$$

g. *Termal Konduktivitas Gas Campuran* (k_{gas})

$$k_{\text{gas}} \text{ campuran} = 0,082 \text{ W/m.K}$$

$$= 0,047 \text{ BTU/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

h. *Dimensionless Coefficient* (j_H)

$$j_H = \frac{h_i \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14} \quad (41)$$

Nilai *Dimensionless Coefficient* (j_H) didapat dari Fig. 24, Kern Hal

834 yaitu sebesar 350.

i. *Kapasitas Panas Gas Campuran* (C_P)

$$C_P \text{ gas campuran} = 31,655 \text{ J/mol.K}$$

$$= 1,243 \text{ kJ/kg.K}$$

$$= 0,297 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F}$$

Sehingga nilai h_i dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$h_i = j_H X \frac{k}{ID_t} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (42)$$

$$h_i = 350 \times \frac{0,047}{1,17 \cdot 0,083} \cdot \left(\frac{0,297 \cdot 0,110}{0,047} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{0,110}{0,110} \right)^{0,14}$$

$$h_i = 150,146 \text{ BTU/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Setelah mendapatkan nilai h_i , maka nilai h_{io} dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (43)$$

$$h_{io} = 150,146 \cdot \frac{1,17 \cdot 0,083}{2 \cdot 0,083}$$

$$h_{io} = 117,114 \text{ BTU/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

10. Menghitung Nilai h_o pada *Shell*

a. *Flow Area Tube* (a_s)

$$a_t = \frac{ID_s \cdot C \cdot B}{144 \cdot P_t} \quad (44)$$

$$a_t = \frac{23^{1/4} \cdot 3/8 \cdot 13,950}{144 \cdot 17/8}$$

$$a_t = 0,4505 \text{ ft}^2$$

b. *Mass Velocity* (G_s)

$$G_s = \frac{W_s}{a_s} \quad (45)$$

$$G_s = \frac{25010,186 \cdot 2,20462}{0,4505}$$

$$G_s = 55520,359 \text{ lb/jam.ft}^2$$

c. *Densitas Liquid* (ρ)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{liquid}} &= 0,904 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 56,481 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

d. *Linear Velocity* (V)

$$V = \frac{G_s}{3600 \times \rho} \quad (46)$$

$$V = \frac{55520,359}{3600 \times 0,109}$$

$$V = 453,896 \text{ ft/s}$$

e. *Viskositas Liquid* (μ)

$$\begin{aligned}\mu_{\text{liquid}} &= 0,358 \text{ centipoise} \\ &= 0,868 \text{ lb/ft.jam}\end{aligned}$$

f. *Equivalent Diameter* (D_{eq})

Nilai D_{eq} diperoleh dari Fig. 28, Kern Hal. 838, sehingga nilai D_{eq} yaitu 1,48 in = 0,123 ft.

g. *Reynold Number* (Re)

$$Re = \frac{D_{eq} \cdot G_s}{\mu_{\text{liquid}}} \quad (47)$$

$$Re = \frac{0,123 \cdot 55520,359}{0,868}$$

$$Re = 7887,394$$

h. *Termal Konduktivitas Liquid* (k_{liquid})

$$\begin{aligned}k_{\text{liquid}} &= 0,115 \text{ W/m.K} \\ &= 0,066 \text{ BTU/jam.ft.}^\circ\text{F}\end{aligned}$$

i. *Dimensionless Coefficient* (j_H)

$$j_H = \frac{h_i \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14} \quad (48)$$

Nilai *Dimensionless Coefficient* (j_H) didapat dari Fig. 24, Kern Hal 834 yaitu sebesar 50.

j. Kapasitas Panas Liquid (C_P)

$$\begin{aligned} C_P \text{ Liquid} &= 339,146 \text{ J/mol.K} \\ &= 2,049 \text{ kJ/kg.K} \\ &= 0,489 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Sehingga nilai h_o dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$h_i = j_H X \frac{k}{D_{eq}} \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (49)$$

$$h_i = 50 \times \frac{0,066}{0,123} \cdot \left(\frac{0,489 \cdot 0,868}{0,066} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{0,868}{0,868} \right)^{0,14}$$

$$h_i = 75,039 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

11. Menghitung Overall Heat Transfer Coefficient (Clean)

$$U_C = \frac{h_{i_o} \cdot h_o}{h_{i_o} + h_o} \quad (50)$$

$$U_C = \frac{117,114 \cdot 75,039}{117,114 + 75,039}$$

$$U_C = 45,735 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

12. Menghitung Fouling Factor (R_d)

$$R_d = \frac{U_C - U_D}{U_C \cdot U_D} \quad (51)$$

$$R_d = \frac{45,735 - 42,545}{45,735 \cdot 42,545}$$

$$R_d = 1,639\text{E-}03 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

13. Menghitung Dimensi Reaktor

a. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

$$ts = \frac{pr_i}{fE+0,6p} + C \quad (52)$$

Digunakan bahan *Ferritic Stainless Steel Type 430*

Wielded Efficiencie (E) = 0,8

Allowable Stress (f) = 75000 psi

Corrosion Factor (C) = 0,125

P = 6 atm

= 88,174 psi

P 20% *overdesign* = 105,810 psi

Jari – jari *shell (r)* = 11 5/8 in

$ts = \frac{105,810}{75000 \cdot 0,8 + 0,6 \cdot 105,810} + 0,125$

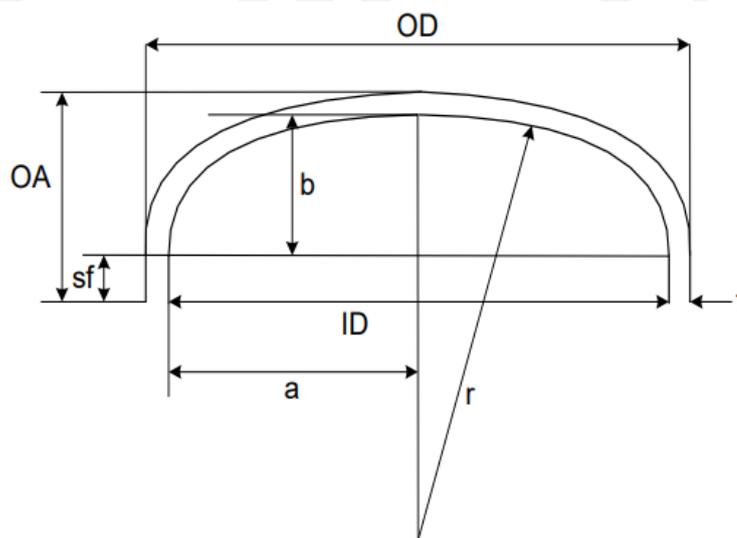
ts = 1/8 in

ts *standart* = 1/4 in

= 0,635 cm

b. Menghitung Tebal Head Reaktor

Bentuk head yang digunakan adalah *Elliptical Dished Head*



Gambar 2. Bentuk Head Reaktor : *Elliptical Dished*

$$th = \frac{pd}{2fE - 0,2p} \quad (52)$$

$$\text{Wielded Efficiency (E)} = 0,8$$

$$\text{Allowable Stress (f)} = 75000 \text{ psi}$$

$$\text{Corrosion Factor (C)} = 0,125$$

$$P = 6 \text{ atm} \\ = 88,174 \text{ psi}$$

$$P \text{ 20\% } \textit{overdesign} = 105,810 \text{ psi}$$

$$IDs = 23 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$th = \frac{105,810 \cdot 23 \frac{1}{4}}{2 \cdot 75000 \cdot 0,8 - 0,2 \cdot 105,810}$$

$$th = 0,020 \text{ in}$$

$$th \textit{ standard} = 3/16 \text{ in}$$

$$= 0,47 \text{ cm}$$

c. Menghitung Diameter Reaktor

$$ODs = IDs + 2 \cdot th \textit{ standard}$$

$$ODs = 23 \frac{1}{4} + 2 \cdot \frac{1}{4}$$

$$ODs = 23 \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$ODs \textit{ standard} = 24 \text{ in}$$

$$= 60,96 \text{ cm}$$

d. Menghitung Tinggi Head Reaktor

Diketahui,

$$ODs = 24 \text{ in}$$

$$th \textit{ standard} = 3/16 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell, Hal. 90 diperoleh,

$$icr = 1 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$r = 24 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID_s}{2}$$

$$a = \frac{23 \frac{1}{4}}{2}$$

$$a = 11 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 11 \frac{5}{8} - 1 \frac{5}{8}$$

$$= 10 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 24 - 1 \frac{5}{8}$$

$$= 22 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= (22 \frac{3}{8}^2 - 10^2)^{1/2}$$

$$= 20 \frac{1}{62} \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 24 - 20 \frac{1}{62}$$

$$= 4 \frac{61}{62}$$

Berdasarkan Tabel 5.6 Brownell Hal. 88, $th = \frac{3}{16}$ maka nilai $sf =$

$1 \frac{1}{2} - 2$ sehingga,

$$Sf = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$Hh = th + b + sf$$

$$= \frac{3}{16} + 4 \frac{61}{62} + 1 \frac{1}{2}$$

$$= 5 \frac{47}{70} \text{ in}$$

$$= 14,405 \text{ cm}$$

$$= 0,144 \text{ m}$$

e. Menghitung Tinggi Reaktor

$$\text{Panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

$$= 3,657 \text{ m}$$

$$\text{HR} = \text{Panjang tube} + (2 \cdot \text{tinggi head reaktor (hH)})$$

$$= 3,657 + (2 \cdot 0,144)$$

$$= 3,945 \text{ m}$$

14. Bahan Isolasi

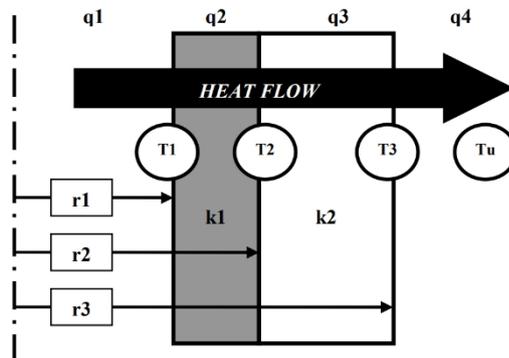
Bahan isolasi yang digunakan yaitu *Kaolin Insulating Brick*. Lalu asumsi

:

- Keadaan *steady state*
- Suhu dinding luar isolator 60°C
- Suhu udara luar 35°C

Spesifikasi *Kaolin Insulating Brick* :

- $T_{\text{operasi maksimal}} = 2102^\circ\text{F}$
- Densitas $= 432,513 \text{ kg/m}^3$
- Konduktivitas $= 0,449 \text{ W/m.K}$
- Emisivitas $= 0,93$



Gambar 3. Desain Isolator

Keterangan :

r_1 = Jari – jari dalam *shell*

r_2 = Jari – jari luar *shell*

r_3 = Jari – jari isolator luar

x_1 = tebal plat dinding *shell*

x_2 = tebal isolator

T_1 = Suhu dinding dalam reaktor

T_2 = Suhu dinding luar reaktor

T_3 = Suhu isolator luar

T_u = Suhu udara luar

q_1 = Panas dari proses dalam reaktor ke dinding dalam reaktor

q_2 = Panas dari dinding dalam ke reaktor ke dinding luar

q_3 = Panas dari dalam dinding isolator ke dinding luar isolator

q_4 = Panas dari plat lapisan luar ke udara

a. Data – Data

$$r_1 = 23 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 0,590 \text{ m}$$

$$r_2 = 24 \text{ in}$$

$$= 0,609 \text{ m}$$

$$T_1 = 850^\circ\text{C}$$

$$= 1123,15 \text{ K}$$

$$T_3 = 60^\circ\text{C}$$

$$= 333,15 \text{ K}$$

$$T_u = 35^\circ\text{C}$$

$$= 308,15 \text{ K}$$

Sifat Fisis Udara (Tabel A-5, Holman Hal. 643)

$$\text{Densitas} = 1,103 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kapasitas Panas} = 1,006 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\text{Viskositas} = 1,941 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinetik} = 1,778\text{E-}5 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Konduktivitas Termal} = 0,02781 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,7035$$

b. Menghitung Tebal Isolasi

1) Menghitung T_f

$$T_f = \frac{T_3 + T_u}{2} \quad (53)$$

$$T_f = \frac{333,15 + 308,15}{2}$$

$$T_f = 313,15 \text{ K}$$

2) Menghitung β

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (54)$$

$$\beta = \frac{1}{313,15}$$

$$\beta = 0,003 \text{ K}^{-1}$$

3) Menghitung Bilangan Grasshof (Gr)

$$\text{Gr} = \frac{g \cdot \beta (T_3 - T_u) L^3}{\nu^2} \quad (55)$$

$$g = 9,807 \text{ m/s}^2$$

$$L = 3,657 \text{ m}$$

$$\text{Gr} = \frac{9,807 \cdot 0,003 (333,15 - 308,15) 3,657^3}{1,778\text{E}-05^2}$$

$$\text{Gr} = 1,183\text{E}+11$$

4) Menghitung Bilangan Nusselt (Nu)

$$\text{Nu} = 0,1((\text{Gr} \cdot \text{Pr}))^{1/3} \quad (56)$$

$$\text{Nu} = 0,1((1,18310^{11} \cdot 0,7035))^{1/3}$$

$$\text{Nu} = 436,597$$

5) Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Konveksi (hc)

$$h_c = \frac{\text{Nu} \cdot k_{ud}}{L} \quad (57)$$

$$h_c = \frac{436,597 \cdot 0,02781}{3,657}$$

$$h_c = 3,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

6) Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Radiasi (hr)

$$h_r = \frac{\epsilon_{is} \cdot \sigma \cdot (T_3^4 - T_u^4)}{(T_3 - T_u)} \quad (58)$$

$$h_r = \frac{0,93 \cdot 5,670\text{E}-08 \cdot (333,15^4 - 308,15^4)}{(333,15 - 308,15)}$$

$$h_r = 6,964 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

7) Menentukan T2 dari neraca panas tiap lapisan

$$q_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot L(T_1 - T_2) \cdot k_s}{\ln(r_2/r_1)} \quad (59)$$

$$q_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot L(T_2 - T_3) \cdot k_s}{\ln(r_3/r_2)} \quad (60)$$

$$q_4 = (h_c + h_r) 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot L(T_3 - T_u) \quad (61)$$

Karena kondisi *steady state*, maka $q_2 = q_3 = q_4$

T2 ditrial hingga nilai $r_3 = r_3'$, diperoleh :

$$T_2 = 1122,981 \text{ K}$$

$$r_3 = \frac{(T_1 - T_2)k_s}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u)\ln(r_2/r_1)} \quad (62)$$

$$r_3 = \frac{(1123 - 1122,981)73}{(3,32 + 6,964)(333,15 - 308,15)\ln(0,609/0,590)}$$

$$r_3 = 1,5113 \text{ m}$$

Untuk $q_2 = q_4$, maka

$$r_3' = \frac{(T_2 - T_3)k_{Is}}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u)\ln(r_3'/r_2)} \quad (63)$$

$$r_3' = \frac{(1122,981 - 333,15)73}{(3,32 + 6,964)(333,15 - 308,15)\ln(1,5113/0,609)}$$

$$r_3' = 1,5113$$

Sehingga diperoleh tebal isolasi :

$$r_3 - r_2 = 1,5113 - 0,609$$

$$= 0,901 \text{ m}$$

$$= 90,1 \text{ cm}$$

15. Nozzle

a. Diameter Saluran Umpan

$$W = 6241,212 \text{ g/s}$$

$$R = 82,06 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$$

$$T = 1123,15 \text{ K}$$

$$P = 6 \text{ atm}$$

$$M_F = 27,666 \text{ g/mol}$$

$$V = \frac{W \cdot R \cdot T}{P \cdot M_F} \quad (64)$$

$$V = \frac{6241,212 \cdot 82,06 \cdot 1123,15}{6 \cdot 27,666}$$

$$V = 3465214,240 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$= 3,465 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan linier gas dalam saluran $v = 15 - 30 \text{ m/detik}$ (Coulson & Richardson, 1983)

$$A = \frac{V}{v} \quad (65)$$

$$A = \frac{3,465}{30}$$

$$A = 0,115 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot A} \quad (66)$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 0,115}$$

$$D = 0,301 \text{ m}$$

$$= 11,860 \text{ in}$$

Berdasarkan Appendix K, Brownell Hal. 390 diperoleh

$$\text{ID standard} = 15,312 \text{ in}$$

$$= 0,388 \text{ m}$$

$$\text{OD standard} = 16 \text{ in}$$

$$= 0,406 \text{ m}$$

$$\text{Nom. Pipe Size} = 16$$

$$\text{Sch Number} = 20$$

$$A \text{ aktual} = 0,118 \text{ m}^2$$

$$v \text{ aktual} = 29,156 \text{ m/s}$$

Nilai v aktual = 29,156 mendekati nilai v tebakal awal 30 m/detik

dan masih dalam kisaran kecepatan linear gas dalam saluran.

b. Diameter Saluran Produk

$$W = 6241,212 \text{ g/s}$$

$$R = 82,06 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$$

$$T = 1123,15 \text{ K}$$

$$P = 6 \text{ atm}$$

$$M_F = 27,003 \text{ g/mol}$$

$$V = \frac{W \cdot R \cdot T}{P \cdot M_F} \quad (67)$$

$$V = \frac{6241,212 \cdot 82,06 \cdot 1123,15}{6 \cdot 27,003}$$

$$V = 3550297,016 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$= 3,550 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan linier gas dalam saluran $v = 15 - 30 \text{ m/detik}$ (Coulson &

Richardson, 1983)

$$A = \frac{V}{v} \quad (68)$$

$$A = \frac{3,550}{30}$$

$$A = 0,118 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot A} \quad (69)$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 0,118}$$

$$D = 0,304 \text{ m}$$

$$= 12,005 \text{ in}$$

Berdasarkan Appendix K, Brownell Hal. 390 diperoleh

$$\text{ID standard} = 15,5 \text{ in}$$

$$= 0,393 \text{ m}$$

$$\text{OD standard} = 16 \text{ in}$$

$$= 0,406 \text{ m}$$

$$\text{Nom. Pipe Size} = 16$$

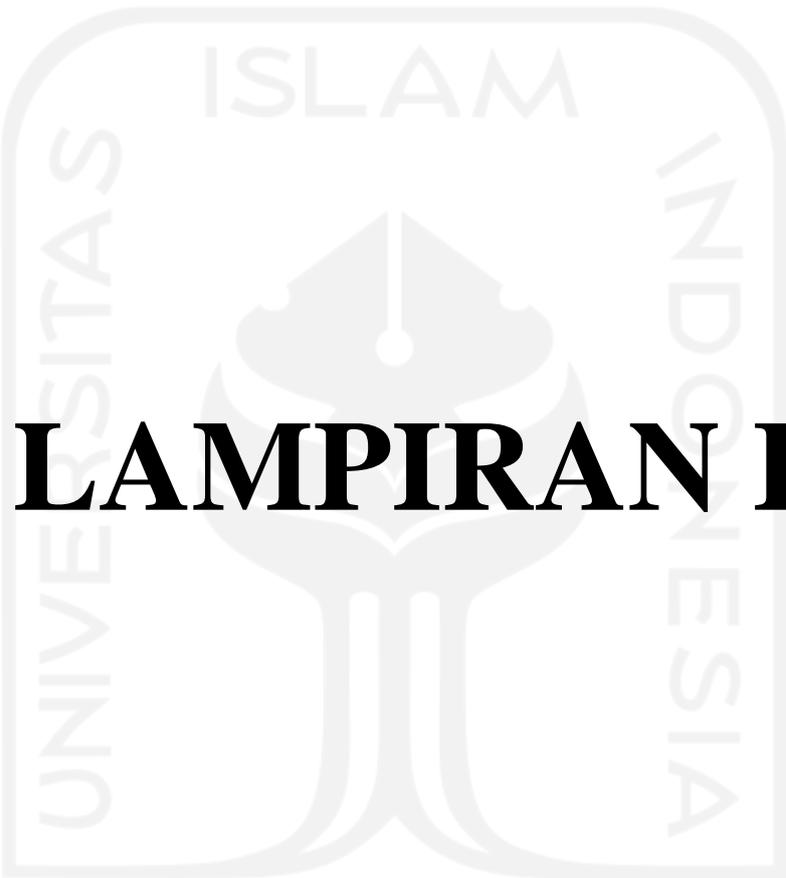
$$\text{Sch Number} = 10$$

$$A \text{ aktual} = 0,118 \text{ m}^2$$

$$v \text{ aktual} = 29,156 \text{ m/s}$$

Nilai v aktual = 29,156 mendekati nilai v tebakal awal 30 m/detik

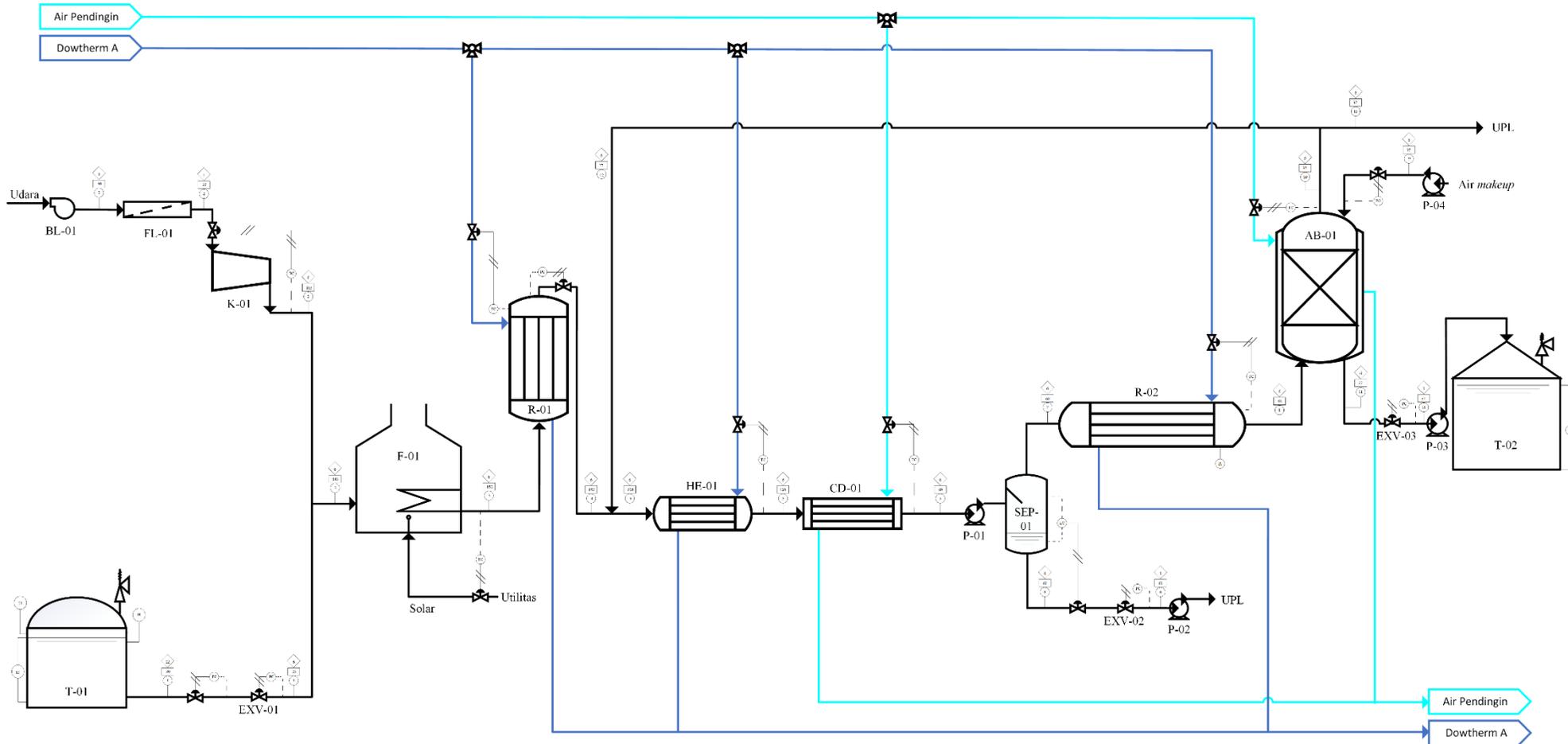
dan masih dalam kisaran kecepatan linear gas dalam saluran.



LAMPIRAN B

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT DARI AMONIA DAN UDARA KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃	1.143,51		1.143,51	45,74	73,63		73,63	73,63		73,63		36,82	36,82
H ₂ O	5,75		5,75	1.749,26	1.749,26	1.749,26					1.494,95		
O ₂		4.068,21	4.068,21	1.485,22	1.773,47		1.773,47	550,92		550,92		275,46	275,46
N ₂		13.391,18	13.391,18	13.391,18	21.557,20		21.557,20	21.557,20		21.557,20		10.778,60	10.778,60
NO				1.937,24	2.339,06		2.339,06	46,78		803,15		401,58	401,58
NO ₂					35,50		35,50	3.550,32		71,01		35,50	35,50
HNO ₃											3.176,77		
H ₂ O make up									1.948,77				
Total	1.149,26	17.459,39	18.608,65	18.608,65	27.528,12	1.749,26	25.778,86	25.778,86	1.948,77	23.055,92	4.671,72	11.527,96	11.527,96

Keterangan			
AB	Absorber	PC	Pressure Control
BL	Blower	PI	Pressure Indicator
CD	Kondensator	R	Reaktor
CP	Kompresor	T	Tangki
EXV	Expansion Valve	TC	Temperature Controller
F	Furnace	TI	Temperature Indicator
FC	Flow Controller	○	Nomor Arus
FL	Filter		Salbu
HE	Heat Exchanger	◇	Tekanan
LC	Level Controller	⊠	Control Valve
LI	Level Indicator	⊠	Sinyal Pneumatic
P	Pompa	- - -	Sinyal Electric

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
102

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT
DARI AMONIA DAN UDARA (OKSIGEN)
DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN
DISUSUN OLEH:

Muti Kevan Hinal Satrio (18521028)
Ayu Nur Widayanti (18521037)

POKOK PEMBAHASAN:

Sholeh Murni S.T., M.T., Ph.D.
Arye Yuhani Dwi Lesman S.T., M.T.

