PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT (HNO_3) DARI AMONIA (NH_3) DAN OKSIGEN (O_2) DENGAN KAPASITAS 54.000 TON/TAHUN

Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-101)

Oleh

JIHAN SALSABILLA

(2055041008)

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

Judul Skripsi	:	**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT (HNO_3) DARI AMONIA (NH_3) DAN OKSIGEN (O_2) DENGAN KAPASITAS 54.000 TON/TAHUN**
Nama Mahasiswa	:	Jihan Salsabilla
No. Pokok Mahasiswa	:	2055041008
Program Studi	:	Teknik Kimia
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI,
Komisi Pembimbing

Lia Lismeri, S.T., M.T.	**Yuli Darni, S.T., M.T.**
NIP 198503122008122004	NIP. 197407122000032001

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

   Ketua : **Yuli Darni, S.T., M.T.** .....

   Sekretaris : **Lia Lismeri, S.T., M.T.** .....

   Penguji

   Bukan Pembimbing : **Taharuddin, S.T., M.Sc.** .....

   Muhammad Haviz, S.T., M.T. .....

2. **Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

Dr.Eng.Ir. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc.

NIP. 197509282001121001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juli 2024

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tida terdapat karya atas pendapat yang ditulos atau diterbitkan oleh orang lain,kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan say aini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 22 Juli 2024

Jihan Salsabilla

NPM.2055041008

RIWAYAT HIDUP

Jihan Salsabilla penulis dilahirkan di Bandarlampung, Lampung pada tanggal 30 Mei 2002, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan bapak Iyok Latief dan ibu Siti Nafsiah. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak – kanak Islam Terpadu Qurrata A'yun Darul Hikmah Bandarlampung, pada tahun 2008, Sekolah Dasar Tunas Harapan diselesaikan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 7 Bandarlampung dan diselesaikan pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Ar Raihan International Islamic High School diselesaikan pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Mandiri Universitas Lampung (SMMPTN). Pada tahun 2023 penulis melakukan Kerja Praktek di PT Pupuk Sriwidjaja Palembang dengan Tugas Khusus "Evaluasi Kinerja High Temperature Shift Converter Dengan Simulasi ASPEN HYSYS". Ditahun 2022 hingga 2023 penulis melakukan pra-penelitian hingga 2024 melakukan penelitian dengan judul "Optimasi Perolehan Rendemen Minyak Atsiri Serai Dapur Menggunakan Hydrosteam Distillation" di Laboratorium Energi Baru Terbarukan. Universitas Lampung. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti berbagai organisasi kemahasiswaan antara lain Himatemia FT Unila, BEM FT Unila, English Society Unila dan Beasiswa KSE Unila.

MOTTO PERSEMBAHAN

"Man Jadda Wajada (Barang siapa yang bersungguh - sungguh maka ia akan berhasil).

(QS. Al-Baqarah : 286)

"Apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku."

(UMAR BIN KHATTAB)

"Nothing is impossible, even the world itself says 'I'm possible'" - Audrey Hepburn

SEBUAH KARYAKU…

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada :

ALLAH SWT

Karena kehendak-Nya semua ini dapat ku peroleh. Atas berkah dan karunian-Nya aku bisa meneyelesaikan karya kecil ini. Atas karunia dan anugrah-Nya aku bisa bertahan selama ini.

Bapak Ibu Adik Adikku Tersayang, Terimakasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama ini. Terima kasih atas segalanya.

Diri sendiri,

Terimakasih karena sudah bertahan sejauh ini,tidak menyerah sesulit apapun proses penyususan skripsi ini dan telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin.

Para pengajar sebagai tanda hormatku,

Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknik kimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada alamamaterku tercinta semoga kelas berguna di kemudian hari.

SANCAWANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul " PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT (HNO_3) DARI AMONIA (NH_3) DAN OKSIGEN (O_2) DENGAN KAPASITAS 54.000 TON/TAHUN" dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar kesarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas berkat, rahmat, hidayah, serta ketentuan-Nya lah tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari betul bahwa manusia hanya bisa merencanakan dan hasil akhirnya tetap Allah SWT yang menentukan.

2. Kedua orang tuaku, adik adikku, keluargaku tercinta terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan. Semoga setelah perjalanan panjang ini penulis bisa memberikan sedikit balasan dengan memberikan kebahagiaan dan kesuksesan serta keluarga kita senantiasa selalu Allah SWT jaga dalam lindungan-NYA.

3. Ibu Yuli Darni, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung. Serta selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya yang sangat berguna dalam penyelesaian tugas akhir ini, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

4. Ibu Lia Lismeri, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya yang sangat berguna dalam penyelesaian tugas akhir ini, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

5. Bapak Taharuddin, S.T., M.sc. selaku Dosen Penguji I dan Dosen Pembimbing Penelitian yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir dan Penelitian ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.

6. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.

7. Ibu Panca Nugrahini P, S.T., M.T selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.

8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.

9. Seluruh Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, yaitu Mba Ning yang selalu membantu urusan per-administrasian, Mba Yunani yang senantiasa selalu menghibur dan membantu dalam banyak hal, dan Mas Adi yang selalu membantu menyiapkan perlengkapan ruang seminar.

10. Kahfi Puji teman seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir yang sangat spesial ini, makasih banyak atas kesabarannya dalam menghadapi penulis selama ini, setelah melewati fase bingung, fase perdebatan, fase damai dan pasrah, hingga fase bahagia seperti ini. InshaAllah kita memang pantas untuk akhirnya dapet gelar S.T ini. Semoga apapun yang sedang direncanakan kedepannya selalu dipermudah dan dalam lindungan Allah SWT. See you in the next chapter.

11. Warga Bikini Bottom Bengkel Pak Tahar Guys makasih banyak selalu membantu dalam segala hal. Terimakasih kalian sudah memberi semangat dan kehangatan selama perkuliahan ini. Semoga orang orang baik seperti kalian mendapat hal baik juga.

12. Mantap Geng makasih banyak selalu membantu dalam segala hal dari maba hingga saya lulus. Terimakasih kalian sudah memberi semangat dan kehangatan selama perkuliahan ini. Semoga orang orang baik seperti kalian mendapat hal baik juga.

13. Teman - teman tekkim 2020 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun memberikan cukup andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis, support yang selalu diberikan, tempat bertanya, dan tempat bercanda, terima kasih banyak.

14. Warga Dunkin terimakasih sudah memberi tempat dan ruang dimana saya bisa mengerjakan KP, Penelitian hingga TA dengan nyaman.

15. Sahabat-sahabatku diluar tekim, teman-temanku, yang selalu mendengarkan keluh kesah selama di tekkim namun sudah banyak membantu selama proses penyelesaian perkuliahan penulis.

16. Dan untuk diriku sendiri terimakasih telah berjuang sejauh ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua Ammiin.

Bandarlampung, 22 Juli 2024

Jihan Salsabilla

NPM.2055041008

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT (HNO_3) DARI AMONIA (NH_3) DAN OKSIGEN (O_2) DENGAN KAPASITAS 54.000 TON/TAHUN
Tugas Khusus Reaktor (RE-101)

Oleh

JIHAN SALSABILLA

Asam nitrat sering dikenal dengan nama lain aqua fortis, asam azotik, hidrogen nitrat, atau nitril oksida merupakan senyawa kimia yang sangat penting di industri kimia. Asam nitrat mempunyai rumus molekul HNO3 dan berat molekul 63,02 g/mol. Asam ini larut dalam air dan ketika bereaksi dengan air menghasilkan panas. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, system pengolahan limbah, sistem penyediaan steam, cooling water, sistem penyediaan udara tekan, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 54.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 170 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi line and staff. Dari analisis ekonomi diperoleh:

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 447.455.321.148
Working Capital Investment (WCI) = Rp 435.531.153.242,48
Total Capital Investment (TCI) = Rp 865.776.654.346,56
Total Production Cost (TPC) = Rp 5.159.778.911.946
Break Even Point (BEP) = 47%
Shut Down Point (SDP) = 20,50%
Pay Out Time before taxes (POT) = 1,59 tahun

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

ABSTRACT

PRE-DESIGN OF A NITRIC ACID (HNO_3) PLANT FROM AMMONIA (NH_3) AND OXYGEN (O_2) WITH A CAPACITY OF 54.000 TON/YEAR

Design of Reactor (RE-101)

By

JIHAN SALSABILLA

Nitric acid, often known by other names aqua fortis, azotic acid, hydrogen nitrate, or nitrile oxide, is a chemical compound that is very important in the chemical industry. Nitric acid has the molecular formula HNO3 and a molecular weight of 63.02 g/mol. This acid is soluble in water and when it reacts with water it produces heat. Providing factory utility needs in the form of water processing and supply systems, waste processing systems, steam supply systems, cooling water, compressed air supply systems, and electric power generation systems.

The factory's production capacity is planned to be 54,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in the Gresik area, East Java. The workforce required is 170 people in the form of a Limited Liability Company (PT) led by a President Director who is assisted by the Production Director and Finance Director with a line and staff organizational structure. From the economic analysis it is obtained:

Fixed Capital Investment (FCI) = IDR 447,455,321,148

Working Capital Investment (WCI) = IDR 435,531,153,242.48

Total Capital Investment (TCI) = IDR 865,776,654,346.56

Total Production Cost (TPC) = IDR 5,159,778,911,946

Break Even Point (BEP) = 47%

Shut Down Point (SDP) = 20.50%

Pay Out Time before taxes (POT) = 1.59 years

Considering the summary above, it is appropriate to study this establishment further, because it is a profitable factory and has good prospects.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
SURAT PERNYATAAN v
RIWAYAT HIDUP vi
MOTTO PERSEMBAHAN xiiii
SEBUAH KARYAKU xiii
SANWANCANA x
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
DAFTAR ISI xv
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR GAMBAR xxii
I. PENDAHULUAN 15
1.1. Latar Belakang 15
1.2. Kegunaan Produk 3
1.3. Ketersediaan Bahan Baku 6
1.4. Kapasitas Produksi Asam Nitrat 7
1.5. Penentuan Kapasitas Pabrik 7
1.5.1. Data Impor 7
1.5.2. Data Ekspor 9
1.5.3. Data Konsumsi 10
1.5.4. Data Produksi 11
1.6. Lokasi Pabrik 12
II. PEMILIHAN PROSES 16
2.1. Jenis-Jenis Proses 16
2.1.1. Proses Oksidasi (*Ostwald*) 16
2.2.2. Proses *Retort* 17
2.2. Pemilihan Proses 18

2.2.1. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika 18
2.2.2. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi 27
2.3. Pemilihan Proses 30
2.4. Uraian Proses 32
2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku 32
2.4.2. Tahap Pembentukan Asam Nitrat (Reaksi Oksidasi) 33
2.4.3. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Asam Nitrat 34
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK 35
3.1. Spesifikasi Bahan Baku Ammonia 35
3.1.1. Sifat Fisika 35
3.1.2. Sifat Kimia 35
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Oksigen 36
3.2.1. Sifat Fisika 36
3.2.2. Sifat Kimia 36
3.3. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang (Katalus Platina-Rhodium) 37
3.3.1. Sifat Fisika 37
3.4. Spesifikasi Produk Asam Nitrat 37
3.4.1. Sifat Fisika 37
3.4.2. Sifat Kimia 38
IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI 39
4.1. Neraca Massa 40
4.2. Neraca Energi 45
V. SPESIFIKASI ALAT 49
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH 61
6.1. Unit Pendukung Proses 61
6.2. Unit Pengolahan Limbah 74
6.3. Laboratorium 77
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses 80
VII. TATA LETAK PABRIK 92
7.1. Lokasi Pabrik 92
7.2. Tata Letak Pabrik 95
7.3. Estimasi Area Pabrik 99
7.4. Tata Letak Peralatan Proses 99
VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN 119

8.1. Bentuk Perusahaan 119
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan 121
8.3. Tugas Dan Wewenang 124
8.4. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian 130
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan 130
8.6. Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan 132
8.7. Kesejahteraan Karyawan 136
IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI 139
9.1. Investasi 139
9.2. Evaluasi Ekonomi 140
X. KESIMPULAN DAN SARAN 143
10.1. Kesimpulan 143
10.2. Saran 143
DAFTAR PUSTAKA 144
LAMPIRAN 145

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.1	Daftar Nama Pabrik Asam Nitrat Dunia	7
1.2	Data Impor Asam Nitrat Indonesia	7
1.3	Data Ekspor Asam Nitrat Indonesia	9
1.4	Data Konsumsi Asam Nitrat Indonesia	10
1.5	Data Produksi Pabrik Asam Nitrat Indonesia	11
1.6	Pabrik Konsumen Asam Nitrat Indonesia	13
2.1	Entalpi Pembentukan pada 25°C	19
2.2	Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K)	20
2.3	Energi Bebas Gibs Pembentukan pada 25°C	23
2.4	Harga Pembuatan Asam Nitrat (Kurs $1 = Rp. 15.600)	27
2.5	Mol dan Harga Pembuatan Asam Nitrat (Ostwald)	29
2.6	Mol dan Harga Pembuatan Asam Nitrat (Retort)	30
2.7	Perbandingan antara Proses Oksidasi dan Proses Retort	30
3.1	Spesifikasi Ammonia	35
3.2	Spesifikasi Oksigen	36
3.3	Spesifikasi Katalis Pt-Rh	37
3.4	Spesifikasi Asam Nitrat (HNO_3)	37
4.1	Neraca Massa Pompa Proses (PP-101)	40
4.2	Neraca Massa Vaporizer (VP-101)	40
4.3	Neraca Massa Mix Point (MP-101)	41
4.4	Neraca Massa Pompa Proses PP-102)	41
4.5	Neraca Massa Blower Fan (BF-101)	41
4.6	Neraca Massa Membrane Separator (MS-101)	42
4.7	Neraca Massa Compressor (CP-101)	42
4.8	Neraca Massa Reaktor (RE-101)	43
4.9	Neraca Massa Expander (EX-101)	43
4.10	Neraca Massa Absorber (AB-101)	44
4.11	Neraca Massa Absorber (AB-101)	44

4.12 Neraca Massa Stripper (ST-101) 45
4.13 Neraca Energi Mix Point (MP-101) 45
4.14 Neraca Energi Mix Point (MP-101) 46
4.15 Neraca Energi Compressor (CP-101) 46
4.16 Neraca Energi Furnace (FU-101) 46
4.17 Neraca Energi Furnace (FU-102) 47
4.18 Neraca Energi Reaktor (RE-101) 47
4.19 Neraca Energi Cooler 1 (CO-101) 47
4.20 Neraca Energi Cooler 2 (CO-102) 48
4.21 Neraca Energi Absorber (AB-101) 48
4.22 Neraca Energi Absorber (AB-101) 48
5.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Amonia (TP-101) 49
5.2 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) 50
5.3 Spesifikasi Vaporizer (VP-101) 50
5.4 Spesifikasi Compressor (BF-101) 51
5.5 Spesifikasi Furnace (FU-101) 51
5.6 Spesifikasi Blower Fan (BF-101) 52
5.7 Spesifikasi Compressor (CP-102) 52
5.8 Spesifikasi Furnace (FU-102) 53
5.9 Spesifikasi Reaktor (RE-101) 54
5.10 Spesifikasi Expander (EX-101) 55
5.11 Spesifikasi Cooler 1 (CO-101) 55
5.12 Spesifikasi Cooler 2 (CO-101) 57
5.13 Spesifikasi Absorber (AB-101) 58
5.14 Spesifikasi Stripper (AB-101) 59
5.15 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Nitrat (TP-101) 59
6.1 Kebutuhan Air untuk General Uses 62
6.2 Kebutuhan Air untuk Pembangkit Steam 62
6.3 Kebutuhan Air Pendingin 65
6.4 Syarat-Syarat Kualitas (Mutu) Air Limbah 75
6.5 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. 80

7.1 Perincian Luas Area Pabrik Asam Nitrat 99
8.1 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu 132
8.2 Perincian Tingkat Pendidikan 132
8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses 134
8.4 Jumlah Operator Bedasarkan Jenis Alat Utilitas 134
8.5 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan 135
9.1 Perhitungan Rate of Return Investment (ROI) 140
9.2 Depresiasi 142

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1.1 Grafik Impor Asam Nitrat di Indonesia 8
1.2 Grafik Ekspor Asam Nitrat di Indonesia 10
1.3 Peta Lokasi Pabrik Asam Nitrat 15
2.1 Flow Diagram Proses *Ostwald* 17
2.2 Flow Diagram Proses *Retort* 17
6.1 Diagram *Cooling Water System* 67
7.1 Tata Letak Pabrik 98
7.2 Peta Kabupaten Jawa Timur 100
7.3 Tata Letak Alat Proses 101
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan 123
9.1 Grafik BEP 141

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi menuntut manusia untuk dapat memenuhi kebutuhan hidupnya dengan cara yang mudah, cepat dan murah. Kemajuan teknologi, perkembangan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan di segala bidang salah satunya dalam bidang industri. Sebagai masyarakat dan negara yang sedang berkembang, Indonesia menuju era industrialisasi. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara mandiri, perlu pengembangan sektor industri, khususnya industri kimia dasar, setengah jadi (*intermediate*) dan bahan jadi. Bahan kimia dengan angka kebutuhan yang tinggi adalah asam nitrat yang diharapkan dengan diproduksinya asam nitratakan mengurangi angka impor bahan dari negara lain.

Telah diketahui bahwa kebutuhan asam nitrat dalam negeri belum terpenuhi sehingga Indonesia masih tetap harus mengimpor asam nitrat dari negara Cina. Di Indonesia masih sedikit industri yang dapat mengekspor asam nitrat ditambah kebutuhan asam nitrat saat ini terus meningkat. Dengan didirikannya pabrik asam nitrat ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor sekaligus membuka peluang ekspor dunia yang lebih besar selain digunakan untuk kebutuhan dalam negeri (Badan Pusat Statistika, 2023).

Asam nitrat sering dikenal dengan nama lain *aqua fortis*, asam azotik, hidrogen nitrat, atau nitril oksida merupakan senyawa kimia yang sangat penting di industri kimia. Asam nitrat mempunyai rumus molekul HNO_3 dan berat molekul 63,02

g/mol. Asam ini larut dalam air dan ketika bereaksi dengan air menghasilkan panas. Karena sifatnya sebagai asam kuat dan zat pengoksidasi yang kuat, serta kemampuannya untuk nitrat organik, asam nitrat sangat penting dalam produksi bahan- bahan kimia seperti obat-obatan, pewarna, serat sintetis, insektisida, dan fungisida. Akan tetapi, tetapi sebagian besar asam nitrat digunakan dalam produksi amonium nitrat untuk industri pupuk (Kirck Othmer, 1962).

Asam nitrat yang umumnya digunakan memiliki konsentrasi 80% digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan amonium nitrat yang selanjutnya berguna untuk pembuatan kalsium nitrat*,* kalsium ammonium nitrat, urea, larutan amonium nitrat, dan amonium sulfat nitrat. Amonium nitrat dihasilkan dengan mereaksikan asam nitrat dan amonia. Asam nitrat dengan kadar kurang lebih 60% w/w dapat memenuhi kebutuhan ini. Sektor terbesar yang mengkonsumsi asam nitrat dengan kadar tersebut adalah sektor pertanian. Asam nitrat juga diperlukan untuk pembuatan butiran amonium nitrat berpori untuk komponen bahan peledak. Sementara itu, asam nitrat dengan konsentrasi 20% biasa digunakan untuk membuat pupuk campuran dengan penambahan fosfat, sebagai pelarut dalam industri *electroplating,* dan digunakan secara luas sebagai reaktan dalam laboratorium kimia dalam pembuatan nitro benzena, dan dinitrotoluena.

Dilihat dari kegunaan asam nitrat yang beragam dan kebutuhannya yang banyak dapat disimpulkan bahwa kebutuhan akan asam nitrat akan semakin meningkat. Oleh karena itu, pendirian pabrik asam nitrat merupakan alternatif yang baik, selain dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, pendirian pabrik ini juga dapat membuka lapangan kerja baru dan dapat meningkatkan devisa negara.

Beberapa hal yang dijadikan pertimbangan untuk mendirikan pabrik asam nitrat ini adalah:

1. Pendirian pabrik asam nitrat dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga diharapkan mampu mengurangi kebutuhan impor sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap negara lain.
2. Menghemat devisa negara.

3. Berperan serta dalam program pemerintah untuk menciptakan lapangan kerja baru di bidang industri kimia.
4. Membuka peluang bagi pengembangan-pengembangan industri dengan bahan baku asam nitrat, sehingga tercipta produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.

1.2. Kegunaan Produk

Asam Nitrat atau *Nitric Acid* atau *Aqua Fortis*, dengan rumus kimia HNO_3 adalah asam kuat yang sangat korosif. Penggunaan Asam Nitrat adalah sebagai berikut :

1. Industri Pupuk

   Penggunaan industri utama sam Nitrat adalah untuk produksi pupuk. Asam Nitrat dinetralisasi dengan amonia untuk menghasilkan Amonium Nitrat. Selanjutnya, Ammonium Nitrat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk nitrogen, karena Ammonium Nitrat mengandung nitrogen sebanyak ± 35%. Penggabungan pupuk Ammonium Nitrat dan Nitrogen dalam bentuk yang keduanya dapat diserap oleh tanaman yaitu amonia dan ion nitrat. Pupuk yang hanya mengandungNitrogen Amonia sering tidak efektif, seperti kebanyakan tanaman cenderung menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat dan ion Amonium harus diubah terlebih dahulu menjadi Nitrat oleh mikroba sebelum terbentuknya Nitrogen. Perubahan ini berlangsung dengan lambat dalam temperatur yang dingin. Produksi Amonium Nitrat merupakan proses endotermik yang dihasilkan dari reaksi gas amonia dengan Asam Nitrat untuk membentuk larutan Amonium Nitrat pekat.

2. Industri Polimer *Polyurethanes*

   Asam Nitrat digunakan secara luas dalam industri untuk nitrat alifatik dan senyawa aromatik. dalam banyak kasus nitrasi memerlukan penggunaan Asam Sulfat sebagai zat dehidrasi atau katalis; besarnya nitrasi dicapai tergantung pada konsentrasi Asam Nitrat dan Asam Sulfat yang digunakan. Dalam pabrik Dinitrotoluene dan Nitrobenzene, Asam Nitrat digunakan sebanyak 3-4%. Dinitrotoluene merupakan hidrogenasi untuk Toluene Diamine, yang akan digunakan untuk pembuatan *toluenediisocyanate*

(TDI) sedangkan *Nitrobenzene* merupakan hidrogenasi untuk membuat anilin, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *methylene diphenyl diisocyanate* (MDI). Dimana TDI digunakan untuk membuat busa*poliurethane* yang fleksibel, elastomer, dan pelapisan logam. Sedangkan MDI digunakan untuk busa yang kaku. Kegunaan lain dari Asam Nitrat adalah dalam produksi bahan peledak, logam nitrat, Nitrosellulosa, Nitrochlorobenzene, pengolahan logam yaitu pengawetan baja *stainless* dan logam, propelan roket, dan proses bahan bakar nuklir.

3. Industri Peledak

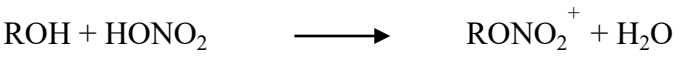
   Trinitrotoluena adalah bahan peledak. Berbagai isomer dari Mononitrotoluena yang digunakan untuk membuat pencerah optik, herbisida, dan insektisida. Seperti umumnya dikaitkan dengan kehadiran ion nitronium, NO^{2+} yang mana konsentrasinya meningkat dengan kekuatan asam.

$$HNO_3 + H^+ \rightleftharpoons NO_2^+ + H_2O$$

$$ArH + NO_2^+ \longrightarrow ArNO_2^+ + H^+$$

   Banyak produk nitrasi adalah peledak, termasuk DNT, TNT, dan nitrogliserin. Setidaknya beberapa *mononitroaromatics* juga dapat meledak di bawah kondisi tertentu. Karena pemanasan tinggi dari nitrasi, reaksi berjalan diikuti oleh ledakan parah yang telah terjadi di industri *nitrators batch*. Untuk meminimalkan potensi bahaya, komposisi asammula-mula dan kondisi reaksi lebih terkontrol daripada sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mengoperasikan sebagian besar HNO_3 bereaksi dalam reaktor, dan menghasilkan asam yang digunakan dalam campuran utama dari H_2SO_4 dan air. Dalam beberapa proses, 99% atau lebih dari umpan HNO_3 bereaksi. Dispersi atau campuran dari asam tersebut dan produk nitrasi relatif aman untuk ditangani.

4. Alkohol dan gliserol yang dinitrasi dengan esterifikasi dalam campuran Asam Nitrat pekat dan Asam Sulfat. Reaksi ini penting dalam produksi Nitrogliserin dari Gliserol dan Nitroselulosa dari Selulosa.

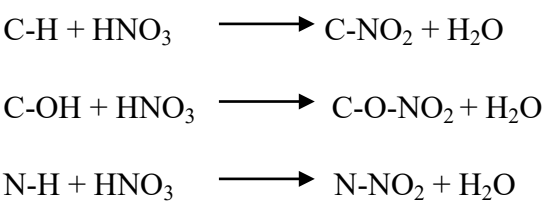


5. Industri Nilon

   Asam Nitrat encer dapat digunakan untuk mengoksidasi hidrokarbon alifatik yang kemudian dimanfaatkan sebagai prekursor nilon. Misalnya, penggunaan yang signifikan untuk Asam Nitrat adalah oksidasi sikloheksanol dan sikloheksanon untuk menghasilkan asam adipat. Sikloheksanon merupakan bahan utama untuk pembuatan asam adipat yang direaksikan dengan heksametilen diamin. Sebagian besar asam adipat digunakan untuk produksi nilon. Asam Nitrat dari reaksi oksidasi sikloheksanol dan siloheksanon ini digunakan 8-9 %.

6. Industri Aromatik

   Asam Nitrat digunakan untuk zat penitrasi, untuk menghasilkan C-, O-, dan N- nitrasi, O- nitrasi, yang dihasilkan dalam ester. N- nitrasi dihasilkan dalam nitramin.



   Dalam reaksi tersebut, kelompok nitro digantikan oleh atom hidrogen, dan air dihasilkan sebagai produk. Kelompok nitro bisa juga digantikan oleh atom yang lain. Dalam reaksi Victor Meyer yang menggunakan nitritsilver, kelompok nitro digantikan oleh atom halida seperti I dan Br. Dalam modifikasi metode ini, natrium nitrat dilarutkan dalam dimetil formamida atau pelarut lainnya yang cocok digunakan sebagai pengganti nitrit silver. Senyawa nitro juga bisa menghasilkan reaksi tambahan yaitu reaksi dari Asam Nitrat atau dioksida nitrogen dengan senyawa *unsaturated* seperti

olefin dan asetilen. Mekanisme dari nitrasi bergantung pada reaktan dan kondisi operasi.

7. Industri *Rocket Propelan*

   Asam Nitrat telah digunakan dalam berbagai bentuk sebagai oksidator dalam roket berbahan bakar cair. IRFNA (penghambat asap merah Asam Nitrat) adalah salah satu komponen bahan bakar cair untuk rudal BOMARC.

8. Asam Nitrat digunakan sebagai *Woodworking* Dalam konsentrasi rendah (sekitar 10%), Asam Nitrat sering digunakan untuk artifisial pinus dan *maple*. Warna yang dihasilkan adalah abu-abu emas seperti lilin yang sangat tua atau minyak kayu (*wood finishing*).

9. Asam Nitrat digunakan sebagai ETSA dan pembersihan zat. Efek korosif dari Asam Nitrat dieksploitasi untuk sejumlah aplikasi khusus, seperti pengawetan *stainless steel*. Campuran *aquoeus* tersediasecara komersial dari 5-30% Asam Nitrat dan Asam Fosfat 15-40% yang biasanya digunakan untuk membersihkan peralatan makanan dan susu terutama untuk menghilangkan endapan senyawa kalsium dan magnesium (baik disimpan dari aliran proses atau akibat dari penggunaan air keras selama produksi dan pembersihan). Kandungan Asam Fosfat membantu untuk *passivate* paduan besi terhadap korosi oleh asam encer nitrat.

10. Asam Nitrat juga digunakan di bagian metalurgi dan pengilangan karena dapat bereaksi dengan metal. Ketika dicampurkan dengan Asam Klorida, maka campuran ini akan membentuk *aqua regia*, satu dari sedikit reagen yang dapat melarutkan emas dan platinum.

(Kirck Othmer, 1978)

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan asam nitrat yaitu asam sulfat dan natrium nitrat. Bahan baku asam sulfat diperoleh dari PT Indonesian Acids Industry, Bekasi dan bahan baku natrium nitrat diperoleh dari PT Nitrotama Kimia, Cikampek.

1.4. Kapasitas Produksi Asam Nitrat

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor, data ekspor, kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, serta data produksi yang telah ada. Sehingga, dari data-data tersebut akan didapat kapasitas produksi pabrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan produk dalam negeri.

Sebagai referensi dalam penentuan kapasitas pabrik asam nitrat data kapasitas produksi dan lokasi beberapa pabrik asam nitrat di dunia dapat dilihat pada tabel 1.1. berikut ini :

Tabel 1.1. Daftar Nama Pabrik Asam Nitrat Dunia

No	Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	Angus Chemical, Sterlington, LA	65.000
2	Dupont ,Beaumont, Tex	95.000
3	Dyno Nobbel, Denora, Ark	115.000
4	First Chemical, Pascagoula	75.000
5	Hercules Incorporate, Parlin	80.000
6	PT Multi Nirotama Kimia, Cikampek	55.000
7	PT Kaltim Nitrate Indonesia	60.000

1.5. Penentuan Kapasitas Pabrik

1.5.1. Data Impor

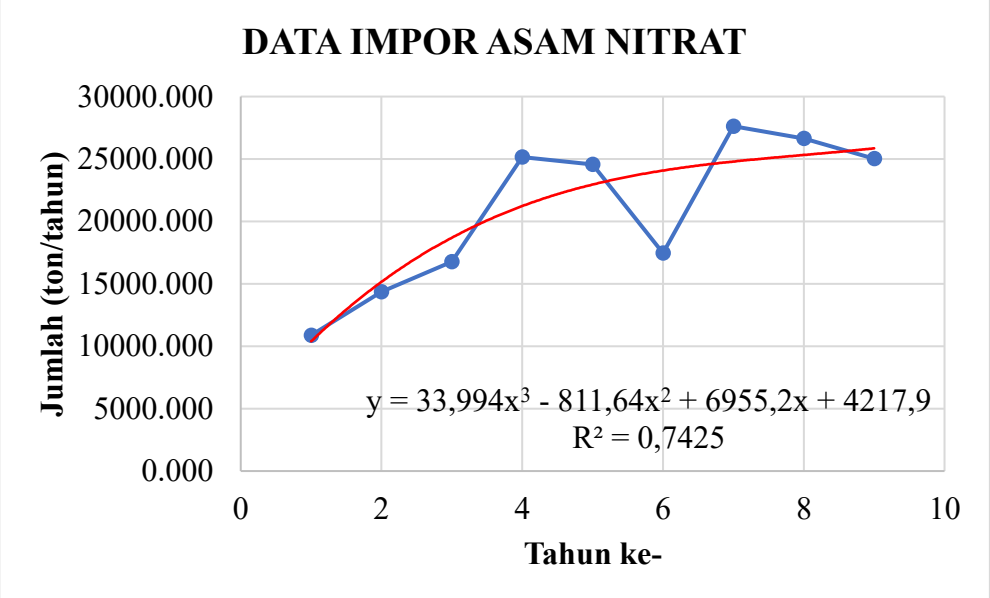
Berikut ini data impor asam nitrat di Indonesia pada beberapa tahun terakhir.

Tabel 1.2. Data Impor Asam Nitrat Indonesia

Tahun	Impor (tontahun)
2015	10875,406
2016	14365,929
2017	16775,090
2018	25157,892
2019	24563,013
2020	17448,509
2021	27623,820
2022	26639,531
2023	25014,638

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023)

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kebutuhan asam nitrat di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Oleh karena itu, diperlukan industri yang memproduksi asam nitrat guna memenuhi kebutuhan yang meningkat di dalam negeri sehingga dapat menekan angka kebutuhan impor. Grafik kebutuhan impor Asam Nitrat dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Grafik Impor Asam Nitrat di Indonesia

Berdasarkan data kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia akan didapatkan kapasitas pabrik dengan cara menggunakan persamaan garis lurus.Pada Gambar 1.1, sumbu x merupakan tahun ke-n

Tahun 2015 = Tahun ke-1

Tahun 2016 = Tahun ke-2

Tahun 2017 = Tahun ke-3

Dan seterusnya sampai Tahun 2030 = Tahun ke-16

Berdasarkan data-data yang diplotkan pada Gambar 1.1 dilakukan pendekatan polinomial.

Dimana: y = kebutuhan impor asam nitrat (ton/tahun)

x = tahun ke (16)

Melalui perhitungan persamaan di atas diperoleh $y = 33{,}994x^3 - 811{,}64x^2 + 6955{,}2x + 4217{,}9$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan asam nitrat di Indonesia pada tahun 2030. Dengan persamaan garis tersebut didapatkan prediksi kebutuhan asam nitrat di Indonesia sebesar **46.960,684 ton/tahun.**

1.5.2. Data Ekspor

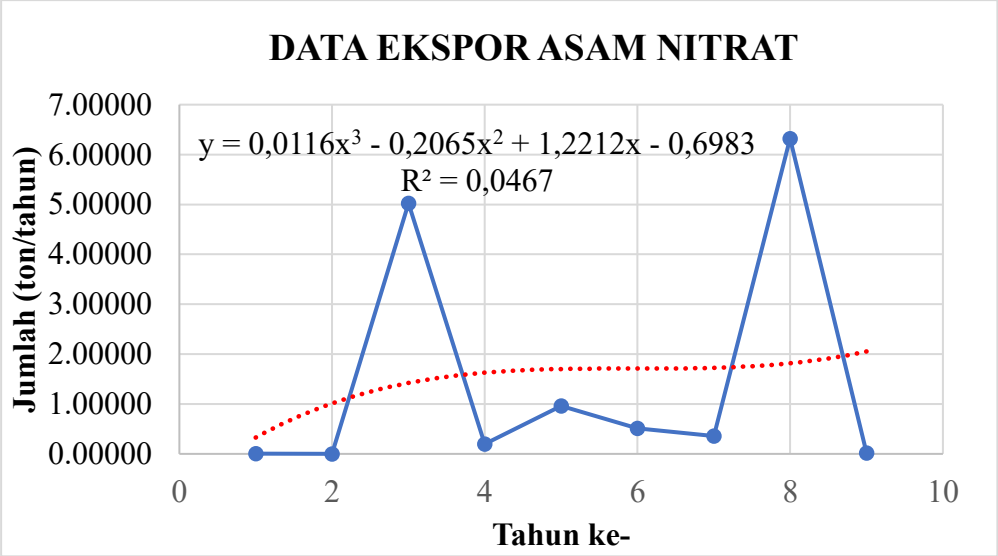
Berikut ini merupakan data ekspor Asam Nitrat di Indonesia pada beberapa tahun terakhir dalam Tabel 1.3.

Tabel 1.3. Data Ekspor Asam Nitrat Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)
2015	0,00300
2016	0,00100
2017	5,02175
2018	0,20000
2019	0,96010
2020	0,51300
2021	0,35687
2022	6,32059
2023	0,02000

(Sumber : Badan Pusat Statistik 2023)

Grafik kebutuhan ekspor Asam Nitrat dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Grafik Ekspor Asam Nitrat di Indonesia

Melalui perhitungan grafik linear didapatkan persamaan y = $0{,}0116x^3$ - $0{,}2065x^2$ + 1,2212x - 0,6983 yang dapat digunakan untuk memprediksi ekspor asam nitrat di Indonesia pada tahun 2030. Dengan persamaan garis tersebut didapatkan prediksi kebutuhan asam nitrat di Indonesia sebesar **13,4905 ton/tahun.**

1.5.3. Data Konsumsi

Pada Tabel 1.3 ditampilkan data konsumsi Asam Nitrat pada beberapa industri seperti industri peledak, polimer, nilon dan aromatik. Kandungan Asam Nitrat dalam pabrik bahan peledak Trinitrotoluena 99%, dalam pabrik polimer sebanyak 10%, industri nilon sebanyak 8-9%, industri logam sebanyak 5-30% (Kirck Othmer, 1978). Adapun data konsumsinya sebagai berikut:

Tabel 1.4. Data Konsumsi Asam Nitrat Indonesia

Data ke-	Data Konsumsi Asam Nitrat di Indonesia (ton/tahun)			
	Tahun	Pabrik Peledak	Pabrik Polimer	Pabrik Nilon
1	2015	8400	840	840
2	2016	4400	550	550
3	2017	3968,8	2798,896	850,336
4	2018	3762,9	3866,527	546,091
5	2019	3557	5168	681,2
6	2020	3351,1	6714,733	824,789
7	2021	3145,2	8518,144	971,152
8	2022	2939,3	10589,651	1114,583
9	2023	2733,4	12940,672	1249,376
10	2024	2527,5	15582,625	1369,825
11	2025	2321,6	18526,928	1470,224
12	2026	3048,5222	10266,5524	1031,0314
13	2027	3050,0269	10271,6198	1031,5403
14	2028	3051,5316	10276,6872	1032,0492
15	2029	3053,0363	10281,7546	1032,5581
16	2030	3054,541	10286,822	1033,067
Total		56364,458	137479,612	15627,822
			209471,892	

(Sumber : Data Kementrian Perindustrian, 2023)

1.5.4. Data Produksi

Produksi Asam Nitrat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.5. Data Produksi Pabrik Asam Nitrat Indonesia

No.	Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek	55.000

(Sumber : PT Multi Nirotama Kimia)

Berdasarkan data impor, data ekspor, data konsumsi, dan data produksi, kemudian ditentukan besarnya kapasitas produksi. Adapun penentuan kapasatis produksi ini bertujuan untuk mengurangi angka ketergantungan impor asam nitrat dengan negara lain. Adapun persamaan kapasitas produksi adalah sebagai berikut:

$$KP = (DK + DE) – (DP + DI)$$

Dimana:

KP = Kapasitas Produksi pada tahun X

DI = Data impor pada tahun X

DK = Data konsumsi pada tahun X

DP = Data produksi yang telah ada pada tahun X

DE = Data ekspor pada tahun X

Sehingga:

KP = (DK + DE) – (DP + DI)

= [(209.471,892 + 13,4095) – (55.000 + 46.960,684)] ton/tahun

= 107.524,6985 ton/tahun

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka didapatkan kapasitas produksi pembuatan pabrik asam nitrat yang akan didirikan pada tahun 2030 dengan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun tersebut. Pabrik asam nitrat ini akan beroperasi 50% dari 107.524,6985 ton/tahun yaitu 53.762,34925 ton/tahun = 54.000 ton. Maka dapat dibulatkan bahwa kapasitas pabrik asam nitrat yang akan di bangun sekitar **54.000 ton/tahun.**

1.6. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor terpenting dari keberhasilan membangun suatu pabrik. Penentuan lokasi pabrik yang tepat akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang minimal sehingga pabrik tersebut dapat berjalan efisien, ekonomis dan juga menguntungkan. Lokasi juga penting bagi perusahaan, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan

menentukan kelangsungan hidup perusahaan tersebut. Pada penentuan lokasi pabrik harus diusahakan agar biaya transportasi serta upah pekerja memiliki nilai sekecil mungkin.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik antara lain:

1. Penyediaan bahan baku

   Salah satu hal yang harus dipertimbangkan dalam penempatan lokasi pabrik yaitu letak sumber bahan baku yang tujuannya untuk memudahkan mendapatkan bahan baku menuju lokasi pabrik dan memperkecil biaya peralatan transportasi. Pabrik asam nitrat ini akan didirikan di Kecamatan Gresik, Jawa Timur karena dekat dengan sumber bahan baku yakni ammonia yang berasal dari PT Petrokimia Gresik, sementara udara diambil langsung dari udara lingkungan sekitar dan katalis platina-rhodium diimpor dari Hebei Aegis Material.Co.China.

   Untuk memudahkan pemasaran produk, lokasi pabrik harus dekat dengan daerah pemasaran atau dekat dengan konsumen. Asam nitrat merupakan bahan baku industri serat sintesis, pupuk, plastik, dan lain-lain. Diharapkan dengan berdirinya pabrik asam nitrat di Karawang mampu memenuhi kebutuhan asam nitrat di daerah Pulau Jawa dan Sumatera Selain itu, juga membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat.

Tabel 1.6. Pabrik Konsumen Asam Nitrat Indonesia

Pabrik	Jenis Industri	Lokasi
PT. Dahana Persero	Bahan Peledak	Jawa Barat
PT. Armindo Prima	Bahan Peledak	Jakarta
PT. Trifita Perkasa	Bahan Peledak	Jakarta
PT. Pindad	Bahan Peledak	Jawa Timur
PT. Asa Karya Multiprata	Ammonium Nitrat	Kalimantan Timur
PT. Kaltim Nitrat Indonesia	Ammonium Nitrat	Kalimantan Timur
PT Multi Nirotama Kimia	Ammonium Nitrat	Jawa Barat

2. Tenaga kerja

Salah satu hal yang dipertimbangkan untuk mendirikan sebuah pabrik yaitu harus ditempatkan pada daerah yang banyak tenaga kerjanya, dari tingkat sarjana sampai pekerja buruh. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru dan dapat mengurangi pengangguran di Indonesia. Namun, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi satu hal penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Pulau Jawa merupakan lokasi keberadaan kampus berkualitas, sehingga lulusan terbaik dari kampus dapat direkrut menjadi karyawan.

3. Penyediaan air

Dalam menjalankan suatu proses dalam pabrik, dibutuhkan air yang jumlahnya cukup besar yaitu untuk air pendingin, air proses serta untuk kebutuhan sehari-hari bagi karyawannya dan masyarakat sekitar pabrik. Oleh sebab itu, lokasi pabrik harus berada di daerah dekat dengan

sumber air. Penyediaan air untuk pabrik ini diambil dari Sungai Bengawan Solo, Jawa Timur.

4. Sarana transportasi

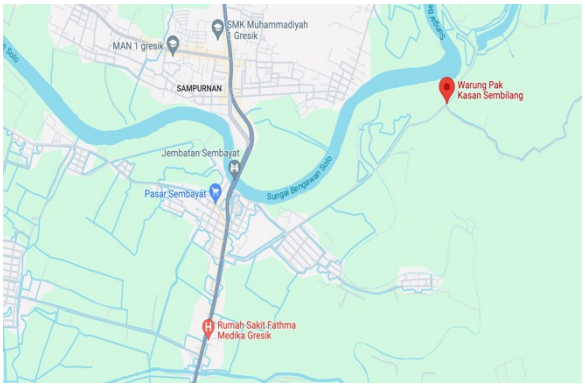
Sarana transportasi yang memadai juga merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik karena diperlukaan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi Gresik relatif strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Surakarta, Semarang dan Surabaya. Selain itu Gresik juga dekat dengan dua pelabuhan yaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kab.Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya sehingga memudahkan pendistribusian bahan baku maupun produk.

5. Utilitas

Utilitas utama dalam pabrik ini meliputi kebutuhan listrik dan kebutuhan air yang digunakan untuk proses dan sanitasi. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan, sedangkan air diperoleh dari Sungai Bengawan Solo, Jawa Timur yang mempunyai debit air cukup besar.

Peta Lokasi Pabrik Asam Nitrat dapat dilihat pada gambar berikut :

Peta Indonesia	Peta Gresik



Gambar 1.3. Peta Lokasi Pabrik Asam Nitrat

II. PEMILIHAN PROSES

2.1. Jenis-Jenis Proses

Berikut ini merupakan jenis-jenis proses pembuatan asam nitrat antara lain, yaitu:

2.1.1. Proses Oksidasi (*Ostwald*)

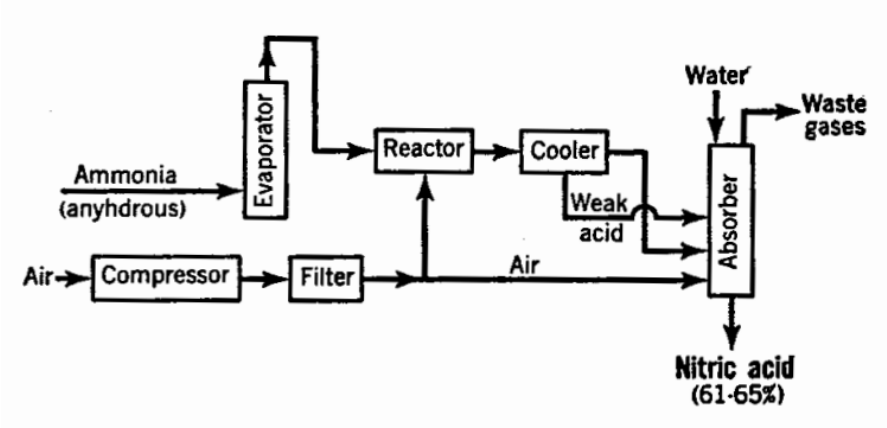
Pada proses *Ostwald*, udara dikompresi menjadi 100 psi, kemudian disaring dan dipanaskan hingga mencapai suhu 300^{o}C dengan *heat exchanger.* Selanjutnya, udara yang dikompresi akan dicampurkan dengan ammonia yang sebelumnya telah diuapkan menggunakan *vaporizer*. Hasil campuran tersebut mengandunng 10%v/v ammoniak,

Saat di reaktor terjadi proses oksidasi antara ammoniak dan udara dengan reaksi sebagai berikut:

1. Oksidasi ammonia menjadi nitrogen monoksida
   $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$ (2.1)
2. Oksidasi nitrogen monoksida menjadi nitrogen dioksida dengan oksidatornya berupa udara
   $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ (2.2)
3. Absorpsi ammonia oleh air membentuk asam nitrat
   $3NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$ (2.3)

Campuran udara dan ammonia dimasukkan kedalam reaktor yang berisi katalis platina-rhodium 2-10% dari reaktor dan dihasilkan nitrogen oksida (NO) dan udara, kemudian direaksikan dengan oksigen

agar terbentuk asam nitrat yang konsentrasinya 61-65%. (Faith dkk, 1965).



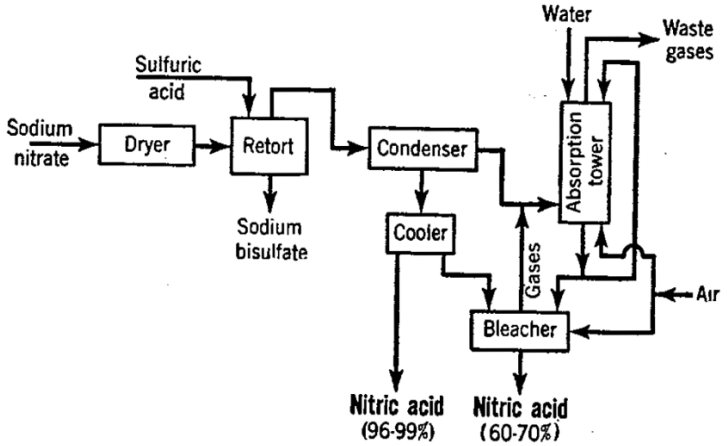
Gambar 2.1. *Flow Diagram* Proses *Ostwald*

Sumber: Faith, dkk, 1965

2.2.2. Proses *Retort*

Proses *Retort* menggunakan bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat. Di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis antara natrium nitrat (96%) dan asam sulfat (93%). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

$$NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow HNO_{3(l)} + NaHSO_{4(l)} \quad (2.4)$$



Gambar 2.2. *Flow Diagram* Proses *Retort*

Sumber: Faith, dkk, 1965

Suhu operasi berlangsung antara 150-200°C selama 12 jam. Suhu reaktor harus dijaga karena asam nitrat akan mengalami dekomposisi yang terjadi karena adanya panas. Asam nitrat menguap pada suhu 110-130°C, kemudian dilewatkan melalui kondensor. Hasil gas dan embun dipisahkan dengan separator. Gas yang tidak terembunkan berkisar antara 10-20% dari asam nitrat yang keluar dari reaktor. Gas yang tidak terembunkan kemudian diserap oleh air dalam absorber. Hasil cairan absorber dan separator dicampur dalam *mixer.* Kemudian, dipisahkan menggunakan menara distilasi untuk menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 96-99%. Hasil samping reaktor yaitu berupa campuran $NaHSO_4$ dan zat yang tidak bereaksi lainnya atau disebut *niter cake*. *Niter cake* dapat digunakan pada industri baja sebagai bahan baku pembuatan asam hidroklorat (Faith dkk., 1961).

Menurut Kirk Othmer, dkk, proses Retort pula dapat terjadi dimana, bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat diumpankan ke reaktor tangki berpengaduk (CSTR). Reaktor beroperasi secara *isothermal* dengan kondisi operasi diatur padasuhu 150^oC selama 10 jam. Konversi pembentukan asam nitrat adalah 97%. Selama waktu itu, NO_2 dan air akan teruapkan. Uap asam nitrat dilewatkan melalui kondensor, kemudian dipisahkan antara gas dan cairannya dalam separator. Cairan asam nitrat didinginkan dengan menggunakan *cooler* dan selanjutnya disimpan sebagai hasil asam nitrat. Konsentrasi asam nitrat yang dihasilkan sekitar 90%. Gas yang tidak terembunkan diserap dalam absorber dengan menggunakan air. Hasil bawah (*bottom product*) menghasilkan kadar asam nitrat 43%. Hasil samping reaktor berupa campuran "*niter cake*". Bahan ini dapat dijual pada industri baja dan dapat juga dipakai sebagai bahan baku asam klorida bila direaksikan dengan garam NaCl.

(Kirk Othmer,1978)

2.2. Pemilihan Proses

2.2.1. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika

Perubahan entalpi (ΔH) menunjukkan panas reaksi yang dibutuhkan ataupun dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecilnya nilai ΔH akan menentukan jumlah energi yang dibutuhkan dan dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi. Sehingga, semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan dan cost yang harus dikeluarkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi. Sehingga tidak membutuhkan energi selama proses namun membutuhkan energi untuk penyerapan panas agar reaksi tetap berlangsung pada temperatur reaksinya. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°f) pada P = 1 atm dan T = 298 K. Berikut ini diketahui data energi pembentukan (ΔHf°) pada 25°C untuk masing - masing komponen :

Tabel 2.1. Entalpi Pembentukan pada 25°C

Komponen	**Rumus Kimia**	**$\Delta H f^{o}_{298}$ (kJ/mol)**
Asam Nitrat	HNO_3	-135,10
Ammonia	NH_3	-45,90
Udara	O_2	0
Nitrogen Oksida	NO	90,3
Air	H_2O	-241,80
Nitrogen Dioksida	NO_2	33,20
Asam Sulfat	H_2SO_4	-753,13
Natrium Nitrat	$NaNO_3$	-467,9
Natrium Bisulfat	$NaHSO_4$	-1387,1

(Yaws,1999)

Berdasarkan data ΔH_f^o standar data tersebut dapat dihitung besarnya panas reaksi standar ($\Delta H^o r$) pembentukan asam nitrat :

1. Pembuatan Asam Nitrat dari Ammonia dan Udara (Ostwald)

a) Menghitung nilai $\Delta H^o r$ tiap reaksi

Reaksi 1 :

Oksidasi ammonia menjadi nitrogen monoksida

$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$ (2.1)

$\Delta H^o r = \Delta H^o{}_{f\ produk} - \Delta H^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((4 \times 90,3) + (6 \times -241,80) - (4 \times -45,90) + (5 \times 0))$

$= -906$ kJ/mol

Reaksi 2 :

Oksidasi nitrogen monoksida menjadi nitrogen dioksida dengan oksidatornya berupa udara

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

$\Delta H^o r = \Delta H^o{}_{f\ produk} - \Delta H^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((2 \times 33,2) - (2 \times 90,3) + (0)$

$= -114,2$ kJ/mol

Reaksi 3 :

Absorpsi ammonia oleh air membentuk asam nitrat

$3NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$

$\Delta H^o r = \Delta H^o{}_{f\ produk} - \Delta H^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((2 \times -135,10) + (90,3) - (3 \times 33,2) + (-241,8)$

= -37,7 kJ/mol

b) Menghitung nilai ΔH° tiap reaksi

Tabel 2.2. Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K)

Komponen	A	B	C	D	E
HNO_3	214,478	-7,6762E-01	1,4970E-07	-3,0208E-07	-
NH_3	33,573	-1,2581E-02	8,8906E-05	-7,1783E-08	1,8569E-11
O_2	29,526	-8,8999E-03	3,8083E-05	-3,2629E-08	8,08607E-12
NO	33,227	-2,3626E-02	5,3156E-05	-3,7858E-08	9,1197E-12
H_2O	92,053	-4,00E-02	-197E-03	5,35E-07	
NO_2	32,791	-7,4294E-04	8,1722E-05	-8,2872E-08	2,4424E-11
H_2SO_4	26,004	7,0337E-01	-1,3856E-03	1,0342E-06	
$NaNO_3$	-	-	-	-	-
$NaHSO_4$	-	-	-	-	-

(Yaws,1999)

Reaksi 1 :

$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

Dimana, diketahui :

R = 0,008314 kJ/mol.K

T = 800 °C = 1073,15 K

To = 300°C = 573,15 K

$\Delta H^o r$ = -906 kJ/mol

Mencari nilai ΔA :

$\Delta A = ((4 \times NO) + (6 \times H_2O) - (4 \times NH_3) + (5 \times O_2)$

= (4 x 33,227) + (6 x 92053) – (4 x 33,573) + (5 x 29,526)

= 403,304

Maka diperoleh nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD dengan cara yang sama sebagai berikut :

ΔA = 403,304

ΔB = -2,3968 x 10^{-1}

ΔC = -1,1823

ΔD = 3,5088 x 10^{-6}

Selanjutnya substitusikan nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD pada rumus ΔH^o sebagai berikut :

$$\Delta H^o = \Delta Ho^o + R\left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}\left(T^2 - {T_0}^2\right) + \frac{\Delta C}{3}\left(T^3 - {T_0}^3\right) + \Delta D\left(\frac{T - T_0}{TT_0}\right)\right]$$

(Smith,2001)

$$\Delta H^o = -906 + 0{,}008314\left[\begin{matrix}403{,}304\,(1073{,}15 - 573{,}15) + \frac{-2{,}3968 \text{ x } 10^{-1}}{2}(1073{,}15^2 - 573{,}15^2) \\ + \frac{-1{,}1823}{3}(1073{,}15^3 - 573{,}15^3) + 3{,}5088 \text{ x } 10^{-6}\left(\frac{1073{,}15 - 573{,}15}{1073{,}15\ x\ 573{,}15}\right)\end{matrix}\right]$$

$$\Delta H^o = -3{,}4327 \text{ x } 10^6\ kJ/mol$$

Reaksi 2 :

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

Dimana :

R = 0,008314 kJ/mol.K

T = 400 ℃ = 673,15 K

To = 800 ℃ = 1073,15 K

$\Delta H^o r$ = -114,2 kJ/mol

Maka diperoleh nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD sebagai berikut :

ΔA = -30,398

$\Delta B = 5{,}4666 \times 10^{-2}$

$\Delta C = 1{,}9049 \times 10^{-5}$

$\Delta D = -5{,}7399 \times 10^{-8}$

Selanjutnya substitusikan nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD pada rumus ΔH^o sebagai berikut :

$$\Delta H^o = \Delta Ho^o + R\left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}\left(T^2 - {T_0}^2\right) + \frac{\Delta C}{3}\left(T^3 - {T_0}^3\right) + \Delta D\left(\frac{T - T_0}{TT_0}\right)\right]$$

(Smith,2001)

$$\Delta H^o = -22{,}09864\ kJ/mol$$

Sehingga ΔH^o total = ΔH^o reaksi 1 + ΔH^o reaksi 2

$$= -3{,}4327 \times 10^6 \frac{kJ}{mol} + -22{,}09864 \frac{kJ}{mol}$$

$= -3{,}4329 \times 10^6$ kJ/mol

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa pembuatan asam nitrat dari ammonia dan udara adalah reaksi eksotermis karena ΔH° bernilai negatif.

c) Menghitung nilai ΔG^o tiap reaksi

Tabel 2.3. Energi Bebas Gibs Pembentukan pada 25°C

Komponen	Rumus Kimia	$\Delta G_f^o{}_{298}$ (kJ/mol)
Asam Nitrat	HNO_3	-74,70
Ammonia	NH_3	-16,40
Udara	O_2	0
Nitrogen Oksida	NO	86,60
Air	H_2O	-228,60
Nitrogen Dioksida	NO_2	51,30
Asam Sulfat	H_2SO_4	-653,47
Natrium Nitrat	$NaNO_3$	-7,35
Natrium Bisulfat	$NaHSO_4$	-993,9

(Yaws,1999)

Reaksi 1 :

$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

$\Delta G^o f = \Delta G^o{}_{f\ produk} - \Delta G^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((4 \times 86{,}60) + (6 \times -228{,}60) - (4 \times -16{,}40) + (5 \times 0))$

$= -959{,}6$ kJ/mol

Reaksi 2 :

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

$\Delta G^o f = \Delta G^o{}_{f\ produk} - \Delta G^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((2 \times 51{,}30) - (2 \times 86{,}60) + (0)$

$= -70{,}6$ kJ/mol

Reaksi 3 :

$3NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$

$\Delta G^o f = \Delta G^o{}_{f\ produk} - \Delta G^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((2 \times -74{,}70) + (86{,}60) - (3 \times 51{,}30) + (-228{,}60)$

$= 11{,}9$ kJ/mol

Menghitung nilai gibbs free energy (ΔG^o) pada suhu operasi

Reaksi 1 :

$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

Dimana :

R = 0,008314 kJ/mol.K

T = 800 °C = 1073,15 K

To = 300°C = 573,15 K

$\Delta H^o r = -906$ kJ/mol

$\Delta G^o f = -959{,}6$ kJ/mol

Mencari nilai ΔA :

$\Delta A = ((4 \times NO) + (6 \times H_2O) - (4 \times NH_3) + (5 \times O_2)$

$= (4 \times 33{,}227) + (6 \times 92053) - (4 \times 33{,}573) + (5 \times 29{,}526)$

$= 403{,}304$

Maka diperoleh nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD dengan cara yang sama sebagai berikut :

$\Delta A = 403{,}304$

$\Delta B = -2{,}3968 \times 10^{-1}$

$\Delta C = -1{,}1823$

$\Delta D = 3{,}5088 \times 10^{-6}$

Selanjutnya substitusikan nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD pada rumus ΔG^o sebagai berikut :

$$\Delta G^o = \Delta Ho^o - \frac{T}{To}(\Delta Ho^o - \Delta Go^o) + R\left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - {T_0}^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - {T_0}^3) + \Delta D\left(\frac{T - T_0}{TT_0}\right)\right]$$

$$-RT\left[\Delta A\, ln\frac{T}{To} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{To^2\, x\, T^2}\right)\right]\left(\frac{T + T_0}{2}\right)(T - T_0)\right.$$

(Smith,2001)

$\Delta G^o = 9{,}0664\text{E} + 05$

Reaksi 2 :

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

Dimana :

R = 0,008314 kJ/mol.K

T = 400 °C = 673,15 K

To = 800 °C = 1073,15 K

$\Delta H^o r$ = -114,2 kJ/mol

$\Delta G^o f$ = -70,6 kJ/mol

Maka diperoleh nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD sebagai berikut :

ΔA = -30,398

ΔB = 5,4666 x 10^{-2}

ΔC = 1,9049 x 10^{-5}

ΔD = -5,7399 x 10^{-8}

Selanjutnya substitusikan nilai ΔA, ΔB, ΔC dan ΔD pada rumus ΔG^o sebagai berikut :

$$\Delta G^o = \Delta Ho^o - \frac{T}{To}(\Delta Ho^o - \Delta Go^o) + R\left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - {T_0}^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - {T_0}^3) + \Delta D\left(\frac{T - T_0}{TT_0}\right)\right]$$

$$-RT\left[\Delta A\, ln\frac{T}{To} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{To^2\, x\, T^2}\right)\right]\left(\frac{T + T_0}{2}\right)(T - T_0)\right.$$

(Smith,2001)

$\Delta G^o = -2{,}3605\text{E} + 002$

Sehingga ΔG^o total $= \Delta G^o$ reaksi 1 + ΔG^o reaksi 2

$= -9{,}0664\text{E} + 05 + -2{,}3605\text{aE} + 002$

= 9,0640 x 10^5 kJ/mol

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG^o bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tidak berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG^o bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu semakin kecil ΔG^o maka reaksi tersebut akan semakin baik karena dapat berlangsung spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil.

2. Pembuatan Asam Nitrat dari Asam Sulfat dan Natrium Nitrat

a) Menghitung nilai $\Delta H^o r$ tiap reaksi

Reaksi :

$NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow HNO_{3(l)} + NaHSO_{4(l)}$

$\Delta H^o r = \Delta H^o{}_{f\ produk} - \Delta H^o{}_{f\ reaktan}$

$= ((-135{,}10) + (1387{,}1) - (-467{,}9) + (753{,}13)$

$= -301{,}17$ kJ/mol

b) Menghitung nilai $\Delta HG^o f$

Reaksi :

$NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow HNO_{3(l)} + NaHSO_{4(l)}$

$\Delta G^o f = \Delta G^o{}_{f\ produk} - \Delta G^o{}_{f\ reaktan}$

= ((-74,70) + (-993,9) – (-7,35) + (-653,47)

= -407,78 kJ/mol

2.2.2. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensi ekonomi berdasarkan perhitungan ekonomi kasar dari pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2.4. Harga Pembuatan Asam Nitrat (Kurs $1 = Rp. 15.600)

Komponen	Rumus Kimia	BM	Harga $(/kg)	Harga (/kg)
Asam Nitrat	HNO_3	63,013	$1,474	Rp. 23.000
Ammonia	NH_3	17,031	$0,00193	Rp. 30.108
Udara	O_2	31,999	-	-
Nitrogen Oksida	NO	30,006	-	-
Air	H_2O	18,015	-	-
Nitrogen Dioksida	NO_2	46,006	-	-
Asam Sulfat	H_2SO_4	98,079	$0,350	Rp. 5.460
Natrium Nitrat	$NaNO_3$	84,99	$1,533	Rp. 23.914
Natrium Bisulfat	$NaHSO_4$	120,06	$0,00238	Rp. 15.600

Sumber : Pubchem.gov , Icis.Price , alibaba.

1. Pembuatan Asam Nitrat dari Ammonia dan Udara (Ostwald)

Reaksi yang terjadi pada proses oksidasi adalah sebagai berikut:

$$NH_{3(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow HNO_{3\,(aq)} + H_2O_{(g)}$$

Menurut data data yang diperoleh dari buku “Faith dan Kirk Othmer”, Pada proses retor yield asam nitrat yang dihasilkan sebesar 95%. Berdasarkan rekasi stoikiometri,maka dapat ditentukan mol dan massa dari masing masing produk maupun reaktan.

Konversi = 95%

Basis = 1 kg HNO_3 terbentuk

Produk :

1) Mol HNO_3 $= \frac{1\ kg}{63{,}013\ kg/mol} = 0{,}0159$

2) Mol H_2O $= \frac{1}{1}\ x\ 0{,}159\ = 0{,}0159$

   Massa H_2O $= 0{,}0159\ x\ 18{,}015 = 0{,}2859$

Reaktan :

1) Mol NH_3 $= \frac{1}{1}\ x\ \frac{0{,}0159}{0{,}95} =\ 0{,}0167$

   Massa NH_3 $= 0{,}0167$ x $17{,}031 = 0{,}2845$

2) Mol O_2 $= \frac{2}{1}\ x\ 0{,}0159 =\ 0{,}0317$

   Massa O_2 = 0,0317 x 31,999 = 1,0156

Tabel 2.5. Mol dahn Harga Pembuatan Asam Nitrat (Ostawald)

Komponen	Rumus Kimia	BM	Massa		Harga (/kg)
			Kmol	Kg	
Asam Nitrat	HNO_3	63,013	0,0159	1	Rp. 23.000
Ammonia	NH_3	17,031	0,0167	0,2845	Rp. 30.108
Udara	O_2	31,999	0,0317	1,0156	-

1) Harga penjualan produk utama dan produk samping

   HNO_3 = 1 kg x Rp. 23.000 = Rp. 23.000

2) Biaya pembelian bahan baku

   NH_3 = 0,0159 x Rp. 30.108 = Rp. 8.565,807

   O_2 = 0,0317 x Rp.0 = Rp.0

3) Profit = harga penjualan produk – harga pembelian bahan baku

   = Rp. 23.000 – Rp. 8.565,807

   = Rp. 14.434,192 /kg HNO_3

2. Pembuatan Asam Nitrat dari Asam Sulfat dan Natrium Nitrat (Retor)

Reaksi yang terjadi pada proses oksidasi adalah sebagai berikut:

$$NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow HNO_{3(l)} + NaHSO_{4(l)}$$

Menurut data data yang diperoleh dari buku "Faith dan Kirk Othmer", Pada proses oksidasi yield asam nitrat yang dihasilkan sebesar 97%. Berdasarkan rekasi stoikiometri,maka dapat ditentukan mol dan massa dari masing masing produk maupun reaktan.

Konversi = 97%

Basis = 1 kg HNO_3 terbentuk

Produk :

1) Mol HNO_3 $= \frac{1\ kg}{63{,}013\ kg/mol} = 0{,}0159$
2) Mol $NaHSO_4$ $= \frac{1}{1} x\ 0{,}159 = 0{,}0159$

   Massa $NaHSO_4$= $0{,}0159\ x\ 120{,}06 = 1{,}9053$

Reaktan :

1) Mol $NaNO_3$ $= \frac{1}{1} x \frac{0{,}0159}{0{,}97} = 0{,}0164$

   Massa $NaNO_3$ = 0,0164 x 84,99 = 1,3905
2) Mol H_2SO_4 $= \frac{1}{1} x\ 0{,}0159 = 0{,}0159$

   Massa H_2SO_4 = 0,0159 x98,079 = 1,5565

Tabel 2.6. Mol dahn Harga Pembuatan Asam Nitrat (Retort)

Komponen	Rumus Kimia	BM	Massa		Harga (/kg)
			Kmol	Kg	
Asam Nitrat	HNO_3	63,013	0,0159	1	Rp. 23.000
Asam Sulfat	H_2SO_4	98,079	0,0159	1,5565	Rp. 5.460
Natrium Nitrat	$NaNO_3$	84,99	0,0164	1,3905	Rp. 23.914
Natrium Bisulfat	$NaHSO_4$	120,06	0,0159	1,9053	Rp. 15.600

4) Harga penjualan produk utama dan produk samping

   HNO_3 = 1 kg x Rp. 23.000 = Rp. 23.000

   $NaHSO_4$ = 1, 9053 x Rp. 15.600 = Rp. 29.723

5) Biaya pembelian bahan baku

   H_2SO_4 = 1,5565 x Rp. 5.460 = Rp. 8.498,426

   $NaNO_3$ = 1,3905 x Rp.2.3914 = Rp. 33.253,142

6) Profit = harga penjualan produk – harga pembelian bahan baku

   = (Rp. 23.000 + Rp. 29.723) – (Rp. 8.498,426- Rp. 33.253,142

   = Rp. 27.968,2935 /kg HNO_3

2.3. Pemilihan Proses

Tabel 2.7. Perbandingan antara Proses Oksidasi dan Proses *Retort*

Parameter	**Proses Ostwald (Oksidasi)**	**Proses *Retort***
Bahan Baku	NH_3 dan udara	$NaNO_3$ dan H_2SO_4
Perolehan Bahan Baku	**NH_3 :** - PT Petrokimia Gresik (1.105.000 ton/tahun) **Udara :** Lingkungan	**$NaNO_3$:** Impor (Chile) **H_2SO_4 :** Indonesia *Acid Industry*
Kondisi Operasi:		
Suhu (°C)	800	150-200
Tekanan (atm)	6	1-2
Jenis Reaktor	*Fixed Bed*	CSTR
Katalis	Platina-Rhodium	-
Konversi	93-95%	97%
Produk Samping	Tidak ada	$NaHSO_4$
Kelebihan Proses	- Sudah banyak digunakan industry dan paling komersil - Reaksi berjalan cepat - Bahan Baku Sederhana	- Kemurnian produk yang tinggi
$\Delta H^o r$ (kJ/mol)	-1057,9 (eksotermis)	-301,17 (eksotermis)
$\Delta G^o f$ (kj/mol)	-1018,3 (spontan)	-407,78 (spontan)
Harga:		
Produk (/kg)	HNO_3 : Rp. 23.000	HNO_3 : Rp. 23.000

Parameter	Proses Ostwald (Oksidasi)	Proses *Retort*
Bahan Baku (/kg)	NH_3 : Rp. 8.565 Udara : Rp. -	$NaNO_3$: Rp. 33.253 H_2SO_4 : Rp.8.498
Katalis (/kg)	Platina-Rhodium	-
Produk Samping (/kg)	-	$NaHSO_4$
Total Keuntungan *(Profit)*	**Rp. 14.434**	**Rp. -18.751**

Berdasarkan uraian tabel diatas,proses yang dipilih adalah proses oksidasi dengan beberapa pertimbangan antara lain :

- Proses dan alat yang digunakan lebih sederhana
- Bahan baku yang diperlukan untuk proses mudah didapatkan dengan jumlah yang banyak
- Profit yang dihasilkan lebih banyak

2.4. Uraian Proses

Pembuatan asam nitrat dengan Proses *Ostwald* dilakukan dengan menggunakan bahan baku Amonia dan udara. Proses ini termasuk proses reaksi oksidasi. Pada tahap awal Amonia (NH_3) dioksidasi menjadi nitrogen monoksida (NO), kemudian nitrogen monoksida dioksidasi menjadi nitrogen dioksida (NO_2). Tahap akhir yaitu absorbsi nitrogen dioksida menjadi asam nitrat (HNO_3) yang kemudian dimurnikan di dalam *Stripper* (ST-101). Proses pembuatan asam nitrat dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembentukan asam nitrat, tahap pemurnian, dan penyimpanan asam nitrat dijelaskan sebagai berikut:

2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap ini bertujuan untuk menyiapkan bahan baku sebelum direaksikan ke reaktor. Bahan baku Amonia diperoleh dengan kemurnian 99,50% (komposisi bahan baku terdiri dari 99,50% Amonia dan 0,50% berupa air) dikirim dari PT Petrokimia Gresik dan disimpan dalam **Tangki Penyimpanan Amonia (TP-101)** pada suhu -32 ºC dan tekanan 12 atm sehingga Amonia tetap dalam kondisi cair. Kemudian, dipompa terlebih dahulu dan diturunkan tekanannya hingga mencapai 5 atm bersuhu 30ºC menggunakan ***Expansion Valve*** **(EV-101)** dan diubah fasenya dari cair menjadi gas dengan cara diuapkan menggunakan ***Vaporizer*** **(VP-101)**. Amonia cair keluaran ***Vaporizer*** bersuhu 60ºC dengan tekanan 5 atm.

Feed berupa Amonia yang keluar dari ***Vaporizer*** **(VP-101)** dicampurkan terlebih dahulu dengan uap air sebelum penambahan oksigen untuk menghindari terbentuknya campuran reaktif. Uap air didapatkan dari aliran *saturated steam* dengan tekanan sebesar 5 atm dan suhu 200°C. Pencampuran antara Amonia dan uap air terjadi di ***Mix Point*** **(MP-101)** dengan hasil keluaran campuran Amonia dan uap air dipompa terlebih dahulu untuk menaikkan tekanannya hingga 10 atm sebelum dialirkan menuju **Reaktor (RE-101).** Penambahan uap air tidak akan mempengaruhi

reaksi oksidasi Amonia dalam reaktor karena uap air bersifat *inert*. Campuran uap air dan amonia kemudian dialirkan menuju ***Furnace*** **(FU-101)** untuk dinaikkan suhunya menjadi 800°C sesuai dengan suhu operasi di reaktor.

Bahan baku udara diperoleh langsung dari lingkungan menggunakan ***Blower Fan*** **(BF-101).** Udara bersuhu 30 ºC dan tekanan 1 atm tersebut disaring dari pengotor menggunakan ***Membrane Separator*** **(MS-101)**. Setelah itu, udara dinaikkan tekanannya hingga 10 atm menggunakan ***Compressor*** **(CP-102)** dan dialirkan menuju ***Furnace*** **(FU-102)** untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 800ºC agar sama saat bereaksi dengan Amonia di **Reaktor (RE-101)**. Campuran *feed* berupa Amonia dan udara kemudian dialirkan menuju **Reaktor (RE-101)** yang bekerja pada suhu 800 ºC dan tekanan 10 atm.

2.4.2. Tahap Pembentukan Asam Nitrat (Reaksi Oksidasi)

Campuran *feed* berupa Amonia dan oksigen masuk ke dalam **Reaktor (RE-101)**. Reaksi berlangsung dalam fase gas. Pada **Reaktor (RE-101)** terdapat tumpukan katalis Pt-Rh berupa kawat anyaman yang disebut *Gauze* untuk mempercepat proses reaksi oksidasi *k*arena reaksi sangat bersifat eksotermis, maka pada **Reaktor (RE-101)** dilengkapi dengan jaket pendingin untuk mempertahankan kondisi operasinya agar tidak terjadi penurunan suhu. Reaksi akan berlangsung dalam fase gas dan merupakan reaksi isotermis yang beroperasi pada suhu 800 ºC dan tekanan 10 atm. Jenis reaktor yang digunakan yaitu ***Reactor Fixed Bed Multitube***. Reaktor ini dipilih dengan pertimbangan bahwa zat yang akan direaksikan berada pada fasa gas dengan katalis Platina-Rhodium merupakan katalis padat. Selain itu, dengan reaktor ini tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas hasil keluaran reaktornya. Pada tahap pembentukan asam nitrat diawali dengan oksidasi Amonia. Tahap ini bertujuan untuk mengoksidasi Amonia dan menghasilkan gas nitrogen monoksida (NO) yang digunakan untuk tahapan selanjutnya. Reaksi oksidasi yang menghasilkan NO memiliki nilai konversi sebesar 95%. Nitrogen monoksida yang terbentuk akan langsung

teroksidasi kembali dengan oksigen membentuk nitrogen dioksida. Adapun reaksi yang terjadi di dalam **Reaktor (RE-101)**, yaitu :

$$4\ NH_{3\ (g)} + 5\ O_{2\ (g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad (2.19)$$

$$2\ NO_{(g)} + O_{2\ (g)} \rightarrow 2NO_{2\ (g)} \quad (2.20)$$

Komponen - komponen yang keluar **Reaktor (RE-101)** memiliki suhu 800 ºC. Selanjutnya, campuran senyawa yang terdiri dari $NH_{3\ (g)}$, $O_{2\ (g)}$, $NO_{(g)}$, $H_2O_{(g)}$, dan $NO_{2\ (g)}$ dialirkan menuju ***Expander*** **(EX-102)** untuk diturunkan tekanan dan suhunya hingga mencapai 5 atm dan 600ºC. Setelah itu, dialirkan menuju ***Cooler*** **(CO-101)** dan ***Cooler*** **(CO-102)** hingga campuran bertekanan 1 atm dan suhu 30ºC. Campuran tadi kemudian dialirkan menuju ***Absorber*** **(AB-101)**. Di dalam ***Absorber*** **(AB-101)** terjadi reaksi oksidasi NO_2 oleh air menjadi HNO_3 dengan konversi 98%. Adapun reaksi yang terjadi, yaitu:

$$3\ NO_{2\ (g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2\ HNO_{3\ (l)} + NO_{(g)} \quad (2.21)$$

Bottom product keluaran ***Absorber*** **(AB-101)** yaitu campuran HNO_3 dan H_2O dengan fasa liquid akan dialirkan menuju kolom ***Stripper*** **(ST-101)** untuk dimurnikan. Sedangkan, *top product* keluaran ***Absorber*** **(AB-101)** yang merupakan gas-gas NO, NO_2, NH_3, H_2O, O_2, dan N_2 akan dibakar menggunakan ***Flare Stack***.

2.4.3. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Asam Nitrat

Produk akhir yang dihasilkan berupa asam nitrat yang keluar dari ***Absorber*** **(AB-101)** dimurnikan lebih lanjut dengan menggunakan ***Stripper*** **(SP-101)**. *Stripping agent* yang digunakan ialah O_2 atau oksigen. *Bottom* produk yang dihasilkan berupa HNO_3 dengan kemurnian sebesar 67% untuk kemudian ditampung dalam ***Storage Tank*** **(ST-102)** pada suhu 30 ºC dan tekanan 1 atm.

III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku Ammonia

3.1.1 Sifat Fisika

Tabel 3.1. Spesifikasi Ammonia

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	NH_3
Berat molekul	17,031 g/mol
Wujud	Cairan
Warna	Tidak berwarna
Densitas	0,618 g/L
Titik beku	-77,7°C
Titik didih	-33,35°C
Temperatur kritis	132,5°C
Tekanan kritis	111,305 atm

(Carl Yaws, 1999; Kirk Othmer, 1991)

3.1.2 Sifat Kimia

a. Reaksi dengan udara (oksidasi) dengan bantuan katalis Pt-Rh menjadi nitrogen oksida dan air untuk menghasilkan asam nitrat.

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad (3.1)$$

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \quad (3.2)$$

$$NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)} \quad (3.3)$$

b. Reaksi dengan logam aktif, misalnya magnesium (Mg)

c. menghasilkan nitrit.

$$3Mg_{(s)} + 2NH_{3(l)} \longrightarrow Mg_3N_{2(s)} + 3H_{2(g)} \quad (3.4)$$

d. Reaksi dengan halogen

$$NCl_3NH_{3(g)} + 3NH_{3(g)} \longrightarrow N_{2\,(g)} + 3NH_4Cl_{(aq)} \quad (3.5)$$

$$NCl_3Cl_{(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow NCl_{3(l)} + 3HCl_{\,(aq)} \quad (3.6)$$

e. Reaksi dengan asam mengalami netralisasi.

(Kirk Othmer, 1991)

3.2 Spesifikasi Bahan Baku Oksigen

3.2.1 Sifat Fisika

Tabel 3.2. Spesifikasi Oksigen

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	O_2
Berat molekul	31,999 g/mol
Wujud	Gas
Warna	Tidak berwarna
Densitas	1,204 kg/m^3 (pada 1 atm)
Titik beku	-218,79°C
Titik didih	-182,98°C
Temperatur kritis	-118,57°C
Tekanan kritis	49,770 atm

(Yaws, 1999)

3.2.2 Sifat Kimia

a. Bereaksi dengan semua unsur, kecuali He, Ne dan Ar.
b. Bereaksi dengan bahan bakar seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara akan menghasilkan CO_2, H_2O serta residu seperti N_2 dan O_2.
c. Bersifat oksidator.

(Kirk Othmer, 1991)

3.3 Spesifikasi Bahan Baku Penunjang (Katalis Platina-Rhodium)

3.3.1. Sifat Fisika

Tabel 3.3. Spesifikasi Katalis Pt-Rh

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	Pt-Rh
Berat molekul	Pt (195.080) – Rh (102.906) g/mol
Wujud	Pellet atau tablet
Komposisi	Pt (90) – Rh (10) %
Diameter	0,003 in

3.4 Spesifikasi Produk Asam Nitrat (HNO_3)

3.4.1. Sifat Fisika

Tabel 3.4. Spesifikasi Asam Nitrat (HNO_3)

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	HNO_3
Nama lain	*Aqua fortis, azotic acid, hydrogen nitrate, nitryl hydroxide*
Berat molekul	63,01 gram/mol
Wujud	Cair
Warna	Tidak berwarna
Kemurnian	67%
Kadar air (*impurity*)	33%
Densitas	1,059 gram/mL
Kalor jenis	1,76 J/g K
Boiling point	83,4^{o}C
Max boiling azeotrope	120 ^{o}C
Viskositas	0,9cP

Parameter	Keterangan
Titik leleh	-41,6^{o}C
Titik beku	-37,62^{o}C
Temperatur kritis	246,85˚C
Tekanan kritis	67,999 atm

Sumber: Kirk Othmer, 1995; Perry and Green, 2008; Carl Yaws, 1999

3.1.1. Sifat Kimia

a. Asam nitrat merupakan pengionisasi yang kuat. Reaksi yang terjadi:

$NaOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$ (3.7)

$CdO_{(s)} + 2HNO_{3\,(l)} \rightarrow Cd(NO_3)_{2\,(aq)} + H_2O_{(l)}$ (3.8)

$3FeO_{(s)} + 10\ HNO_{3(l)} \rightarrow 3Fe(NO_3)_{(aq)} + 5\ H_2O_{(l)}$ (3.9)

b. Asam nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat, reaksi yang terjadi:

$I_{2(s)} + 10\ HNO_{3(l)} \rightarrow 2HIO_{3\,(aq)} + 4H_2O_{\,(l)} + 10NO_{2\,(g)}$ (3.10)

$Sn_{(s)} + 4\ HNO_{3(l)} \rightarrow SnO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 4NO_{2(g)}$ (3.11)

c. Asam nitrat sebagai *nitriging agent,* reaksi yang terjadi:

$HNO_{3(aq)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow NO_2^{+}{}_{(aq)} + H_3O^{+}{}_{(aq)} + 2HSO_4^{-}$ (3.12)

d. Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan bisa terurai sebagai berikut:

$4HNO_{3(aq)} \rightarrow 4NO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)} + O_{2(g)}$ (3.13)

(Perry and Green, 2008)

X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik asam nitrat dengan kapasitas 54.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pabrik asam nitrat dari oksidasi amonia dengan kapasitas 54.000 ton/tahun.
2. Pabrik akan didirikan di Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan mudah untuk mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, dan mempunyai kemudahan akses dalam pemasaran produknya.
3. Pabrik asam nitrat dari oksidasi amonia dengan kapasitas54.000 ton/tahun menggunakan proses oksidasi amonia dengan udara pada kondisi operasi temperatur 800°C dan tekanan 10 atm. Pabrik digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi karena temperatur cukup tinggi.
4. Berdasarkan kajian ekonomi umur pabrik yang diperoleh yaitu 10 tahun.
5. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai BEP pada tahun pertama sebesar 47% dan BEP rata-rata sebesar 25 %.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi disarankan:

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses, alat penunjang, dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh. *Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*). *Fixed Capital Investment* pada prarancangan Pabrik HNO_3 ditunjukkan pada tabel berikut.

DAFTAR PUSTAKA

Badger W.L. & Banchero.J.L. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw-Hill, Australia.

Banchero, B. 1955. *Chemical Engineering Series*. Mc Graw Hill in Chemical Engineering : New York.

Brown, G. 1950. *Unit Operations*.John Wiley and Sons : New York

Brownell, Young. 1959. *Equipment Process Design*. Wiley Eastern Limited : Bangalore.

Biegler, L. T.. 1997. *Systematic Methods of Chemical Process Design*. Prentice Hall PTR. Carnegie Mellon University.

Coulson, Richardson. 1983. *Chemical Engineering, Vol. 6th*. Pergamon Press : New York

Geankoplis, C. J. 1983. *Transport Processes and Unit Operations, Ed. 2nd*.Allyn and Bacon, Inc : London

Himmelblau. 1996. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*.Prentice Hall International : London

Kern, D.1950. *Process Heat Transfer*.Mc Graw Hill International Book Company: London

Matches, 2014. *Matches' Process Equipment Cost Estimates.* http:// http://www.matche.com/equipcost/Default.html.

Mc Cabe. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering, Jilid. 2nd, Ed. 4th*.Mc Graw Hill Book Company : New York

Megyesy, E, F. 1983. Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

Perry's, 1950. *Chemical Engineer's Handbook, Ed. 3rd*.Mc Graw Hill Book Company : London

Perry's, 1963. *Chemical Engineer's Handbook, Ed. 4th*.Mc Graw Hill Book Company : London

Perry's, 1999. *Chemical Engineer's Handbook, Ed. 7th*.Mc Graw Hill Book Company : London

Perry's, 2008. *Chemical Engineer's Handbook, Ed. 8th*.Mc Graw Hill Book Company : London

Smith, J.M., Ed.6th, 2001 ; Chemical Data Chemmaths

Peter, Timmerhaus. 2002/1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.Mc Graw Hill Higher Education : New York

Powell, S.T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, Mc Graw Hill Book Company, New York.

Ulrich, G. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*.University of New Hampshire : USA.

Wallas, M. 1990/1988. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Boston