

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI
NATRIUM KLORIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



Oleh :

Ziadaturrohmah 11521070

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2016

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT
DARI ASAM NITRAT DAN NATRIUM KLORIDA
KAPASITAS 15.000 TON/ TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Ziadaturrohmah**

No. Mhs : **11521070**

Yogyakarta, 15 Agustus 2016

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

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



Ziadaturrohmah

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT
DARI ASAM NITRAT DAN NATRIUM KLORIDA
DENGAN PROSES SINTESIS
DENGAN KAPASITAS 15.000 TON / TAHUN**



Yogyakarta, 15 Agustus 2016

Pembimbing I,

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI NATRIUM KLOORIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :
Ziadaturrohmah (11521070)

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

Yogyakarta, September 2016

Tim Penguji,

Sholeh Ma'mun, ST., MT., Ph.D
Ketua

Khamdan Cahyari, ST., M.Sc
Anggota I

Lucky Wahyu Nuzulia S., ST., M.Eng
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Faisal R.M., Ir., Drs., MSIE., Ph.D

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI ASAM NITRAT DAN NATRIUM KLORIDA DENGAN PROSES SINTESIS KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Bapak Dr.Drs Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Keluar besar penulis yang selalu mendukung baik dalam materi maupun moril.

4. Bapak Ir.Faisal RM, MSIE., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Sholeh Ma'mun, S.T.,M.T.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman Teknik Kimia 2011 yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa selama mengerjakan tugas akhir ini.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.,Wb.

Yogyakarta, 15 Agustus 2016

Penyusun

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

1. *Ayahanda (H. Dimyati) dan Ibundaku (Hj. Mahmudah) tercinta orang yang selalu mengharapkan kesuksesanku tanpa kenal lelah dan putus asa, engkau berjalan di bawah teriknya matahari yang menyengat demi mewujudkan harapan dan impian buah hatimu ini dengan penuh keikhlasan dan kesabaran yang luar biasa, karena engkaulah anakda mengenal kehidupan ini (bakti anakda untukmu dan restumu semangatku), jasamu tiada dapat anakda balas kecuali dengan seuntai do'a tulus ikhlas semoga Allah SWT mengampuni semua dosa-dosamu dan selalu dilimpahkan Rahmat keberkahan pahala atas segala yang telah Ayah/Ibunda korbankan untuk anakda dan semoga ayah/Ibunda kelak mendapatkan Syurga FirdausNYA. Amin.*
2. *Untuk kedua Kakakku, (M. Zuhad & Ahmad Mursyid) tercinta, yang senantiasa selalu menemaniku dalam suka dan duka, dan selalu memberiku semangat dan motivasi dalam menyelesaikan studi, semoga kita semua selalu sukses dunia dan akhirat..*
3. *Guru-guruku, yang selama ini mendidik dan membimbingku tanpa kenal lelah, semoga engkau ilmu-ilmu yang engkau telah ajarkan tetap tercurahkan.*
4. *Dan teruntuk untuk sahabat-sahabat cemara (Novi Nur Firtriana Sari, Rofiatun Nur Faizah, Matwa Akrimi, Fuky Winarsih, Purti Mawaddatus salihah, Hilda Arta Aprilisah, Ani Nurwasilah dan Firda Mahira Alfiata*

Chusna) yang tiada lelah mendukung, membantu , memberikan perhatian yang begitu luar biasa selama saya mengerjakan skripsi ini dan tidak pernah bosan memberikan masukan kalian adalah orang – orang yang berperan besar dari awal sampai saya lulus, terimakasih telah mengajarkan saya banyak hal salah satunya adalah kebersamaan, kesabaran, keikhlasan dan kasih sayang, semoga kita semua sukses dunia akhirat .



DAFTAR ISI

Lembar judul tugas akhir pra rancangan pabrik	i
Lembar pernyataan keaslian pra rancangan pabrik	ii
Lembar pengesahan dosen pembimbing	iii
Lembar pengesahan penguji	iv
Kata pengantar	v
Lembar persembahan	vii
Daftar isi	ix
Daftar tabel	xi
Daftar gambar	xii
Abstract	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kapasitas Perancangan	4
1.3. Lokasi Pendirian Pabrik	6
1.4. Tinjauan Pustaka	9
1.5. Tinjauan Termodinamika	11
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1. Spesifikasi Produk dan bahan baku	13
2.2. Pengendalian Kualitas	15
2.3. Konsep Proses	23
BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1. Uraian Proses	25
3.2. Spesifikasi Alat Proses	26
3.3. Perencanaan Produksi	53
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	
4.1. Lokasi Pabrik	55

4.2. Tata Letak Pabrik	58
4.3. Tata Letak Alat Proses	62
4.4. Aliran Proses dan Material	66
4.5. Perawatan (<i>Maintenance</i>)	76
4.6. Pelayanan Teknik (<i>Utilitas</i>)	77
4.7. Organisasi Perusahaan	91
4.8. Evaluasi Ekonomi	102
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	124
5.2. Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRA	



ABSTRAK

Kata Kunci : Natrium Nitrat, Reaktor Alir Tangki Berpengaduk, Break Event Point, Shut Down Point. Pra rancangan pabrik natrium nitrat memiliki kapasitas 15.000 ton/ tahun akan didirikan di Cilegon, Jawa Barat, dengan luas 14.466 m². Pabrik tersebut beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan beroperasi 24 jam setiap hari kerja. Karyawan yang dibutuhkan untuk pabrik tersebut sebanyak 145 orang.

Bahan baku berupa larutan asam nitrat 60 % sebanyak 16.000 ton/tahun dan padatan natrium klorida 95 % sebanyak 12.000 ton/tahun. Jenis reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm.

Dari analisis ekonomi didapat biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dengan (*Fixed Capital Investment*) sebesar Rp 92.803.000.000 (\$ 6.629.000) dan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha (*Working Capital Investment*) sebesar Rp 46.311.000.000 (\$ 3.308.000). Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 44.266.000.00 dan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 21.247.000.000, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 48% dan ROI sesudah pajak sebesar 23 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,89 tahun dan sesudah pajak sebesar 3 tahun. Nilai *Break Event Point* (BEP) sebesar 40,35 %, nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,02 %. Nilai *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 19,3 %.

Berdasarkan analisis ekonomi dapat diambil kesimpulan bahwa Pra rancangan Pabrik natrium nitrat dengan kapasitas 15.000 ton/ tahun layak untuk didirikan.

ABSTRACT

Preliminary plant design of natrium nitrate with capacity of 15,000 tons/year is planned to be built in Cilegon, West Java, in the area of land of 14,466 m². This chemical plant will operate for 330 days or 24 hours a day with the total employees of 154 people.

Raw materials needed are nitric acid 60% with amount of 16,000 tons/year and sodium chloride 95% of 12,000 tons/year. The process takes place in a Continous Stirred Tank Reactor (CSTR) at 60 °C and 1 atm.

An economic analysis shows that this chemical plant needs to be covered by fixed capital of Investment about \$ 6,629,000 (Rp 92,803,000,000) and working capital of about \$ 3,308,000 (Rp 46.311.000.000). The profit before taxes is Rp 44,266,000,000, while the profit after taxes is Rp 21,247,000,000 Percentage of return on invesment (ROI) before taxes is 52%, while after taxes is 24%, pay out time (POT) before taxes is 1.80 year, while after taxes is 3 years. The value of break event point (BEP) for about 40.35 %, while shut down point (SDP) of about 28.02 %. The value of discounted cash flow rate (DCFR) is about 19.3 %.

Based on the economic analysis, it can be concluded that preliminary plant design of natrium nitrat with capacity 15,000 tons/year is feasible to be built.

Keyword : Natrium nitrate, Continous Stirred Tank Reactor, Break Event Point, Shut Down Point

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis berkepanjangan yang melanda Indonesia saat ini sempat menghambat pembangunan nasional yang bertujuan untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila. Krisis tersebut terutama di bidang ekonomi yang merupakan faktor penting dalam menunjang program pembangunan tersebut. Untuk melepaskan diri dari keterpurukan ekonomi ini maka bangsa Indonesia harus mampu bangkit kembali mengejar ketertinggalannya dengan memanfaatkan kekuatan dan potensi yang ada di Indonesia baik berupa kekayaan sumber daya alam dan sumber daya manusia.

Salah satu wujud pembangunan tersebut adalah pembangunan industri kimia di Indonesia. Pembangunan industri kimia di Indonesia diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain. Sasaran lain yang ingin dicapai adalah memperluas kesempatan kerja, meningkatkan produksi dalam negeri dan menyeimbangkan struktur ekonomi Indonesia.

Dalam sistem perdagangan dunia yang mengarah pada era globalisasi, industri kimia dasar termasuk salah satu industri yang memiliki prospek cukup cerah di masa yang akan datang. Hal ini disebabkan oleh semakin terbukanya peluang pasar bagi produk-produk kimia dasar di Indonesia maupun ke pasar internasional sebagai komoditas ekspor untuk memenuhi permintaan industri yang berbahan baku kimia dasar.

Kebutuhan bahan kimia dasar yang mendorong Indonesia memproduksi bahan-bahan kimia yang sangat diperlukan pemakainya di dalam negeri, karena selama ini Indonesia masih mendatangkan bahan-bahan tersebut dari luar negeri. Untuk mengurangi ketergantungan dari luar negeri maka diperlukan untuk mendirikan Industri kimia dasar khususnya natrium nitrat.

Bahan baku pembuatan natrium nitrat (NaNO_3) adalah natrium klorida (NaCl) dan asam nitrat (HNO_3), Seperti kita ketahui natrium nitrat merupakan zat *intermediate* yang biasa digunakan sebagai bahan baku dalam industri pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen, pembuatan kaca, pembuatan kalium nitrat, dinamit, obat-obatan, dan sebagai *reagent* dalam kimia analisis dan masih banyak lagi. Hingga saat ini kebutuhan akan natrium nitrat masih diimpor dari China.

Sehubungan dengan semakin meningkatnya permintaan natrium nitrat bagi industri kimia di banyak negara di dunia, termasuk salah satunya di Indonesia maka prospek untuk mendirikan pabrik natrium nitrat akan terbuka semakin lebar. Pendirian pabrik pembuatan natrium nitrat di Indonesia ini diharapkan dapat memperkecil ketergantungan Indonesia akan impor bahan-bahan kimia dari luar negeri, terutama natrium nitrat yang juga dapat dijadikan komoditi ekspor. Hal ini juga tentunya akan berimbas terhadap penghematan devisa negara dan juga dapat menambah devisa negara. Tak hanya itu, pendirian pabrik natrium nitrat ini juga dapat memicu pertumbuhan industri-industri yang lain di Indonesia, sehingga akan membuka lapangan kerja baru dan memperluas kesempatan kerja bagi masyarakat.

Kebutuhan bahan kimia dari tahun ke tahun meningkat, demikian pula dengan kebutuhan terhadap natrium nitrat. Ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik natrium nitrat, yaitu :

- a. Kebutuhan pabrik natrium nitrat semakin hari semakin meningkat, dan untuk memenuhi kebutuhan natrium nitrat di Indonesia selama ini masih diimpor dari luar negeri seperti dari Thailand, China, Jepang, Malaysia dan beberapa negara lainnya.
- b. Tersedianya bahan baku yang memadai di dalam negeri, seperti dari PT. Cheetham Garam Indonesia Cilegon, PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek dan PT. Kaltim Indonesia di Bontang.
- c. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor natrium nitrat dari luar negeri, sehingga dapat menghemat devisa negara.
- d. Pendirian pabrik ini memungkinkan untuk memacu berkembangnya industri kimia lainnya, terutama industri hilir dari industri petrokimia, seperti pabrik pembuatan cat, pembuatan kaca, ataupun bahan-bahan sintesis.
- e. Dari segi sosial ekonomi, pendirian pabrik natrium nitrat ini dapat menyerap tenaga kerja dan meningkatnya perekonomian masyarakat, khususnya masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas serta belum mencukupinya kebutuhan natrium nitrat dalam negeri, maka pendirian pabrik natrium nitrat di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

1.2 . Kapasitas Prancangan

Dalam menentukan kapasitas produksi yang menguntungkan, digunakan beberapa pertimbangan di antaranya :

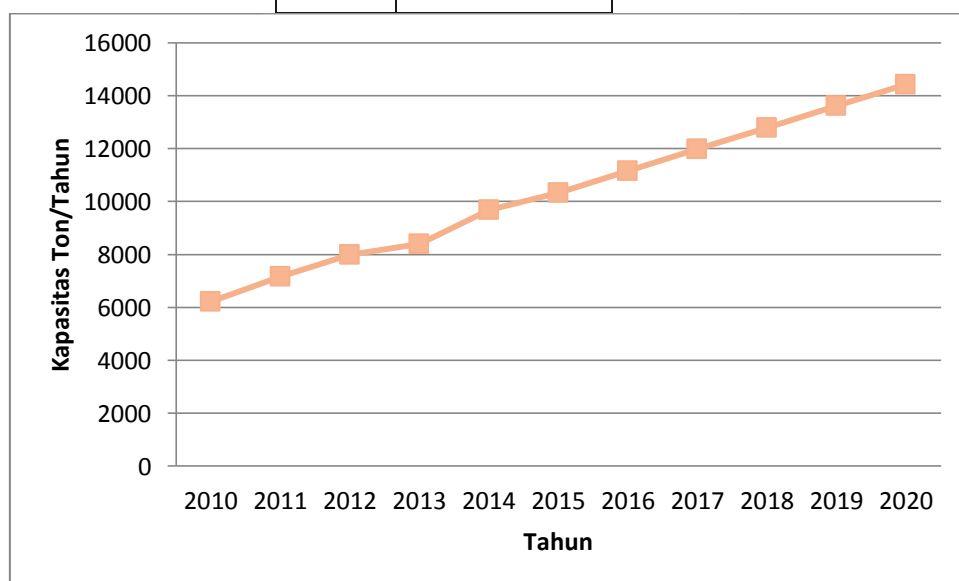
1. Jumlah impor natrium nitrat
2. Ketersediaan bahan baku
3. Kapasitas produksi yang telah beroperasi

1.2.1. Impor Natrium Nitrat di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, proyeksi kebutuhan natrium nitrat diperkirakan akan semakin meningkat. Hal ini bisa diamati dari Tabel 1.1 yang berisi data impor natrium nitrat di Indonesia berikut :

Tabel 1.1 Data Impor natrium nitrat di Indonesia (BPS, 2015)

Tahun	Jumlah (Ton)
2010	6209
2011	7162
2012	7989
2013	8387
2014	9688



Gambar 1.1 Import natrium nitrat di Indonesia

Dengan menggunakan persamaan regresi linier yang diperoleh dari Gambar 1.2, kebutuhan impor natrium nitrat pada tahun 2020 dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$Y = 818,3 X - 1638533 \dots\dots\dots (1)$$

Kebutuhan impor natrium nitrat pada tahun 2020 yaitu diperkirakan mencapai 14.433 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku Natrium klorida (NaCl) yang diperlukan dalam pembuatan natrium nitrat diperoleh dari PT. Cheetham Garam Indonesia, Cilegon, yang berkapasitas 800.000 ton/tahun, sedangkan HNO₃ diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek dengan kapasitas 55.000 ton/tahun dan di PT. Kaltim Indonesia, Bontang, dengan kapasitas 238.000 ton/tahun.

1.2.3. Pabrik yang Sudah Beroperasi

Beberapa pabrik yang memproduksi natrium nitrat dengan berbagai proses dengan kapasitas tertentu disajikan pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Kapasitas Produksi Natrium Nitrat Komersial di Dunia (Othmer, 1997)

Pabrik	Proses	Kapasitas
Deepak Nitrite Ltd. Bombay	Sintesis	40.000
Qena Distriq Egypt	Shank	113.000
Amerika	Sintesis	210.000

Maria Eliana, Chili	Gugenheim	520.00
Pedro de Valdivia	Gugenheim	750.000

Berdasarkan beberapa pertimbangan, maka ditetapkan kapasitas rancangan pabrik natrium nitrat yang akan didirikan pada tahun 2020 nanti sebesar 15.000 ton/tahun dengan alasan kebutuhan natrium nitrat di dalam negeri sebesar 14.433 ton/tahun dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan natrium nitrat dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor natrium nitrat .

1.3 Lokasi Pendirian Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi sangat menentukan kelangsungan dan perkembangan pabrik pada beberapa tahun mendatang. Ada beberapa yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik agar pabrik yang dirancang bisa mendatangkan keuntungan yang besar.

Lokasi pabrik natrium nitrat direncanakan didirikan di daerah Cilegon, Jawa Barat, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1.3.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung yang mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan bahan baku

Pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku, maka pabrik natrium nitrat didirikan di dekat penghasil utama bahan baku (natrium klorida dan asam nitrat), yaitu PT. Cheetham Garam Indonesia dan PT. Multi Nitrotama Kimia.

2. Pemasaran produk

Pendirian pabrik di daerah Cilegon menarik karena lokasi yang strategis yaitu dekat dengan pelabuhan ekspor-impor Tanjung Priok. Sarana transportasi laut sudah terpasang dengan baik di daerah ini, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk.

3. Tenaga kerja

Kawasan industri Cilegon terletak daerah Jawa dan Jabotabek yang syarat dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal yang mana banyak menghasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.

4. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan murah karena area kawasan ini memiliki sumber aliran sungai, yaitu sungai Cikandek. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan cukup mudah.

5. Letak geografis

Daerah cilegon dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri.

1.3.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut :

1) Perluasan areal unit

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan berproduksi Cilegon, sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2) Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

3) Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia. Selain itu fasilitas-fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan tarap hidup.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Natrium Nitrat

Natrium nitrat (NaNO_3) merupakan bahan kimia *intermediate*. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chile dan merupakan endapan yang cukup lebar, yaitu 8 – 65 km serta lebar 0,3 – 1,2 m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengering (Austin, 1984).

Dalam pembuatan natrium nitrat (NaNO_3) dikenal tiga macam proses, yaitu:

a. Proses Shank

Bahan baku berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang mengandung NaNO_3 . Prosesnya meliputi *loading*, *leaching*, *washing*, dan *unloading*. Pada prinsipnya proses yang utama adalah pemurnian dari garam hasil penambangan dimana selain zat-zat NaNO_3 dikurangi kadarnya sehingga diperoleh dengan kadar 60% (Othmer, 1997).

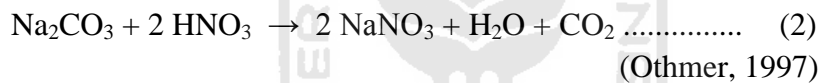
b. Proses Guggenheim

Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan, yaitu melalui proses *crushing*, *leaching*, *filtering*, *crystalizing*, dan *graining* sehingga kadar NaNO_3 lebih besar yaitu $\pm 85\%$ (Othmer, 1997).

c. Proses Sintesis

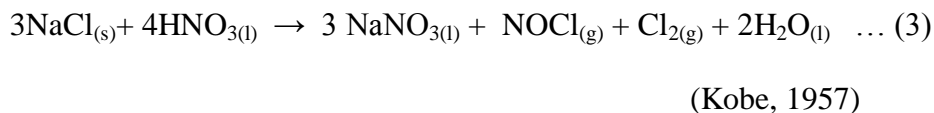
Macam – macam proses sintesis, yaitu :

1. Reaksi antara Na_2CO_3 dengan HNO_3



Proses ini berlangsung pada suhu $305 - 350^\circ\text{C}$ pada tekanan vakum di dalam Reaktor *Fluidized Bed*. Reaksi ini akan menghasilkan produk NaNO_3 dengan konversi sebesar 97-98 % terhadap HNO_3 (U.S. Patent 2535990, 1950).

2. Reaksi antara NaCl dengan HNO_3



Proses ini berlangsung pada suhu 60°C pada tekanan 1 atm (Kobe, 1957)

Dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Besarnya konversi yang diperoleh adalah 95% terhadap NaCl (U.S. Patent 1978751, 1934). Proses sintesis menghasilkan

kadar NaNO_3 yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guaggenheim, yaitu $\pm 90 - 99 \%$ (Othmer, 1997).

Dari macam – macam proses tersebut, maka dipilih proses sintesis antara natrium klorida (NaCl) dan asam nitrat (HNO_3), dengan mempertimbangkan keuntungan seperti :

1. Tingkat kemurnian hasil lebih tinggi yaitu $\pm 90 - 99 \%$ dibandingkan dengan proses Shank ($\pm 60 \%$) maupun Guggenheim ($\pm 85 \%$).
2. Sintesis dari natrium klorida dan asam nitrat berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) sehingga prosesnya relatif lebih sederhana dibandingkan dengan sintesis dari natrium karbonat (Na_2CO_3) dan asam nitrat (HNO_3) yang berlangsung dalam reaktor *fluidized bed*.
3. Sintesis dari natrium klorida dengan asam nitrat berlangsung pada tekanan atmosferis sehingga proses produksi relatif lebih sederhana dibandingkan dengan sintesis dari natrium karbonat dengan asam nitrat yang berlangsung pada tekanan vakum.

Tabel 1.3 Perbandingan Proses sintesis pembuatan NaNO_3

Tujuan	Bahan baku yang dibandingkan	
	Na_2CO_3	NaCl
Konversi	97-98 % terhadap HNO_3 ¹	95% terhadap NaCl ²
Kondisi operasi	$P < 1 \text{ atm}, T = 305-350 \text{ }^\circ\text{C}$ ¹	$P = 1 \text{ atm}, T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ³
Tipe reaktor	<i>Fluidized bed</i>	RATB
Harga bahan	US, \$ 160,165/ton ⁴	US \$ 17/ton ⁴

Sumber : 1. US.Patent 2535990, 1950

2. US.Patent 1978751, 1934

3. Kobe, 1957

4. www.matche.com

1.4.2 Kegunaan Produk

Natrium nitrat merupakan bahan *intermediet* yang sebagian besar dikonsumsi sebagai bahan baku untuk pembuatan pupuk (terutama pupuk NPK), bahan eksplosif pada pembuatan dinamit, pembuatan kaca, dan pembuatan cat.

a. Pembuatan pupuk NPK

Pada proses pembuatan pupuk NPK, natrium nitrat merupakan bahan baku yang menghasilkan nitrogen pada pupuk tersebut, dimana natrium nitrat direaksikan dengan garam kalium klorida sehingga membentuk kalium nitrat. Kemudian kalium nitrat dialirkan dengan bantuan fosfat yang mempunyai kadar fosfat tinggi sehingga dihasilkan pupuk NPK yang memberi nutrisi pada daun. Dewasa ini penggunaan pupuk kalium nitrat lebih disukai dibandingkan dengan kalium klorida karena tanaman tidak tumbuh baik pada tanah yang mengandung klorida.

b. Pembuatan kaca

Pada pembuatan kaca natrium nitrat digunakan sebagai bahan tambahan yang dicampur dengan *columite*, dimana natrium nitrat mengoksidasi *columite*. *Columite* merupakan *slag* atau sisa proses peleburan logam yang berfungsi untuk meningkatkan melting potensial, menurunkan devitrifikasi, menurunkan viskositas moltingans. Pada pencampuran tersebut membutuhkan natrium nitrat sebanyak 2,5 %. Penggunaan natrium nitrat ini sangat efektif karena dapat mengurangi *bubble* sehingga produk kaca tidak cacat.

c. Pembuatan Dinamit

Reaksi antara natrium nitrat dengan amonium nitrat akan menghasilkan gas yang sangat eksplosif sehingga dapat menimbulkan ledakan. Jenis dinamit yang dihasilkan, yaitu *straight dynamite*, *amonia dynamite*, *gelatin dynamite*, *gelatin nitrat*, *amonia gelatin*. Perbandingan jenis dinamit ditentukan dengan pemekatan perbandingan amonium nitrat dengan natrium nitrat.



BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan natrium nitrat dirancang berdasarkan variabel utama yaitu : spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Asam Nitrat	Natrium Klorida	Natrium Nitrat
Rumus Kimia	HNO ₃	NaCl	NaNO ₃
BM	63,02 g/mol	58,44 g/mol	84,99 g/mol
Titik didih	86 °C pada 1 atm	1413°C	380 °C
Titik Beku	-42 °C pada 1 atm	800 °C	308°C
Kemurnian	60 %	99%	98 %
Bentuk dan warna	Cair bening tidak berwarna	Kristal kubik padat berwarna putih	Kristal trigonal padat berwarna putih
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau

Sifat bahan	Cairan korosif dan dapat menyebabkan luka bakar	Menyerap air (higroskopis) dan tidak mudah terbakar	Higroskopis
Densitas	1,502 g/cm ³	2,163 g/cm ³	2,257 g/cm ³
Panas peme-ntukan	-	-	-
Panas laten	-	-	-
Kelarutan dalam air	tercampurkan	36 g/100 ml	73 g/100 ml
Harga jual dipasaran	Rp 19.000/100 ml	Rp 238.000/ton	Rp 7.140 /kg

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik natrium nitrat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa natrium klorida dan asam nitrat dengan tujuan agar bahan yang digunakan menghasilkan kualitas produk yang baik.

2.2.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

2.2.2.1 Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
- b. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
- c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

2.2.2.2 Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan.

Pemeriksaan rutin harus dilakukan untuk menjaga kualitas produk maupun untuk mengetahui apakah proses berjalan normal atau tidak, sehingga apabila terjadi penyimpangan dapat segera diatasi. Adapun analisa yang dilakukan berupa :

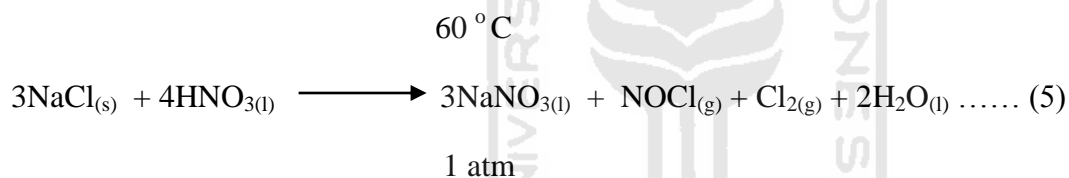
1. Analisa bahan baku: analisa ini dilakukan terhadap bahan baku untuk kebutuhan proses produksi (NaNO_3). Analisa dilakukan pada saat bahan baku datang, sehingga pabrik dapat menolak bahan baku yang dibeli apabila hasil analisa tidak memenuhi syarat. Analisa yang dilakukan meliputi densitas, kemurnian, warna dan viskositas.
2. Analisa intermediet: analisa ini dilakukan setiap saat selama proses berlangsung, khususnya produk dari reaktor. Analisa ini dilakukan terhadap produk sementara atau intermediet untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan selama proses berlangsung, jadi apabila terdapat kesalahan dalam produk yang tidak sesuai dengan ketentuan maka proses dapat dilakukan koreksi dengan cepat.

3. Analisa produk : analisa ini dilakukan untuk hal-hal yang bersifat spesifik terhadap produk yang dihasilkan dan pemeriksaan ini dilakukan setiap satu jam sekali agar produk yang dihasilkan sesuai ketentuan yang ditetapkan baik kemurnian, kadar impuritas, densitas, viskositas, dan *specific gravity*.

2.3 KONSEP PROSES

2.3.1 Dasar Reaksi dan Mekanisme Reaksi

Proses pembuatan natrium nitrat dari bahan baku NaCl dan HNO₃ berdasarkan pada reaksi Netralisasi, seperti terlihat dibawah ini :



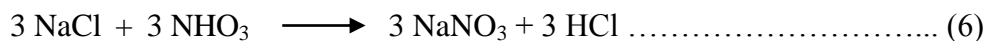
Reaksi berlangsung dengan kondisi operasi :

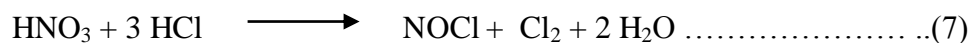
Tekanan : 1 atm

Suhu : 60 °C

2.3.2 Mekanisme Reaksi

Reaksi Netralisasi NaCl dan HNO₃ menjadi NaNO₃ dan H₂O berdasarkan urutan mekanisme reaksi sebagai berikut :





NaCl akan bereaksi dengan HNO₃ membentuk NaNO₃ terlebih dahulu. Selanjutnya HCl akan bereaksi dengan sisa HNO₃ yang belum bereaksi dengan NaCl sehingga membentuk air dan gas NOCl dan Cl₂. Reaksi NaCl dan HNO₃ menjadi NaNO₃ berlangsung di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada temperatur 60 °C dan tekanan 1 atm.

(Othmer,1997)

2.3.3 Kondisi Operasi

Proses pembuatan natrium nitrat dari bahan baku natrium klorida dan asam nitrat dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) tanpa menggunakan katalis merupakan reaksi netralisasi fase cair. Reaksi berjalan pada suhu 60 °C dengan tekanan 1 atm. Pemilihan kondisi operasi tersebut merupakan kondisi optimum untuk pembentukan NaNO₃ dari NaCl dan HNO₃ (Kobe, 1957). Selain itu untuk menjaga agar HNO₃ tetap bereaksi dengan NaCl membentuk NaNO₃, karena HNO₃ kurang stabil jika pada suhu tinggi dan akan terdekomposisi menjadi gas NO₂, H₂O dan O₂ (Othmer, 1997). Pada prancangan pabrik natrium nitrat ini rasio mol reaktan NaCl dengan HNO₃ adalah 1 : 1,2 sehingga akan diperoleh konversi sebesar 95% terhadap NaCl (*U.S.Patent* 2215450, 1940).

Reaktor dijalankan pada kondisi isothermal sehingga suhu dalam reaktor harus dijaga konstan pada suhu 60 °C maka digunakan reaktor jenis RATB dan selain itu juga fase reaktan yang berbentuk cair sehingga memungkinkan penggunaan reaktor jenis ini. Untuk menjaga

reaksi berjalan pada keadaan isothermal, yaitu pada suhu 60 °C tersebut maka dimasukkan pendingin pada jaket reaktor .

2.3.4 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika digunakan sebagai cara untuk menentukan reaksi yang terjadi bersifat (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (reversible/irreversible). Panas reaksi dihitung dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f^0) produk dan reaktan. Perhitungan tersebut dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 298 K.

Reaksi pembentukan natrium nitrat :



Harga ΔH_f^0 masing – masing senyawa pada suhu 298 K dapat dilihat pada **Tabel 2.2** di bawah ini

Tabel 2.2 Data- data entalpi setiap senyawa (*Sumber : Yaws, 1999*)

senyawa	$\Delta H_{f,298}^0$ (kj/mol)
NaCl	- 410,994
HNO3	173,218
NaNO3	-466,683
NOCl	51,7142
Cl2	0
H2O	-241,8

➤ Panas reaksi standar ΔH°_r

$$\Delta H^\circ_r \text{ 298 K} = (n \sum \Delta H^\circ_f, 298)_{\text{produk}} - (n \sum \Delta H^\circ_f, 298)_{\text{reaktan}} \dots\dots(10)$$

$$= (3. \Delta H^\circ_f \text{NaNO}_3 + \Delta H^\circ_f \text{NOCl} + \Delta H^\circ_f \text{Cl}_2 + 2. \Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O})$$

$$- (3. \Delta H^\circ_f \text{NaCl} + 4. \Delta H^\circ_f \text{NHO}_3) \dots\dots\dots (11)$$

$$= [3.(-466,683) + 51,7142 + 0 + 2.(-241,8) -$$

$$(3.(-410,994) + 4.(173,218)]$$

$$\Delta H^\circ_r = -1291,8248 \text{ kJ/mol}$$

$$= -1.291.825 \text{ J/mol}$$

Jadi hasil reaksi pembentukan natrium nitrat bersifat eksotermis karena diperoleh hasil ΔH°_r bernilai negatif.

Mengetahui suatu reaksi bersifat *reversible* atau *irreversible* dapat digunakan nilai konstanta keseimbangan (K). Selain itu juga diperlukan energi Gibbs dari masing-masing senyawa yang terlibat dalam reaksi. Energi Gibbs tersebut dapat digunakan *Physical Properties Table* dari buku yang ditulis Yaws, 1999. Energi dari masing-masing senyawa akan diperlihatkan berikut.

Tabel 2.2 Harga ΔG_f^0 setiap senyawa (Sumber : Yaws, 1999)

Senyawa	ΔG_f^0
NaCl	-384,049
HNO ₃	-79,914
NaNO ₃	-365,891
NOCl	66,0654
Cl ₂	0
H ₂ O	-228,589

- Konstanta kesetimbangan (K) pada saat standar

Persamaan :

$$\Delta G^{\circ} = \sum(n\Delta G_f^{\circ}) \text{ produk} - \sum(n\Delta G_f^{\circ}) \text{ reaktan} \dots\dots\dots (12)$$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

ΔG° = Energi bebas Gibbs standard (kJ/gmol)

R = Tetapan gas ideal (8,314 x 10⁻³ kJ/mol.K)

T = Suhu standar (298 K)

K = Konstanta keseimbangan pada 298 K

(J.M. Smith and H.C. Van Ness, 1975)

Berdasarkan rumus energi *Gibbs* tersebut, berarti apabila yang dicari adalah nilai *K*, maka persamaan akan berubah menjadi berikut.

$$K = \exp(\Delta G^\circ/RT) \dots\dots\dots (14)$$

Perhitungan Energi bebas *Gibbs* standard dapat diperlihatkan berikut.

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G^\circ_f) \text{ produk} - \sum(n\Delta G^\circ_f) \text{ reaktan} \dots\dots\dots (15)$$

$$= (3.\Delta G^\circ_f \text{ NaNO}_3 + \Delta G^\circ_f \text{ NOCl} + \Delta G^\circ_f \text{ Cl}_2 + 2.\Delta G^\circ_f \text{ H}_2\text{O}) - (3.\Delta G^\circ_f \text{ NaCl} + 4.\Delta G^\circ_f \text{ NHO}_3) \dots\dots\dots(16)$$

$$= (3.(-365,891) + 66,065 + 0 + 2. (-228,589)) - (3.(-384,049) +$$

$$4. -79,914)$$

$$= -16,983 \text{ kJ/mol}$$

$$= -16.983 \text{ J/mol}$$

$$K_{298} = \exp(-\Delta G^\circ/RT)$$

$$= \exp(16.983/ 8,314 \times 298)$$

$$= 948,3227$$

Jika nilai dari ΔG° adalah negatif, maka nilai $K > 1$. Jika nilai $K > 1$, maka reaksi akan cenderung pada terbentuknya produk dan bersifat irreversible.

2.3.5 Tujuan Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan natrium nitrat dari natrium klorida dan asam nitrat merupakan reaksi reaksi orde 2 (www.nist.com). Orde 2 pada reaksi pembentukan

natrium nitrat ini adalah 1 : 1.3 terhadap natrium klorida dan asam nitrat, hal ini berdasarkan pada konsentrasi asam nitrat yang walaupun berlebih terhadap natrium klorida tetapi juga tidak dominan (perbedaan konsentrasi tidak terlalu besar , yaitu selisih 0.3) sehingga dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

(Levenspiel, 1999) :

$$(-r_A) = k(C_A)(C_B) = k.[C_{A0}(1-X_A)].[(C_{B0}-(C_{A0}\cdot X_A)] \dots\dots\dots (17)$$

Dimana :

$(-r_A)$ = kecepatan reaksi zat A (NaCl)

k = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.jam

C_A = konsentrasi NaCl pada waktu t, mol/L

C_B = konsentrasi HNO₃ pada waktu t, mol/L

C_{A0} = konsentrasi NaCl mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

C_{B0} = konsentrasi HNO₃ mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

X_A = konversi terhadap NaCl

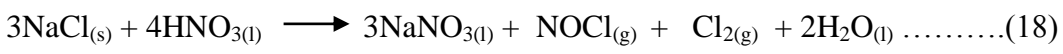
Dari *U.S.Patent 221,5450,1940* diperoleh data-data sebagai berikut :

$$C_{A0} : C_{B0} = 1 : 1.3$$

$$\text{Waktu (t)} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Konversi (X}_A\text{)} = 95\%$$

Reaksi orde 2



M C_{A0} $1,2.C_{A0}$

R $X_A.C_{A0}$ $4/3.X_A.C_{A0}$ $X_A.C_{A0}$ $1/3.X_A.C_{A0}$ $1/3.X_A.C_{A0}$ $2/3.X_A.C_{A0}$

S $C_{A0}(1-X_A)$ $4/3.C_{A0}.(1-X_A)$ $X_A.C_{A0}$ $1/3.X_A.C_{A0}$ $1/3.X_A.C_{A0}$ $2/3.X_A.C_{A0}$

$-r_a = k.C_A C_B \dots\dots\dots (19)$

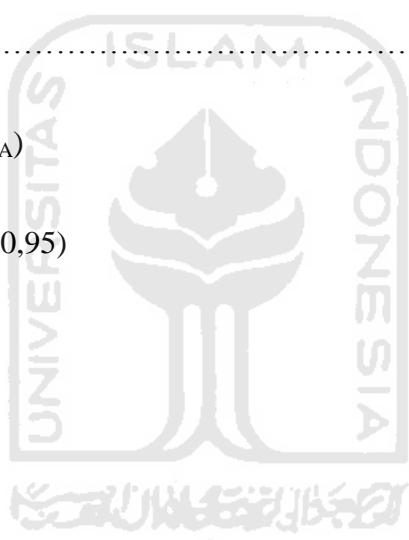
$-r_a = k.C_{A0}(1-X_A)(C_{B0}-(C_{A0}.4/3X_A) \dots\dots\dots (20)$

$-r_a = k.C_{A0}(1-X_A)(1,5C_{A0}-(C_{A0}.4/3X_A)$

$-r_a = k.C_{A0}(1-0,95)(1,5C_{A0}-(C_{A0}.4/3.0,95)$

$-r_a = 0,05kC_{A0}(1,5C_{A0}-1,267C_{A0})$

$-r_a = 0,01165k.C_{A0}^2$



Jenis Reaktor RATB :

$$V = \frac{F_{a0}.X_a}{-r_a}$$

$$V = \frac{V_o.C_{a0}.X_a}{0,01165k.C_{a0}^2}$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{X_a}{0,01165k.C_{a0}}$$

$$\tau = \frac{X_a}{0,01165k.C_{a0}}$$

$$0,5 = \frac{0,95}{0,01165k.Cao}$$

$$k = \frac{163,09}{Cao} \text{ L/mol.jam}$$



BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. URAIAN PROSES

Proses pembuatan *sodium nitrat* menggunakan bahan baku asam nitrat dan natrium klorida. Asam nitrat sebelum masuk reaktor terlebih dahulu dipanaskan menggunakan HE dari suhu 30°C menjadi 60°C yang dioperasikan pada tekanan 1 atm dengan menggunakan steam sebagai pemanas, kemudian bahan baku natrium klorida padat terlebih dahulu dimasukkan ke mixer dengan tambahan air untuk dijadikan larutan jenuh kemudian dialirkan ke HE-01 untuk dipanaskan dari suhu 30°C menjadi 60°C menggunakan steam sebelum masuk ke reaktor R-1 . Setelah bahan baku asam nitrat dan natrium klorida bereaksi di dalam reaktor dengan suhu reaksi 60°C dan pada tekanan 1 atm, kemudian hasil atau produk dari keluaran reaktor tersebut diumpankan masuk ke separator untuk memisahkan uap sebagai produk samping dengan cairan. Produk keluaran separator (S-01) akan dialirkan menuju ke expander valve untuk menurunkan tekanan menjadi 0,92 atm. Tujuan pengurangan tekanan adalah untuk menurunkan titik didih, sehingga larutan lebih cepat menguap, kemudian keluaran expander akan dialirkan menuju alat penukar panas (HE) untuk menaikkan suhu dari 60°C menjadi 70°C yang selanjutnya akan di lewatkan ke dalam evaporator *triple effect* yang di kontakkan dengan *steam* pada *first effect*, dan hasil bawah evaporator *first effect* dialirkan ke evaporator *second effect* dan hasil atasnya yang berupa uap panas akan berfungsi sebagai pemanas pada evaporator *second effect*, kemudian hasil bawah evaporator *second effects* akan diumpankan ke evaporator *third effect* dan hasil atasnya sebagai pemanas untuk evaporator *third effect*. Produk yang keluar dari evaporator *third effect*

dinaikkan tekanannya menjadi 1 atm dengan menggunakan pompa. Tekanan dinaikkan menjadi 1 atm agar tekanan produk sama dengan tekanan di lingkungan baru kemudian produk dialirkan ke alat *crystalizer* untuk dikristalkan. Selanjutnya slurry yang keluar dari *crystalizer* diumpankan ke *centrifuge* untuk dipisahkan kristal *sodium nitrat* dari air. Air terpisah dari *sodium nitrat*, karena densitasnya yang lebih ringan. Air akan dilairkan ke *waste treatment*. *Sodium nitrat* yang sudah dipisahkan berdasarkan densitas, tetap memiliki kandungan natrium klorida dan air dalam jumlah yang sedikit. Natrium nitrat ini merupakan hasil bawah yang akan dialirkan menuju ke *Rotary Dryer* untuk dikurangi kadar cairan yang terikut pada hasil padatan *sodium nitrat*. Untuk mengurangi kandungan air digunakan pemanas yang berupa udara sekeliling yang sudah disaring kotorannya dalam filter udara yang kemudian alirkan dengan blower dan dipanaskan dalam pemanas. Keluaran dari *rotary dryer* akan diangkat oleh *Bucket Elevator* masuk ke bin untuk dilakukan *packing* sebelum didistribusikan.

3.2. Spesifikasi Alat

3.2.1. Tangki Penyimpanan Bahan asam Nitrat (T-01)

Tugas	: Menyimpan asam nitrat sebanyak 2014,6 kg/jam untuk keperluan 7 hari
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan alas datar (<i>flat bottom</i>) dengan bagian atas berbentuk <i>conical roof</i> .
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 955,2886 m ³
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi : Diameter = 10.6763 m

Tinggi = 10.6763 m

Tebal Head = 5/8 in

Bahan : Highh Allouy Steel SA-240,grade 304,18 Cr-8Ni

Harga : \$ 469800

3.2.2. Bin

Tugas : Menyimpan natrium nitrat selama 14 hari

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 236,0691761 m³

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

: Suhu = 30°C

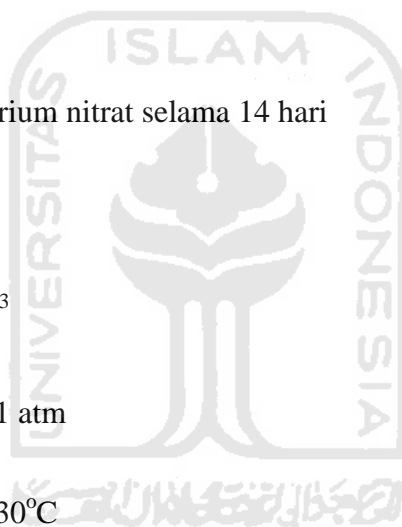
Spesifikasi : Diameter = 4,425417 m

Tinggi = 17,70167 m

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Diameter opening : 2,623 m

Harga : \$ 40.800



3.2.3. Reaktor (R-01)

Tugas : Mereaksikan asam nitrat dan natrium klorida

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fase : Cair

Bahan konstruksi : *High Alloy Steel SA-240, Grade 304, 18 Cr-8 Ni*

Tekanan = 1 atm

Suhu masuk = 60 °C

Suhu keluar = 60 °C

Spesifikasi :

Dimensi : Diameter = 1,9723 m

Tinggi = 2,95847 m

Tebal Shell = 5/16 in

Dimensi Head

Bentuk : *Torispherical flanged dan dished head*

Tebal head = 3/16 in = 0,00476 m

Tinggi total head = 14.29 in = 0,362966 m

Pengaduk : Tipe = *6 flat blade turbine impeller* dengan 4 *baffle*

Jumlah = 1 buah

Diameter = 38.825 in = 0,986 m

Kecepatan = 197,82 rpm



Power = 0,50 hp

Jumlah : 1 buah

Volume : 16,07 m³

Bahan : *Titanium*

Perhitungan jaket :

Tebal jaket : ¼ in = 0,635 cm

Tinggi jaket : 1,5 m

Material : *Carbon Steel SA 212 grade B*

Harga : \$ 109.000

3.2.4. Evaporator - 01 (EV-01)

Tugas : Menguapkan NOCl, Cl₂, dan sebagian air dari produk reaktor.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,92 atm

Suhu = 70 °C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Tebal Shell = 3/16 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* = 3/16 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.5. Evaporator - 02 (EV-02)

Tugas : Menguapkan sebagian air (H₂O) dari produk evaporator - 01.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,78 atm

Suhu = 60 °C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Tebal Shell = 3/8 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* = 3/16 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.6. Evaporator - 03 (EV-03)

Tugas : Mengua air dari produk evaporator - 02.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,6684 atm

Suhu = 51,8°C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Dimensi *Displacement Vapor*

Diameter = ft = m

Tebal Shell = 3/16 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* 3/16 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.7. : **Cristalizer**

Tugas : Mengkristalkan larutan NaNO_3 dari evaporator

Jenis : *Draft Tube Baffle (DTB) Crystallizer*

Fase : Lewat jenuh

Jumlah : 1 buah

Volume : 2,4 m³

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu masuk = 51,8 °C

Suhu keluar = 40 °C

Spesifikasi :

Dimensi : Diameter = 1,119 m



Tinggi = 2,3 m

Tebal Shell = 3/8 in

Pengaduk : spiral agitator

Kecepatan : 60 rpm

Daya : 1 Hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 84900 (kristalizer)

3.2.8. Centrifuge (CF)

Tugas : Memisahkan padatan natrium nitrat dari campuran padatan dan cairan yang keluar dari evaporator 03 sebanyak 1969.5021 kg/jam menjadi padatan natrium nitrat sebanyak 1816.1924 kg/jam.

Jenis : *Reciprocating Conveyor Continuous Centrifuge*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 40 °C

Spesifikasi : Diameter basket = 12 in = 0,3048 m

Panjang = 0,8 m

Motor

Kecepatan Putar = 500 rpm

Power = 1 hp

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 14700

3.2.9. Dryer (RD)

Tugas : Mengurangi kadar cairan yang terikut pada hasil padatan Natrium Nitrat

Jenis : *Rotary Dryer*

Fase : Padat

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu udara masuk = 93,33°C

Suhu udara keluar = 37,7 °C

Suhu padatan masuk = 40 °C

Suhu padatan keluar = 70 °C

Spesifikasi : Panjang = 12,533 m

Diameter = 3,1333 m

Kecepatan Putar = 4,5732 rpm

Kemiringan = 25°

Jumlah flight = 9,84

Daya = 19 hp

Motor = 14.0656 kW

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 252.300

3.2.10. Expander (E)

Tugas : Menurunkan tekanan produk reaktor (R-01).

Jenis : *Liquid Expander*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Tekanan masuk : 1 atm

Tekanan keluar : 0,92 atm

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20,39

3.2.11. Screw Conveyor (SC-01)

Tugas : Mengangkut cake dari *centrifuge* untuk diumpankan ke *rotary dryer*.

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Kapasitas = 193,8738 ft³/jam
 Jarak *horizontal* = 19,685 ft = 6 m
 Diameter = 9 in = 0,2286 m

Power : 0,327 hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 4.400

3.2.12. Screw Conveyor (SC-02)

Tugas : Mengangkut material dari *rotary dryer*.

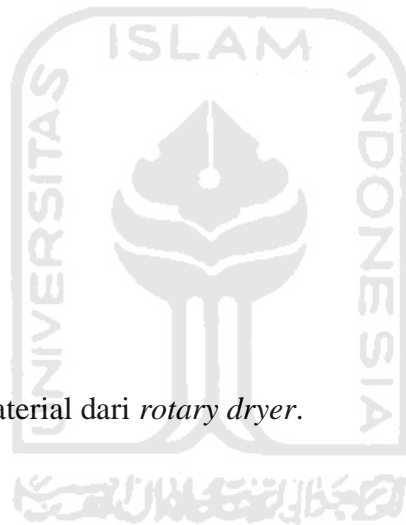
Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Kapasitas = 183,2526 ft³/jam
 Jarak *horizontal* = 90 ft = 5,17 m
 Diameter = 9 in = 0,2286 m

Power : 1,44 hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 10.800



3.2.13. Bucket Elevator (BE)

Tugas : Mengangkut produk natrium nitrat padatan dari *screw conveyer* menuju bin.

Jenis : Continuous bucket

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi bucket : Width = 8 in

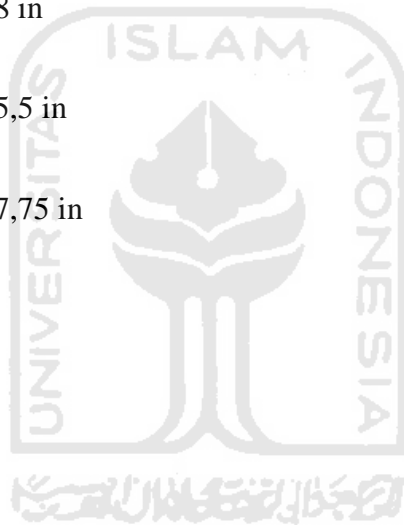
Projection = 5,5 in

Depth = 7,75 in

Tinggi elevasi : 17,39 m

Panjang : 13,12 ft = 4 m

Harga : \$ 19.400



3.2.14. Separator (S-01)

Tugas : Memisahkan komponen gas dan cairan yang keluar dari reactor R-01 .

Jenis : Tangki silinder tegak

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 60 °C

Spesifikasi : Diameter = 0,61 m

Tinggi = 1,84 m

Tebal shell = 3/8 in

Tebal head = 5/8 in

Bahan : Carbon steel SA 283 grade C

Harga : \$ 1.000

3.2.15. Heat Exchanger 01 (HE-01)

Tugas : Memanaskan produk NaCl dari mixer sebanyak 2120,9021 kg/jam menuju Reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 151633,5374 Btu/jam

Luas transfer panas: 11,1843 ft²

Panjang hairpin : 1 x 12 ft

Annulus Fluida panas : steam

IPS : 3 in

SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,004 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-01 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 1200

3.2.16. Heat Exchanger 02 (HE-02)

Tugas : Memanaskan bahan bau HNO₃ sebanyak 2014,60002 kg/jam menuju Reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 12976,07306 Btu/jam

Luas transfer panas : 19,36 ft²

Panjang hairpin : 20 ft

Hairpin : 1 x 20

Annulus

- Fluida panas : steam

- IPS : 3 in

- SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,043 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-02 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20.500

3.2.17. Heat Exchanger 03 (HE-03)

Tugas : Memanaskan produk keluaran Reaktor menuju evaporator first effect

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 61745,5647 Btu/jam

Luas transfer panas : 17,5922 ft²

Panjang hairpin : 1 x 18 ft

Annulus

- Fluida panas : steam

- IPS : 3 in

- SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,057 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-02 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20.500



3.2.18. Coler

Tugas : Mendinginkan produk crystalizer menuju crystalizer (CR).

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 159.399,78 Btu/jam

Luas transfer panas : 18,138 ft²

Panjang hairpin : 20 ft

Hairpin :

Annulus

- Fluida panas : Produk Cristalizer

- IPS : 3 in

- SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu



Dirt Factor available : 0,036 hr.ft².°F/Btu

Catatan : cooler memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 21.500

3.2.19. Heat Exchanger 04 (HE-04)

Tugas : Memanaskan udara sebanyak 26192,6308 kg/jam menuju *rotary dryer* (RD).

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Beban Panas : 1609968,2659 Btu/jam

Luas transfer panas : 935,7621 ft²

Shell

- Fluida panas : Steam

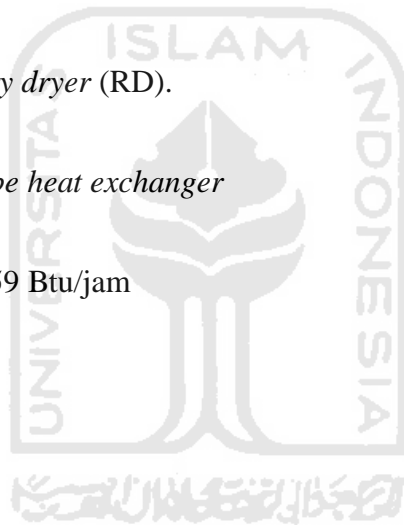
- ID : 19,25 in

- Baffle : 3,85 in

- Pass : 1

Tube

- Fluida dingin : Udara



- ID	: 0,62 in
- Nt	: 301
- L	: 16 ft
- OD	: 0,75 in
- BWG	: 16
- a"	: 0,1963 in
- Pass	: 1
Dirt Factor min	: 0,003 hr.ft ² .°F/Btu
Dirt Factor available	: 0,02 hr.ft ² .°F/Btu
Catatan	: HE-04 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 258 grade C (shell)</i> dan <i>Stainless Steel 304 (tube)</i>
Harga	: \$ 94.500

3.2.20. Pompa (P-01)

Tugas	: Mengalirkan NaCl dari tangki pengaduk Menuju Reaktor sebanyak 4691,147 kg/ jam.
Jenis	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 20 gpm

Power pompa : 0,964 hp

Power motor : 1,5 hp

Spesifik Speed : 189,8331

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 14.800

3.2.21. Pompa (P-02)

Tugas : Mengalirkan HNO_3 dari tangki penyimpanan menuju R-01 sebanyak 2014,6 kg/jam.

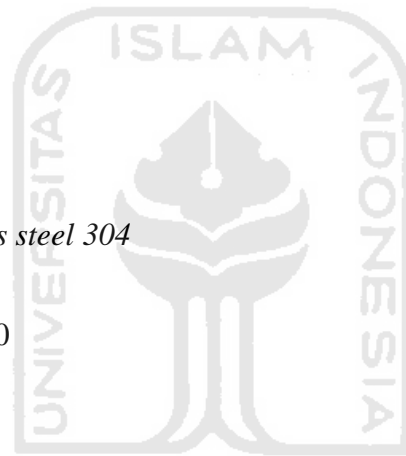
Jenis : *Single Stage Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 20 gpm

Power pompa : 0,37217 hp

Power motor : 0,5 hp



Specific Speed : 387,59

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 19.000



3.2.22. Pompa (P-03)

Tugas : mengalirkan produk dari reaktor menuju evaporator first effect

Jenis : *Single Stage Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 25 gpm

Power pompa : 0,605 hp

Power motor : 0,75 hp

Specific speed : 328,7611

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 7.400

3.2.23. Pompa (P-04)

Tugas : Mengalirkan produk dari evaporator *first effect* ke evaporator *second effect*

Jenis : Vacuum pump slurry

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 50 gpm

Power pompa : 0,36 hp

Power motor : 0,75 hp

Specific speed : 1392,402

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2,5 in

Schedule Number : 40

ID : 2,469 in

OD : 2,88 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 17.600

3.2.24. Pompa (P-05)

Tugas : Mengalirkan produk dari evaporator *second effect* ke evaporator *third effect*

Jenis : *Vacuum pump slurry*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 50 gpm

Power pompa : 0,42 hp

Power motor : 0,75 hp

Specific speed : 1246,586

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2,5 in

Schedule Number : 40

ID : 2,469 in

OD : 2,88 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 17.600

3.2.25. Pompa (P-6)

Tugas : Mengalirkan produk dari evaporator *third effect* ke *cristalizer*

Jenis : *Single Stage Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 30 gpm

Power pompa : 0,056 hp

Power motor : 0,08 hp

Specific speed : 1977,388

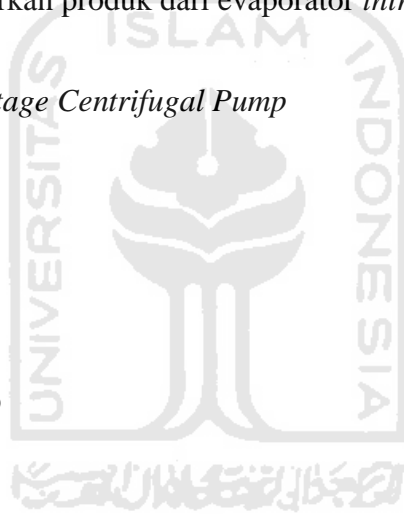
Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in



Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 14.800

3.2.32 Blower (BL)

Fungsi : Untuk mengalirkan udara lingkungan ke
heater (HE-04) sebanyak 61289,7959 kg/jam.

Jenis : *Centrifugal blower*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kapasitas : 14618,46 ft³/menit

Suhu Operasi : 30 °C

Tekanan Operasi : 1 atm

Power Motor : 20 HP

Jumlah : 1

Harga : \$ 19.800

3.2.33 Filter Udara (FU-01)

Fungsi	:	Menyaring pengotor debu yang terbawa oleh udara segar yang mengalir ke BL-01
Jenis	:	<i>Bag house filter</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Diameter Bag	:	0,2032 m
Panjang Bag	:	2,4384 m
Jumlah Bag	:	65 buah
Harga	:	\$ 16.314,15

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Natrium Klorida diperoleh dari PT. Cheetham Garam Indonesia, Cilegon dan Asam Nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek.

Tabel 3.3 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/ tahun)	Rerata ketersediaan bahan baku (ton/ tahun)
NaCl Kebutuhan = 1517,58756 kg/jam	12.019,2934	1.333.400
HNO ₃ Kebutuhan = 2014,600023 kg/jam	15.955,6322	660.000

Dari Tabel 3.3 di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku Natrium klorida (NaCl) dan Asam Nitrat (HNO₃) dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik itu pembelian maupun perawatannya.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.4. URAIAN PROSES

Proses pembuatan *sodium nitrat* menggunakan bahan baku Asam Nitrat dan natrium klorida. Asam nitrat sebelum masuk reaktor terlebih dahulu dipanaskan menggunakan HE dari suhu 30°C menjadi 60°C yang dioperasikan pada tekanan 1 atm dengan menggunakan steam sebagai pemanas, kemudian bahan baku natrium klorida padat terlebih dahulu dimasukkan ke mixer dengan tambahan air untuk dijadikan larutan jenuh kemudian dialirkan ke HE-01 untuk dipanaskan dari suhu 30°C menjadi 60°C menggunakan steam sebelum masuk ke reaktor R-1 . Setelah bahan baku Asam Nitrat dan Natrium Klorida bercampur di dalam reaktor dengan suhu reaksi 60°C dan pada tekanan 1 atm, dan hasil atau produk dari keluaran reaktor tersebut diumpankan masuk ke *expander* untuk diturunkan tekanannya, keluaran dari *expander* memiliki tekanan sebesar 0,6684 atm dan suhu 60 °C. Tujuan pengurangan tekanan adalah untuk menurunkan titik didih, sehingga larutan lebih cepat menguap. Keluaran dari *expander* dialirkan melalui pompa untuk masuk ke evaporator *triple effect* yang di kontak dengan *steam* pada *first effect*. Produk yang keluar dari evaporator *third effect* dinaikkan tekanannya menjadi 1 atm dengan menggunakan pompa. Tekanan dinaikkan menjadi 1 atm agar tekanan produk sama dengan tekanan di lingkungan baru kemudian produk dialirkan ke alat *crystalizer*. Selanjutnya slurry yang keluar dari *crystalizer* diumpankan ke *centrifuge* untuk dipisahkan kristal *sodium nitrat* dari air. Air terpisah dari *sodium nitrat*, karena densitasnya yang lebih ringan. Air akan dilairkan ke *waste treatment*. *Sodium nitrat* yang sudah dipisahkan berdasarkan densitas, tetap

memiliki kandungan natrium klorida dan air dalam jumlah yang sedikit. natrium nitrat ini merupakan hasil bawah yang diangkut oleh *Bucket Elevator* menuju ke *Rotary Dryer* untuk dikurangi kadar cairan yang terikut pada hasil padatan *natrium nitrat*. Untuk mengurangi kandungan air digunakan pemanas yang berupa udara sekeliling yang sudah disaring kotorannya dalam filter udara yang kemudian alirkan dengan blower dan dipanaskan dalam pemanas. Keluaran dari *rotary dryer* akan diangkut oleh *Bucket Elevator* masuk ke bin untuk dilakukan *packing* sebelum didistribusikan.

3.5. Spesifikasi Alat

3.2.26. Tangki Penyimpanan Bahan asam Nitrat (T-01)

Tugas	:	Menyimpan Asam Nitrat sebanyak 2014.6 kg/jam untuk keperluan 7 hari
Jenis	:	Tangki silinder tegak dengan alas datar (<i>flat bottom</i>) dengan bagian atas berbentuk <i>conical roof</i> .
Fase	:	Cair
Jumlah	:	1 buah
Volume	:	955,2886 m ³
Kondisi Operasi	:	Tekanan = 1 atm
		Suhu = 30 °C
Spesifikasi	:	Diameter = 10.6763 m
		Tinggi = 10.6763 m

Tebal Head = 0.57668 in

Bahan : Highh Allouy Steel SA-240,grade 304,18 Cr-8Ni

Harga : \$ 469800

3.2.27. Silo

Tugas : Menyimpan natrium nitrat selama 14 hari

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 236,0691761 m³

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

: Suhu = 30°C

Spesifikasi : Diameter = 4,425417 m

Tinggi = 17,70167 m

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Diameter opening : 2,623 m

Harga : \$ 40.800

3.2.28. Reaktor (R-01)

Tugas : Mereaksikan asam nitrat dan natrium klorida

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fase : Cair

Bahan konstruksi : *High Alloy Steel SA-240, Grade 304, 18 Cr-8 Ni*

Tekanan = 1 atm

Suhu masuk = 60 °C

Suhu keluar = 60 °C

Spesifikasi :

Dimensi : Diameter = 1,9723 m

Tinggi = 2,95847 m

Tebal Shell = 0,3125 in

Dimensi Head

Bentuk : *Torispherical flanged dan dished head*

Tebal head = 0,1875 in = 0,00476 m

Tinggi head = 14.29 in = 0,362966 m

Pengaduk : Tipe = *6 flat blade turbine impeller dengan 4 baffle*

Jumlah = 1 buah

Diameter = 38.825 in = 0,986 m

Kecepatan = 197,82 rpm

Power = 0,50 hp

Jumlah : 1 buah

Volume : 16,07 m³

Bahan : *Titanium*

Perhitungan jaket :

Tebal jaket : $\frac{1}{4}$ in = 0,635 cm

Tinggi jaket : 1,5 m

Material : *Carbon Steel SA 212 grade B*

Harga : \$ 109.000

3.2.29. Evaporator - 01 (EV-01)

Tugas : Menguapkan NOCl , Cl_2 , dan sebagian air dari produk reaktor.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,6684 atm

Suhu = 70 °C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Tebal Shell = 0,1875 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* = 0,1875 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.30. Evaporator - 02 (EV-02)

Tugas : Menguapkan sebagian air (H₂O) dari produk evaporator - 01.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,6684 atm

Suhu = 60 °C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Tebal Shell = 0,1875 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* = 0,1875 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.31. Evaporator - 03 (EV-03)

Tugas : Mengua air dari produk evaporator - 02.

Jenis : *Short tube vertical evaporator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,6684 atm

Suhu = 51,8°C

Spesifikasi : Diameter shell = 58,5 in = 1,4859 m

Diameter tube = 1 in

Tinggi = in = 1,4859 m

Dimensi *Displacement Vapor*

Diameter = ft = m

Tebal Shell = 0,1875 in

Tinggi Total = 4,265676 in

Dimensi *head*

Tipe = *Torispherical dished head*

Tebal *head* = 0,1875 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 122.203,37

3.2.32. : Crisralizer

Tugas : Mengkristalkan larutan NaNO_3 dari evaporator

Jenis : *Draft Tube Baffle (DTB) Crystallizer*

Fase : Lewat jenuh

Jumlah : 1 buah

Volume : 2,4 m³

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu masuk = 30 °C

Suhu keluar = 30,7 °C

Spesifikasi :

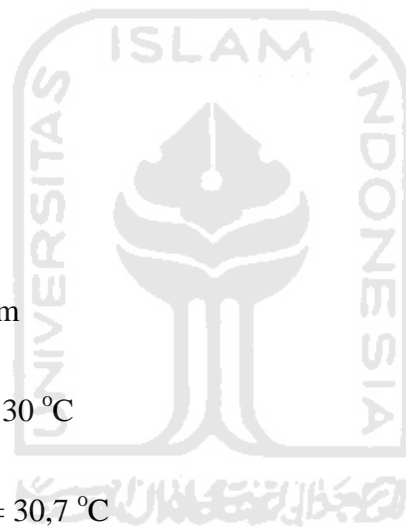
Dimensi : Diameter = 1,119 m

Tinggi = 2,3 m

Tebal Shell = 0,3125 in

Pengaduk : spiral agitator

Kecepatan : 60 rpm



Daya : 1 Hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 84900 (kristalizer)

3.2.33. Centrifuge (CF)

Tugas : Memisahkan padatan natrium nitrat dari campuran padatan dan cairan yang keluar dari evaporator 03 sebanyak 1969.5021 kg/jam menjadi padatan natrium nitrat sebanyak 1816.1924 kg/jam.

Jenis : *Reciprocating Conveyor Continuous Centrifuge*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 40 °C

Spesifikasi : Diameter basket = 12 in = 0,3048 m

Panjang = 0,8 m

Motor

Kecepatan Putar = 500 rpm

Power = 1 hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 14700

3.2.34. Dryer (RD)

Tugas : Mengurangi kadar cairan yang terikut pada hasil padatan Natrium Nitrat

Jenis : *Rotary Dryer*

Fase : Padat

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu udara masuk = 93,33°C

Suhu udara keluar = 37,7 °C

Suhu padatan masuk = 40 °C

Suhu padatan keluar = 70 °C

Spesifikasi : Panjang = 12,533 m

Diameter = 3,1333 m

Kecepatan Putar = 4,5732 rpm

Kemiringan = 25°

Jumlah flight = 9,84

Daya = 19 hp

Motor = 14.0656 kW

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 252.300

3.2.35. Expander (E)

Tugas : Menurunkan tekanan produk reaktor (R-01).

Jenis : *Liquid Expander*

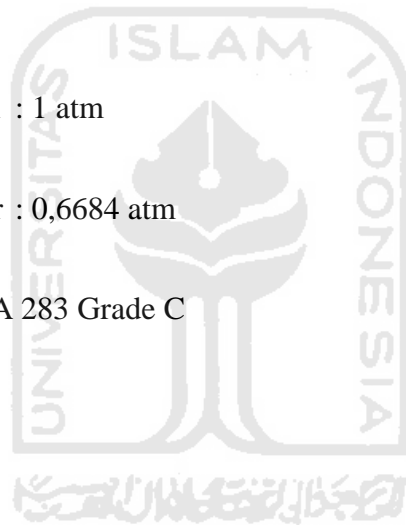
Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Tekanan masuk : 1 atm

Tekanan keluar : 0,6684 atm

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20,39



3.2.36. Screw Conveyor (SC-01)

Tugas : Mengangkut cake dari *centrifuge* untuk diumpankan ke *rotary dryer*.

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Kapasitas = 193,8738 ft³/jam

Jarak *horizontal* = 19,685 ft = 6 m

Diameter = 9 in = 0,2286 m

Power : 0,327 hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 4.400

3.2.37. Screw Conveyor (SC-02)

Tugas : Mengangkut material dari *rotary dryer*.

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi : Kapasitas = 183,2526 ft³/jam

Jarak horizontal = 90 ft = 5,17 m

Diameter = 9 in = 0,2286 m

Power : 1,44 hp

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 10.800

3.2.38. Bucket Elevator (BE)

Tugas : Mengangkut produk natrium nitrat padatan dari *screw conveyor* menuju bin.

Jenis : Continuous bucket

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi bucket : Width = 8 in
 Projection = 5,5 in
 Depth = 7,75 in

Tinggi elevasi : 17,39 m

Panjang : 13,12 ft = 4 m

Harga : \$ 19.400

3.2.39. Heat Exchanger 01 (HE-01)

Tugas : Memanaskan produk NaCl dari mixer sebanyak 2120,9021 kg/jam menuju Reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 151633,5374 Btu/jam

Luas transfer panas: 11,1843 ft²

Panjang hairpin : 1 x 12 ft

Annulus Fluida panas : steam

IPS : 3 in

SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,004 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-01 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 1200

3.2.40. Heat Exchanger 02 (HE-02)

Tugas : Memanaskan bahan bau HNO₃ sebanyak 2014,60002 kg/jam menuju Reaktor

Jenis : Double pipe heat exchanger

Beban Panas : 12976,07306 Btu/jam

Luas transfer panas : 19,36 ft²

Panjang hairpin : 20 ft

Hairpin : 1 x 20

Annulus

- Fluida panas : steam
- IPS : 3 in
- SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air
- IPS : 2 in
- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,043 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-02 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20.500

3.2.41. Heat Exchanger 03 (HE-03)

Tugas : Memanaskan produk keluaran Reaktor menuju evaporator first effect

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 61745,5647 Btu/jam

Luas transfer panas : 17,5922 ft²

Panjang hairpin : 1 x 18 ft

Annulus

- Fluida panas : steam

- IPS : 3 in

- SCH : 40

Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,057 hr.ft².°F/Btu

Catatan : HE-02 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20.500

3.2.42. Coler

Tugas : Mendinginkan produk crystalizer menuju crystalizer (CR).

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 159.399,78 Btu/jam

Luas transfer panas : 18,138 ft²

Panjang hairpin : 20 ft

Hairpin :

Annulus

- Fluida panas : Produk Cristalizer

- IPS : 3 in

- SCH : 40



Inner Pipe

- Fluida dingin : Air

- IPS : 2 in

- SCH : 40

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft².°F/Btu

Dirt Factor available : 0,036 hr.ft².°F/Btu

Catatan : cooler memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 21.500

3.2.43. Heat Exchanger 04 (HE-04)

Tugas : Memanaskan udara sebanyak 26192,6308 kg/jam
menuju *rotary dryer* (RD).

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Beban Panas : 1609968,2659 Btu/jam

Luas transfer panas : 935,7621 ft²

Shell

- Fluida panas : Steam

- ID : 19,25 in

- Baffle : 3,85 in

- Pass : 1

Tube

- Fluida dingin : Udara

- ID : 0,62 in



- Nt	: 301
- L	: 16 ft
- OD	: 0,75 in
- BWG	: 16
- a''	: 0,1963 in
- Pass	: 1
Dirt Factor min	: 0,003 hr.ft ² .°F/Btu
Dirt Factor available	: 0,02 hr.ft ² .°F/Btu
Catatan	: HE-04 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 258 grade C (shell)</i> dan <i>Stainless Steel 304 (tube)</i>
Harga	: \$ 94.500

3.2.44. Pompa (P-01)

Tugas	: Mengalirkan NaCl dari tangki pengaduk Menuju Reaktor sebanyak 4691,147 kg/ jam.
Jenis	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 20 gpm
Power pompa	: 0,964 hp

Power motor : 1,5 hp

Spesifik Speed : 189,8331

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 14.800

3.2.45. Pompa (P-02)

Tugas : Mengalirkan HNO₃ dari tangki penyimpanan menuju R-01 sebanyak 2014,6 kg/jam.

Jenis : *Single Stage Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 20 gpm

Power pompa : 0,37217 hp

Power motor : 0,5 hp

Specific Speed : 387,59

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : *Stainless steel 304*

Harga : \$ 19.000

3.2.46. Pompa (P-03)

Tugas : mengalirkan produk dari reaktor menuju evaporator first effect

Jenis : *Single Stage Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 25 gpm

Power pompa : 0,605 hp

Power motor : 0,75 hp

Specific speed : 328,7611

Pipa yang digunakan



D, Nominal Size : 2 in

Schedule Number : 40

ID : 2,067 in

OD : 2,38 in

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 7.400

3.2.47. Pompa (P-04)

Tugas : Mengalirkan produk dari evaporator *first effect* ke evaporator *second effect*

Jenis : *Vacuum pump slurry*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 50 gpm

Power pompa : 0,36 hp

Power motor : 0,75 hp

Specific speed : 1392,402

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size : 2,5 in

Schedule Number : 40

ID	: 2,469 in
OD	: 2,88 in
Bahan	: <i>Stainless steel 304</i>
Harga	: \$ 17.600

3.2.48. Pompa (P-05)

Tugas	: Mengalirkan produk dari evaporator <i>second effect</i> ke evaporator <i>third effect</i>
Jenis	: <i>Vacuum pump slurry</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 50 gpm
Power pompa	: 0,42 hp
Power motor	: 0,75 hp
Specific speed	: 1246,586

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size	: 2,5 in
Schedule Number	: 40
ID	: 2,469 in

OD	: 2,88 in
Bahan	: <i>Stainless steel 304</i>
Harga	: \$ 17.600

3.2.49. Pompa (P-6)

Tugas	: Mengalirkan produk dari evaporator <i>third effect</i> ke <i>cristalizer</i>
Jenis	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 30 gpm
Power pompa	: 0,056 hp
Power motor	: 0,08 hp
Specific speed	: 1977,388

Pipa yang digunakan

D, Nominal Size	: 2 in
Schedule Number	: 40
ID	: 2,067 in

OD	: 2,38 in
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 14.800

3.2.34 Blower (BL)

Fungsi	: Untuk mengalirkan udara lingkungan ke <i>heater</i> (HE-04) sebanyak 61289,7959 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal blower</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kapasitas	: 14618,46 ft ³ /menit
Suhu Operasi	: 30 °C
Tekanan Operasi	: 1 atm
<i>Power</i> Motor	: 20 HP
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 19.800

3.2.35 Filter Udara (FU-01)

Fungsi	:	Menyaring pengotor debu yang terbawa oleh udara segar yang megalir ke BL-01
Jenis	:	<i>Bag house filter</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Diameter Bag	:	0,2032 m
Panjang Bag	:	2,4384 m
Jumlah Bag	:	65 buah
Harga	:	\$ 16.314,15

3.6. Perencanaan Produksi

3.3.3. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Natrium Klorida diperoleh dari PT. Cheetham Garam Indonesia, Cilegon dan Asam Nitrat diperoleh dari PT.Multi Nitrotama Kimia, Cikampek.

Tabel 3.3 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan	Rerata
	baha	ketersedi
	n	aan
	baku	bahan
	(ton/	baku
	tahun	(ton/

)	tahun)
NaCl Kebutuhan = 1517,58756 kg/jam	12.019,2934	1.333.400
HNO ₃ Kebutuhan = 2014,600023 kg/jam	15.955,6322	660.000

Dari Tabel 3.3 di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku Natrium klorida (NaCl) dan Asam Nitrat (HNO₃) dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.4. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik itu pembelian maupun perawatannya.



4.1. Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor – faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang mesti dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan lain – lain. Oleh

karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik natrium nitrat ini berlokasi di daerah Cilegon, Jawa Barat. Faktor – faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku, maka pabrik natrium nitrat didirikan dekat penghasil utama bahan baku natrium klorida dan asam nitrat. Kebutuhan bahan baku natrium nitrat akan dipenuhi dengan bekerjasama dengan PT. Cheetham Garam Indonesia yang berada di Cilegon dengan kapasitas produksi 800.000 ton/tahun. Bahan baku asam nitrat dipenuhi oleh PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek dengan kapasitas produksi 238.000 ton/tahun.

2. Pemasaran Produk

Daerah Cilegon adalah daerah industri kimia yang besar dan selalu berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Cilegon sebagai pasar yang baik bagi natrium nitrat. Untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan melalui jalan darat maupun jalan laut. natrium

nitrat yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri obat-obatan, pembuatan kalium nitrat, pembuatan pupuk yang mengandung nitrogen, pembuatan cat, dan masih banyak lagi. Disamping itu, dekat dengan pelabuhan ekspor-impor Tanjung Periok yang akan mempermudah pemasaran produk.

3. Utilitas

Kebutuhan air atau penyediaan air untuk utilitas mudah dan murah karena kawasan ini memiliki sumber aliran sungai, yaitu sungai Cikandek. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan mudah karena dekat dengan Pertamina dan PLTU.

4. Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laut. Pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan tersedianya sarana baik darat maupun laut maka diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi, serta kelancaran pemasaran baik pemasaran domestik maupun internasional.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

6. Letak Geografis

Daerah Cilegon dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut :

1. Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 30°C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

2. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

3. Perluasan Area Unit

Pemilihan lokasi pabrik berada dikawasan pengembangan produksi Cilegon Banten, sehingga memungkinkan adanya perluasan area pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

4. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia. Selain itu fasilitas-fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak adalah suatu pengaturan yang optimal dari perangkat atau fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat menentukan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para karyawan maupun sebagai keselamatan proses.

Tata letak pabrik merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

4.2.1. Daerah Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual.

4.2.2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang *control* sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

4.2.3. Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

Merupakan daerah tempat penyimpanan produk akhir. Bengkel sebagai tempat perbaikan untuk alat-alat yang rusak walaupun tidak semuanya. Garasi tempat penyimpanan alat-alat tersebut.

4.2.4. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan. Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

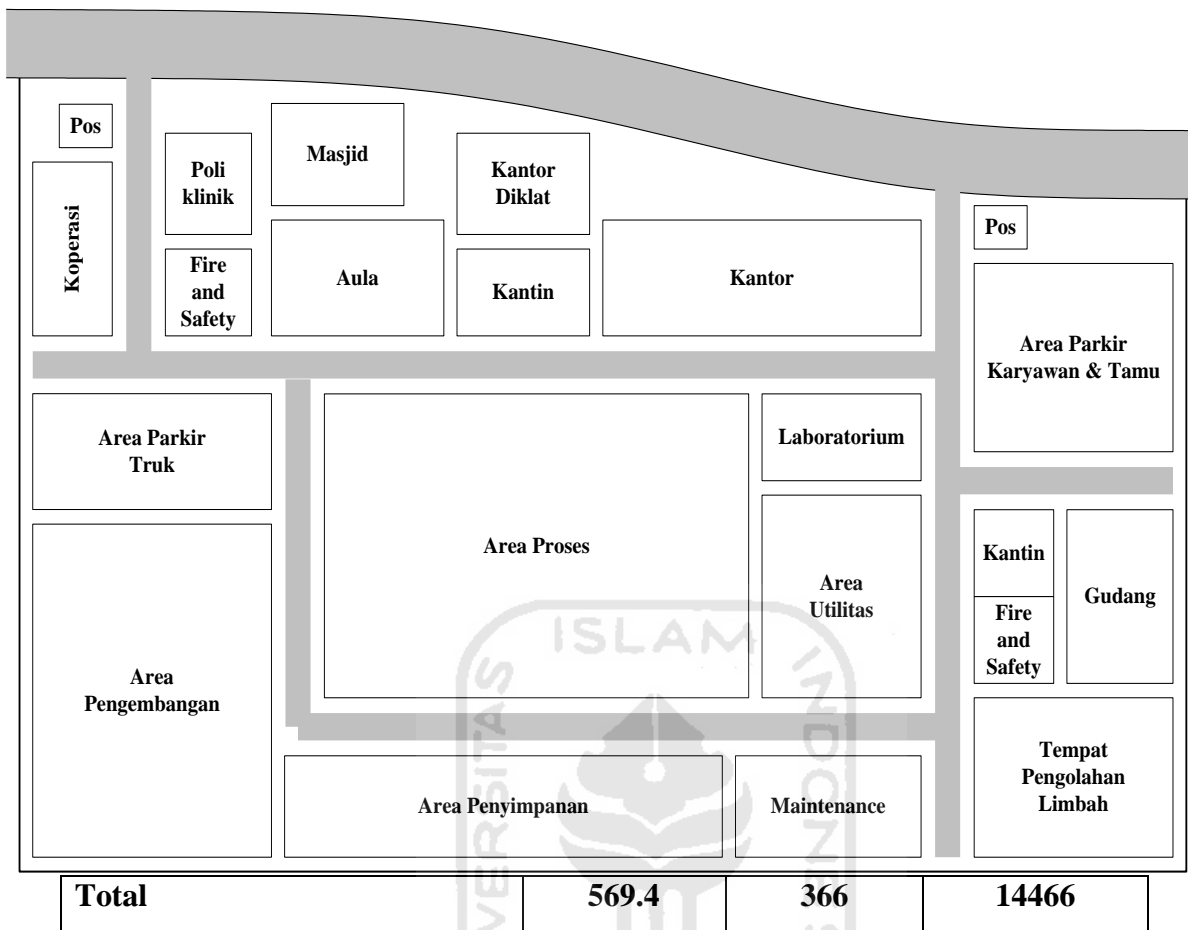
Tabel 4.1.Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
	m	m	m ²
Kantor utama	54,4	15	816
Pos Keamanan/satpam	6	8	48

Mess	15	26	390
------	----	----	-----

Lanjutan **Tabel 4.1.**Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Parkir Tamu	12	22	264
Parkir Truk	20	12	240
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	18	14	252
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin	16	12	192
Bengkel	12	24	288
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	30	20	600
Area proses	80	45	3600
Control Room	28	10	280
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	70	60	4200
Perluasan pabrik	110	20	2200
Luas Tanah			14466
Luas Bangunan			8066



Gambar 4.1 Lay Out Pabrik Skala 1 : 1100

Keterangan gambar:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 11. Area Perluasan |
| 2. Koperasi | 12. Area Proses |
| 3. Poliklinik | 13. Area Penyimpanan |
| 4. Fire and safety | 14. Laboratorium |
| 5. Masjid | 15. Utilitas |
| 6. Kantor Diklat | 16. Mainenance |
| 7. Kantin | 17. Gudang |
| 8. Kantor | 18. Tempat Pengolahan Limbah |
| 9. Parkir Karyawan dan Tamu | 19. Jalan raya |
| 10. Parkir Truk | |

4.3. Tata Letak Alat Proses

Pengaturan letak peralatan proses pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga efisien. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan adalah :

1) Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2) Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya.

Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3) Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4) Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *lay out* peralatan, 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 tugasnya perlu diprioritaskan.

5) Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6) Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

4.4.1.1. Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Input			Output				
	1	2	3	11	12	13	14	15
1	304,51	0	0	65,23	0	0	0	0
	0	0	816,39	12,52	374,59	232,60	8,044	27,52
03	0	1794,83	0	0	0	0	0	0
03	0	0	0	816,19	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	304,51	1794,83	816,39	893,94	374,59	232,60	8,044	27,52
	3915,73			3915,73				

4.4.1.2. Neraca Massa per Alat

4.4.1.2.1 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor-01

Komponen	Input		output
	2	4	5
NaCl	0	1.304,51	65,23
H ₂ O	0	816,39	1.072,796
HNO ₃	1.794,83	0	0
NaNO ₃	0	0	1.816,19
NOCl	0	0	462,95
Cl ₂	0	0	498,56
Total	1.794,83	2120,9	3.915,73
	3.915,73		3.915,73

Tabel 4.4 Neraca Massa separator-01

Komponen	Input	output	
	5	16	19
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	1.072,796	0	1.072,796
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	462,95	462,95	0
Cl ₂	498,56	498,56	0
Total	3.915,73	961,51	2954,216
	3.915,73	3.915,73	

4.4.1.2.2 Evaporator

Tabel 4.4 Neraca Massa Evaporator-01 (*first effect*)

Komponen	Input	output	
	19	17	6
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	1.072,796	31,76	1.041,04
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	2954,22	31,76	2.922,46
	2954,22	2954,22	

Tabel 4.5 Neraca Massa Evaporator-02 (*second effect*)

Komponen	Input	output	
	6	18	7
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	1.041,04	345,76	695,28
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	2.922,46	345,76	2.576,7
	2.922,46	2.922,46	

Tabel 4.6 Neraca Massa Evaporator-03 (*third effect*)

Komponen	Input	output	
	7	12	8
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	695,28	374,59	320,68
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	2.576,7	374,59	2.202,10
	2.576,7	2.576,7	

4.4.1.2.3 *Cristalizer*

Tabel 4.7 Neraca Massa *Cristalizer-01*

Komponen	Input	output	
	8	13	9
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	320,68	323,60	88,08
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	2.202,10	323,60	1.969,50
	2.202,10	2.202,10	

4.4.1.2.4 Centrifuge

Tabel 4.8 Neraca Massa Centrifuge-01

Komponen	Input	output	
	9	14	10
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	88,08	48,044	40,04
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	1.969,50	48,044	1.921,46
	1.969,50		1.969,50

4.4.1.2.5 Rotary Dryer

Tabel 4.9 Neraca Massa Rotary Dryer-01

Komponen	Input	output	
	10	15	11
NaCl	65,23	0	65,23
H ₂ O	40,04	27,52	12,52
HNO ₃	0	0	0
NaNO ₃	1.816,19	0	1.816,19
NOCl	0	0	0
Cl ₂	0	0	0
Total	1.921,46	27,52	1.893,94
	1.921,46		1.921,46

4.4.2. Neraca Panas

Suhu referensi = 25°C

4.4.2.1. Reaktor

Tabel 4.10 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Q in (kJ/j)	Q out (kJ/j)
NaCl	3.682.027,93	364.568,0048
H ₂ O	1.177.517,54	5.729.478,03
HNO ₃	10.380.686,12	-
NaNO ₃	-	2.657.494,97
NOCl	-	3.585.959,25
Cl ₂	-	2.902.731,34
Total	15.240.231,59	15.240.231,59

4.4.2.2. Evaporator

Tabel 4.11 Neraca Panas Evaporator 1

Komponen	Masuk	Keluar	
	H, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	364.568,0048	-	423.919,19
H ₂ O	5.729.478,03	196.535,63	6.442.350,14
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	2.657.494,97	-	634.955,01
NOCl	3.585.959,25	4.296.877,38	-
Cl ₂	2.902.731,34	3.245.594,24	-
Total	15.240.231,59	15.240.231,59	

Tabel 4.12 Neraca Panas Evaporator 2

Komponen	Masuk	Keluar	
	Q, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	423.919,19	-	364.568,0048
H ₂ O	6.442.350,14	1.846.573,27	3.713.290,97
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	634.955,01	-	1.576.792,09
NOCl	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
Total	7.501.224,34	7.501.224,34	

Tabel 4.13 Neraca Panas Evaporator 3

Komponen	Masuk	Keluar	
	H, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	364.568,0048	-	315.600,38
H ₂ O	3.713.290,97	1.736.500,88	1.486.590,99
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	1.576.792,09	-	2.115.958,82
NOCl	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
Total	5.654.651,07	5.654.651,07	

4.4.2.3. Crisralizer

Tabel 4.14 Neraca Panas Crisralizer

Komponen	Masuk	Keluar	
	Q, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	315.600,38	-	244.659,92
H ₂ O	1.486.590,99	838.775,52	317.636,58
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	2.115.958,82	-	2.517.078,17
NOCl	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
Total	3.918.150,19	3.918.150,19	

4.4.2.4. Centrifuge

Tabel 4.15 Neraca Panas Centrifuge

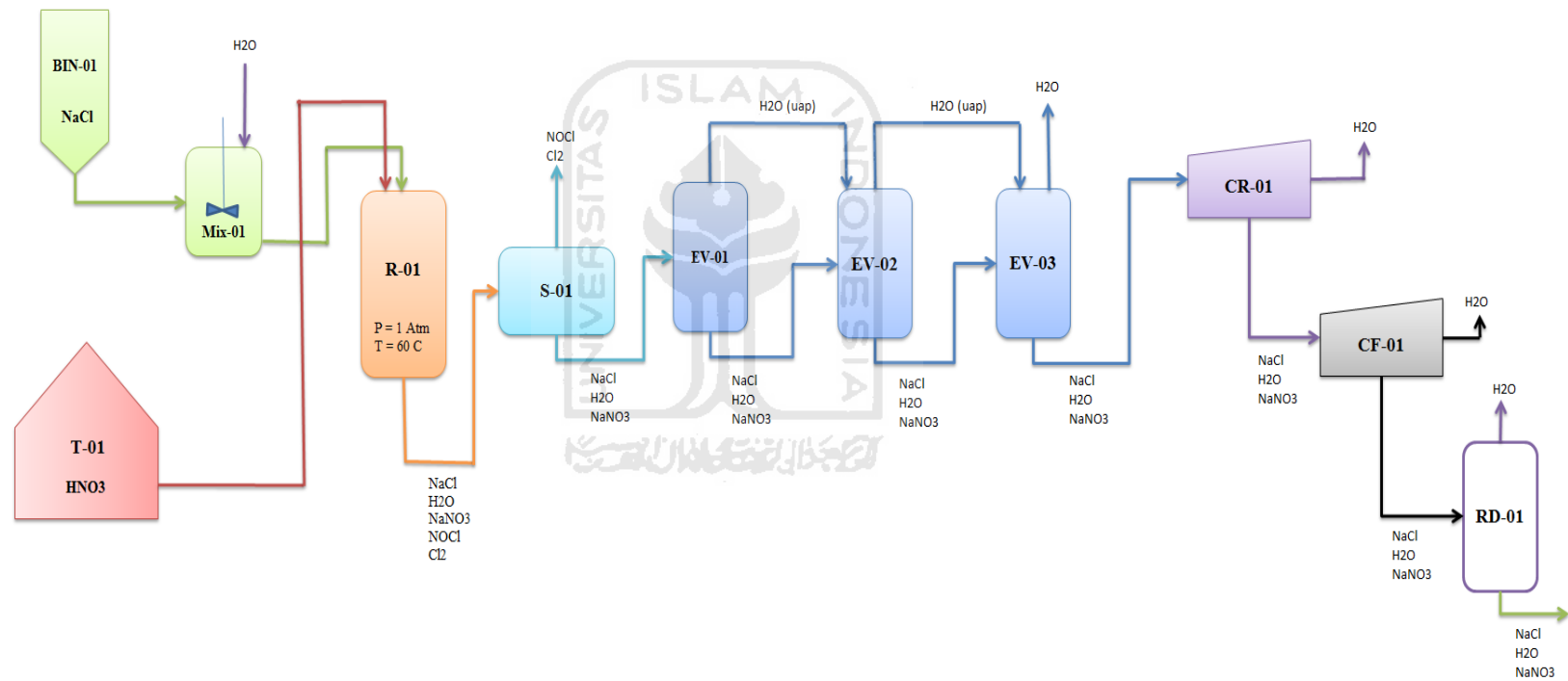
Komponen	Masuk	Keluar	
	Q, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	244.659,92	-	244.659,92
H ₂ O	317.636,58	1.736.500,88	144.386,19
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	2.517.078,17	-	2.517.078,17
NOCl	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
Total	3.079.374,66	3.079.374,66	

4.4.2.5. Rotary Dryer

Tabel 4.16 Neraca Panas Rotary Dryer

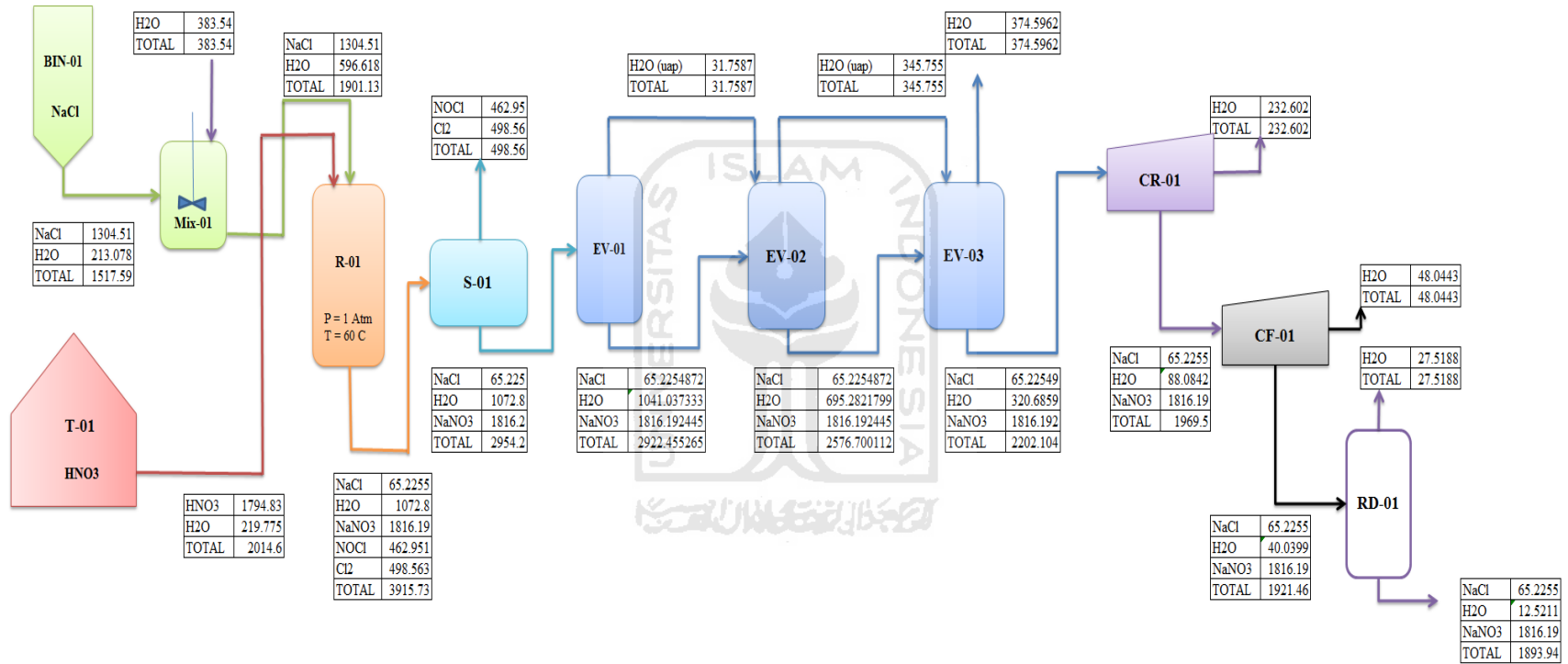
Komponen	Masuk	Keluar	
	Q, kJ/jam	Top, kJ/jam	Bottom, kJ/jam
NaCl	244.659,92	-	423.919,19
H ₂ O	144.386,19	170297.3867	77.485,31
HNO ₃	-	-	-
NaNO ₃	2.517.078,17	-	2.234.422,396
NOCl	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
Total	2.906.124,28	2.906.124,28	

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif Pabrik Natrium Nitrat

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik Natrium Nitrat

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat - alat memproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat - alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

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

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik natrium nitrat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Musi. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.

- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi.

Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat fisika, meliputi:

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi:

- 1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- 2) Tidak mengandung bakteri.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- b. Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier* *turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

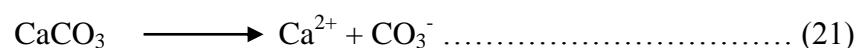
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

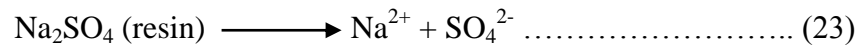
a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:





Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

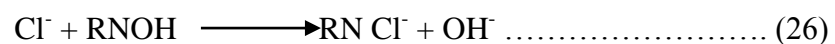
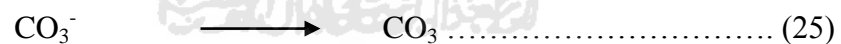
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

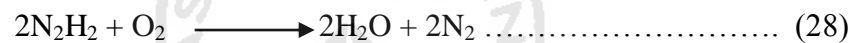
Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

4.6.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.20 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
HE-01	508,989
HE-02	52,84
HE-03	116,45
HE-05	141,47
TOTAL	819,75

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga *make up steam*

$$= 20\% \times 819,7453 \text{ kg/jam}$$

$$= 163,95 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown } 20\% = 20\% \times 819,7453 \text{ kg/jam}$$

$$= 163,95 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Jumlah air make up} = 327,898 \text{ kg/jam}$$

Air Proses

Tabel 4.21 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
HE -04	5.072,17
TOTAL	5.072,17

2. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 100 kg/hari (Sularso,2000)

Jumlah karyawan = 124 orang

Tabel 4.19 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Karyawan	12.400
2	Perumahan	17.600
3.	Laboratorium	600
4.	Bengkel	200
5.	Poliklinik	400
6.	Pemadam kebakaran	1.000
7.	Kebersihan, Pertamanan, dan Lain-lain	1.500
	Jumlah	33.700

Kebutuhan air total

$$= (819,7453 + 5.072,1693 + 327,9491 + 33.700/24) \text{ kg/jam}$$

$$= 7.624,04 \text{ kg/jam}$$

Diambil angka keamanan 10%

$$= 1,1 \times 7.624,040367 = 8386,44 \text{ kg/jam}$$

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 883,6944 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding - dinding dan pipa - pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi:

- a. Listrik untuk keperluan alat proses = 35,53 kWh
- b. Listrik untuk keperluan alat utilitas = 13,53 kWh
- c. Listrik untuk instrumentasi dan kontrol = 2,2 kWh
- d. Listrik untuk keperluan kantor dan rumah tangga = 11,01 kWh

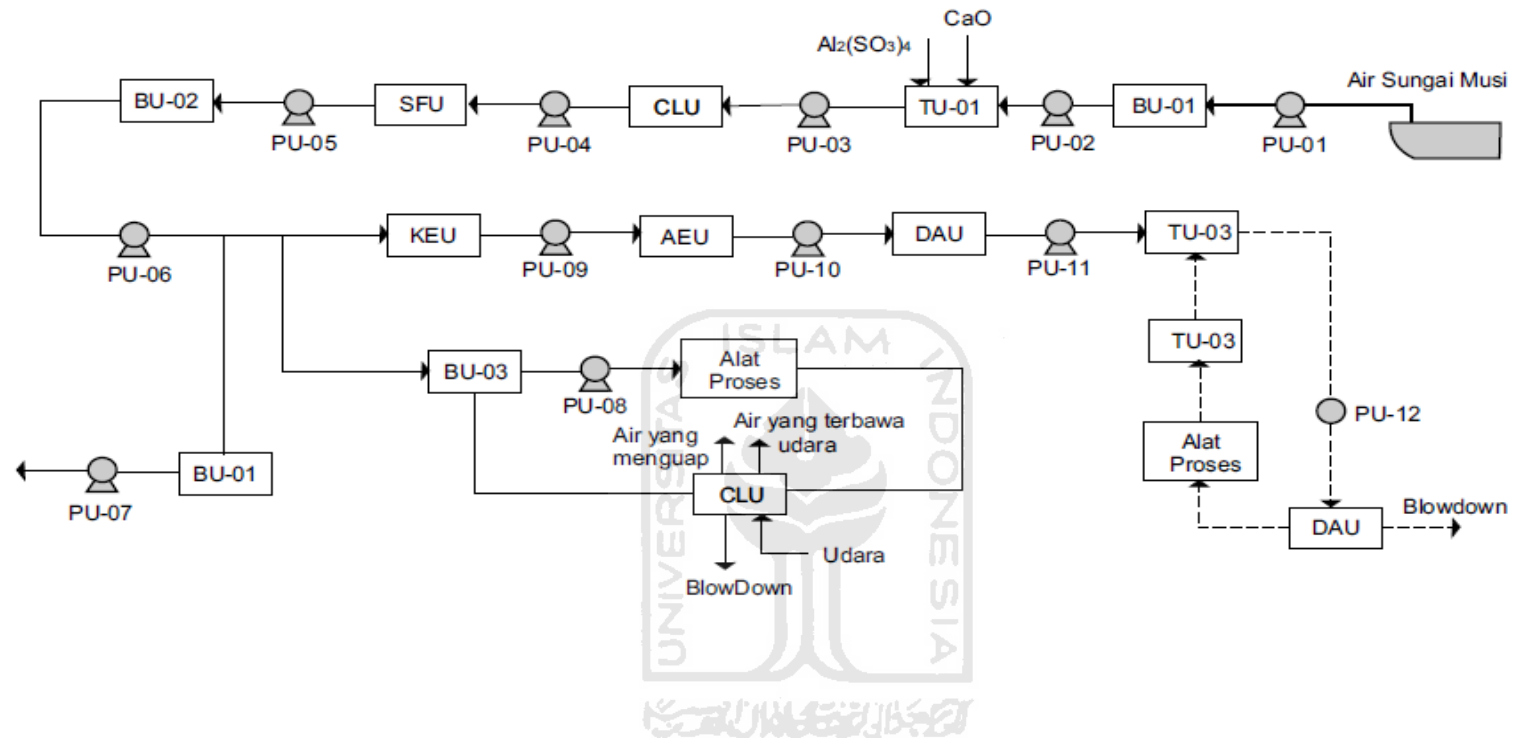
Total kebutuhan listrik adalah 57,24 kWh. Dengan faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 71,56 kWh. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Kebutuhan udara tekan diperkirakan 26,88 m³/jam. Overdesign untuk penyediaan udara tekan diletakkan 20%, sehingga total kebutuhan udara tekan sebesar 29,586 m³/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada *boiler* dan diesel untuk *generator* pembangkit listrik. Bahan bakar *boiler* menggunakan *fuel oil* sebanyak 93,74 kg/jam. Fuel Oil tersebut memiliki densitas sebesar 930 kg/m³. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 8.387,87 kg/jam. Bahan bakar diesel tersebut digunakan untuk menyalakan generator dan memiliki densitas sebesar 800 kg/m³. Total kebutuhan bahan bakar sebesar 8.416,62 kg/jam.



Gambar 4.4 Diagram Alir Air Utilitas

Keterangan:

AEU : Anion Exchanger Unit

CDU : Condensor

DAU : Deaerator

SFU : Sand Filter

BLU : Boiler

CLU : Clarifier

KEU : Kation Exchanger Unit

TU : Tangki Utilitas

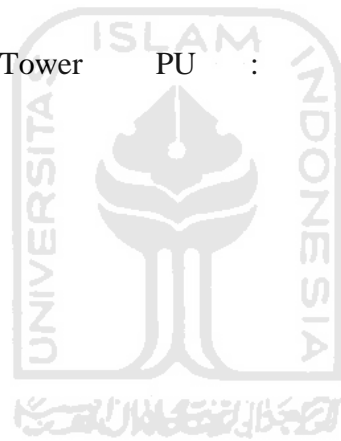
BU : Bak Utilitas

CTU : Cooling Tower

PU :

Pompa

Utilitas



4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik natrium nitrat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

4.7.2. Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

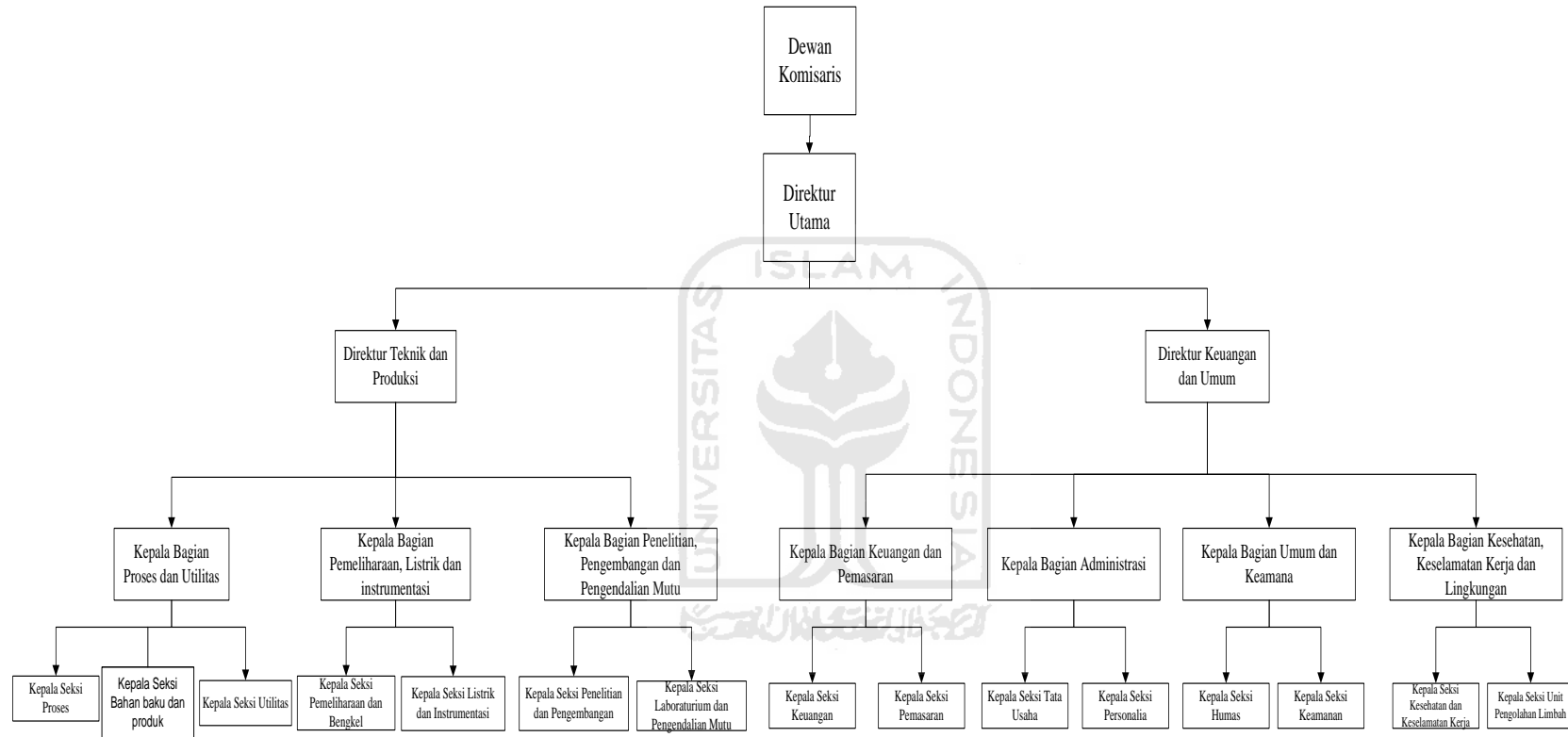
- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian

f. Kepala Seksi

g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.pada rapat umum pemegang saham.





Gambar 4.5 Struktur Organisasi

4.7.3. Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

4.7.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

4.7.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

Direktur utama membawahi :

a. **Direktur Teknik dan Produksi**

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. **Direktur Keuangan dan Umum**

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4.7.3.4 Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

4.7.3.4.1 Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

4.7.3.4.2 Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

4.7.3.4.3 Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4.7.3.4.4 Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

4.7.3.4.5 Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

4.7.3.4.6 Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

4.7.3.4.7 Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.7.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.7.3.5.1 Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

4.7.3.5.2 Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

4.7.3.5.3 Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4.7.3.5.4 Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4.7.3.5.5 Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

4.7.3.5.6 Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

4.7.3.5.7 Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

4.7.3.5.8 Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

4.7.3.5.9 Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

4.7.3.5.10 Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

4.7.3.5.11 Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

4.7.3.5.12 Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

4.7.3.5.13 Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.7.3.5.14 Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.7.3.5.15 Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas : Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.7.4. Catatan

4.7.4.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

4.7.4.2 Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

4.7.4.3 Kerja Lembur (Overtime)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.7.4.4 Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4.20 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	30.000.000	30.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	17.000.000	17.000.000
Direktur Keuangan dan Umum	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Bagian	6	7.000.000	42.000.000
Kepala Seksi	13	5.000.000	65.000.000
Karyawan Proses	27	3.000.000	81.000.000

4.7.4.5 Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

a. Jam kerja karyawan non-shift

Senin – Kamis:

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat:

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00

- Shift Sore : 15.00 – 23.00

- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.21 Jadwal kerja masing-masing regu

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
2	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P
3	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S
4	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M

Keterangan :

P = Shift Pagi

M = Shift Malam

S = Shift Siang

L = Libur

4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
Meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik natrium nitrat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2018. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2018 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1955 sampai 2012, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.22 Harga Indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1987	324	1
1988	343	2
1989	355	3
1990	356	4
1991	361,3	5
1992	358,2	6
1993	359,2	7
1994	368,1	8

Lanjutan **Tabel 4.22** Harga Indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1995	381,1	9
1996	381,7	10
1997	386,5	11
1998	389,5	12
1999	390,6	13
2000	394,1	14
2001	394,3	15
2002	395,6	16
2003	402	17
2004	444,2	18
2005	468,2	19
2006	499,6	20
2007	525,4	21
2008	575,4	22
2009	521,9	23
2010	550,8	24
2011	585,7	25
2012	584,6	26
Total	11096	300

Sumber : (Peter Timmerhaus,1990 dan www.che.com)

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,9858x + 291,96$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2018 dan 2019 adalah:

Tabel 4.23 Harga indeks pada tahun perancangan

Tahun	Index
2013	561,58
2014	571,56
2015	581,55
2016	591,53
2017	601,52
2018	611,51
2019	621,49
2020	631,48

Jadi indeks pada tahun 2020 = 631,48

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters & Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2014

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007)

N_x : Index harga pada tahun 2014

N_y : Index harga pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007)

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi natrium nitrat = 15.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2020

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.625,85

Harga bahan baku HNO_3 = Rp 73.999.179.338

Harga bahan baku NaCl = Rp128.602.562.383

Harga Jual = Rp 1.121.071.402.500

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.8.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.8.3.3 *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.8.4 **Analisa Kelayakan**

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.8.4.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

4.8.4.2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

4.8.4.3 *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah :

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dalam hal ini:

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

4.8.4.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah :

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

4.8.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC + WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.8.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *natrium nitrat* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing–masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.27 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Harga alat	136.448.616.744,77	9.329.277,73
2	Biaya pengangkutan	34.112.154.186,19	2.332.319,43
3	Biaya pemasangan	20.028.626.140,96	1.369.399,12
4	Biaya pemipaan	31.006.996.219,07	2.120.013,28

5	Biaya instrumentasi	33.688.782.699,81	2.303.372,64
6	Biaya listrik	20.467.292.511,72	1.399.391,66
7	Biaya isolasi	4.877.720.736,57	333.499,98
8	Buildings	3.185.000.000	217.765,12
9	Land and Yard Improvement	4.342.100.000	296.878,47
Physical Plant Cost (PPC)		288.157.289.239,09	19.701.917,44

Tabel 4.28 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Construction Cost</i> (20%.PPC)	57.631.457.847,82	3.940.383,49
	Total (CC + PPC)	345.788.747.087	23.642.300,93

Tabel 4.29 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	345.788.747.087	23.642.300,93
2	<i>Contractors fee (10%.DPC)</i>	34.578.874.708,69	2.364.230,09
3	<i>Contigency (10%.DPC)</i>	34.578.874.708,69	2.364.230,09
	Total	414.946.496.504,29	28.370.761,12

Tabel 4.30 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	128.602.562.383	8.792.827
2.	<i>Labor</i>	1.500.000.000	102.558,14
3.	<i>Supervisor</i>	375.000.000	25.639,54
4.	<i>Maintenance</i>	82.989.299.301	5.674.152,22
5.	<i>Plant Suplies</i>	12.448.394.895,13	851.122,83
6.	<i>Royalty and Patent</i>	56.053.570.125	3.832.500
7.	Bahan utilitas	251.582.172.139,57	17.201.200,08
	Total	533.550.998.843,57	36.479.999,37

Tabel 4.31 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	225.000	15.383,72
2	<i>Laboratory</i>	300.000.000	20.511,63
3	<i>Plant Overhead</i>	750.000.000	51.279,07
4	<i>Packaging n Shipping</i>	112.107.140.250	7.665.000
	Total IMC	113.382.140.250	7.752.174,42

Tabel 4.32 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	33.195.719.720,34	2.269.660,89
2.	<i>Propertay tax</i>	4.149.464.965	283.707,61
3.	Asuransi	4.149.464.965	283.707,61
	Total	41.494.649.650	2.837.076,11

Tabel 4.33 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	533.550.998.843,57	36.479.999,37
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	113.382.140.250	7.752.174,42
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	41.494.649.650	2.837.076,11
	Total	688.427.788.744	47.069.249,91

Tabel 4.34 *Working Capital (WC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	5.455.866.283	373.029,01
2.	<i>Inproses Inventory</i>	1.043.072.407	71.317,05
3.	<i>Product Inventory</i>	2.086.144.814,38	142.634,09
4.	<i>Extended credit</i>	23.780.302.477,27	1.625.909,09
5.	<i>Available cash</i>	62.584.344.431,27	4.279.022,72
	Total	94.949.730.413	6.491.911,95

Tabel 4.35 *General Expense (GE)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Administrasi	20.652.833.662,32	1.412.077,5
2.	<i>Sales expense</i>	151.454.113.523,68	10.355.234,98
3.	<i>Research</i>	34.421.389.437,2	2.353.462,5
4.	<i>Finance</i>	20.395.849.076,69	1.394.506,92
	Total	226.924.185.700	15.515.281,89

Tabel 4.36 Total biaya produksi

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	688.427.788.744	47.069.249,91
2.	<i>General Expense</i>	226.924.185.700	15.515.281,89
	Total	915.315.974.444	62.584.531,8

Tabel 4.37 *Fixed cost (Fa)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	33.195.719.720	2.269.660,89
2.	<i>Property tax</i>	4.149.464.965	283.707,61
3.	Asuransi	4.149.464.965	283.707,61
	Total	41.494.649.650	2.837.076,11

Tabel 4.38 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	128.602.562.383	8.792.826,56
2	<i>Packing and Shipping</i>	112.107.140.250	7.665.000
3	Utilitas	251.582.172.140	17.201.200,08
4	<i>Royalties & patents</i>	56.053.570.125	3.832.500
	Total Va	548.345.444.898	37.491.526,64

Tabel 4.39 *Regulated cost (Ra)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Available Cash</i>	1.500.000.000	102.558,14
2	<i>Payroll overhead</i>	225.000.000	15.383,72
3	<i>Plant overhead</i>	750.000.000	51.279,07
4	Supervision	375.000.000	25.639,54
5	<i>Laboratorium</i>	300.000.000	20.511,63
6	<i>Maintenance</i>	82.989.299.301	5.674.152,22
7	<i>General expense</i>	226.924.185.700	15.515.281,89
8	<i>Plant supplies</i>	12.448.394.895	5.992,18
	Total	325.511.879.896	44.886,82

4.8.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk <i>natrium nitrat</i>	= Rp 106.769/kg
<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp 1.121.071.402.500
<i>Total Production Cost</i>	= Rp 915.351.974.444
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 205.719.428.056
Pajak Pendapatan	= 52%
Keuntungan setelah pajak	= Rp98.745.325.467

4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.8.7.1 Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

$$ROI \text{ sebelum pajak} = 50 \%$$

$$ROI \text{ sesudah pajak} = 24 \%$$

4.8.7.2 Pay Out Time (POT)

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

$$POT \text{ sebelum pajak} = 1,74 \text{ tahun}$$

$$POT \text{ sesudah pajak} = 3,14 \text{ tahun}$$

4.8.7.3 Break Even Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 40,35 \%$$

4.8.7.4 Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{SDP} = 28,02 \%$$

4.8.7.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik

= 10 tahun

Fixed Capital Investment

= Rp 414.946.496.504

Working Capital

= Rp 94.949.730.413

Salvage Value (SV)

= Rp 33.195.719.720

Cash flow (CF)

= Annual profit + depresiasi +

finance

CF

= Rp 152.336.894.264

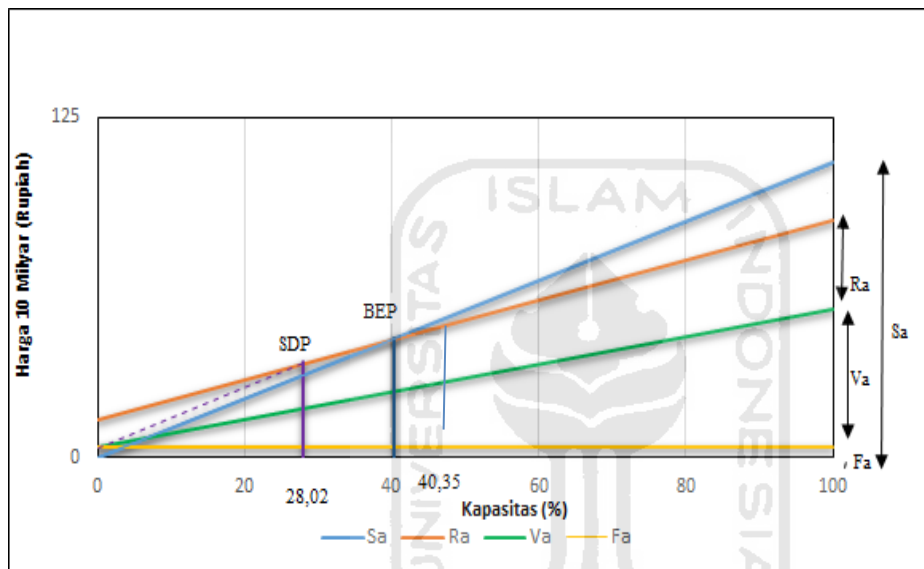


Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 19,30\%$



Gambar 4.5 Hubungan % Kapasitas Produksi vs Biaya Pra Rancangan Pabrik Natrium Nitrat

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknik, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik natrium nitrat di Indonesia cukup menarik karena diperkirakan kebutuhan natrium nitrat akan meningkat sejalan dengan terus berkembangnya industri di Indonesia.
2. Dari segi bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik natrium nitrat daerah Cilegon, Jawa Barat cukup menguntungkan karena dekat dengan lokasi tersedianya bahan baku, dekat dengan pusat perdagangan ekspor-impor, kemudahan dalam mendapatkan tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik.
3. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
 - 1) Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak Rp 205.719.428.056/tahun dan keuntungan setelah pajak (50%) sebesar Rp Rp 98.745.325.467/tahun.
 - 2) *Return On Investment (ROI)* :
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 50%, dan ROI setelah pajak sebesar 24 %.
Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).
 - 3) *Pay Out Time (POT)* :

POT sebelum pajak selama 1,74 tahun dan POT setelah pajak selama 3,14 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimum adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

- 4) *Break Event Point* (BEP) pada 40,35 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 28,02%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
- 5) *Discounted Cash Flow Rate*(DCFR) sebesar 19,5 %. Suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 10 % (www.ojk.co.id. 15 September 2015). Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga simpanan bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank ($1,5 \times 10\% = 15\%$).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik natrium nitrat dari asam nitrat dan natrium klorida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses/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.

Produk natrium 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*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., 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*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 \$ 6, Pergamon Internasional Library, New York
- Fromment, F.G., and Bischoff, B.K., 1979, *Chemical Reactor Analysis and Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiely and Sons, Inc., New York
- Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston

McCabe, Smith, J.C., and Harriott, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York



Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Ullmann's., 1984, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 4rd ed., Wiley-VCH., Berlin



LAMPIRAN A

REAKTOR

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk Non-isothermal dan adiabatik

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara asam nitrat dan natrium klorida menjadi natrium nitrat

Kondisi Operasi :

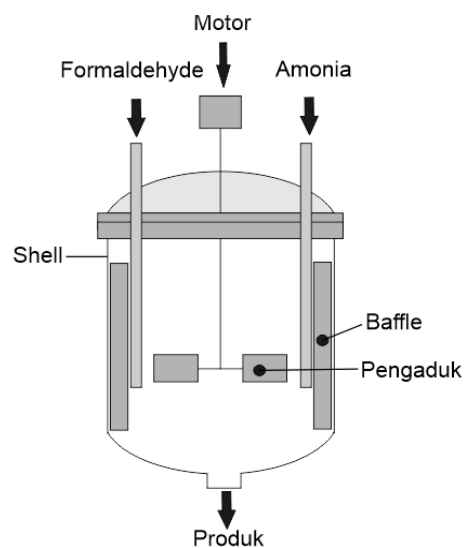
Reaksi = Eksotermis

Tekanan = 1 atm

Reaktor 1 :

Suhu masuk = 60 °C

Suhu keluar = 60 °C

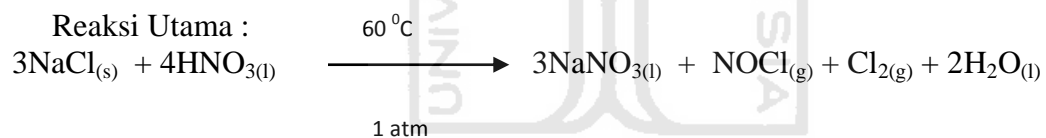


Tujuan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung jumlah reaktor optimum
3. Menentukan dimensi reaktor
4. Menentukan tinggi liquid
5. Menentukan tekanan desain
6. Menentukan tebal shell
7. Menentukan tebal head
8. Perancangan pengaduk
9. Menentukan jumlah pengaduk
10. Menentukan kecepatan putaran
11. Menghitung waktu tinggal dalam reaktor

1. Menentukan Jenis Reaktor

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:



Reaktor adalah suatu tempat berlangsungnya suatu reaksi. Reaktor ini ada yang berukuran kecil seperti tabung dan ada yang berukuran besar seperti reaktor skala pabrik. RATB beroperasi *steady state* dan mudah untuk mengontrol suhu. Waktu tinggal reaktan dalam reaktor bergantung pada laju alir dari umpan yang masuk atau keluar. Waktu tinggal sangat terbatas, sehingga sulit untuk mencapai konversi yang tinggi di setiap volume reaktor. Jika tidak dengan menggunakan optimasi jumlah reaktor, maka untuk mencapai konversi yang tinggi setiap volume reaktor akan dibutuhkan reaktor dengan volume yang sangat besar (Smith, 1981)

Dipilih reaktor tangki alir berpengaduk dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Zat pereaksi berupa fasa cair dan fasa cair
- b. Hasil konversi maksimal, karena dapat digunakan reaktor dalam jumlah lebih dari satu.

- c. Komposisi bahan di dalam reaktor diasumsikan pengadukan sempurna, sehingga komposisi bahan sama di setiap titik.
- d. Waktu tinggal kecil, sehingga reaktan lebih cepat bereaksi.

(Springer, 1989)

2. Menentukan Jumlah Reaktor

Menentukan jumlah reaktor adalah dengan menggunakan optimasi jumlah reaktor. Rumus yang digunakan untuk menghitung optimasi jumlah reaktor :

Kecepatan reaksi : $r_A = k \cdot C_A^2$ (orde diketahui dari Krajl, 2010)

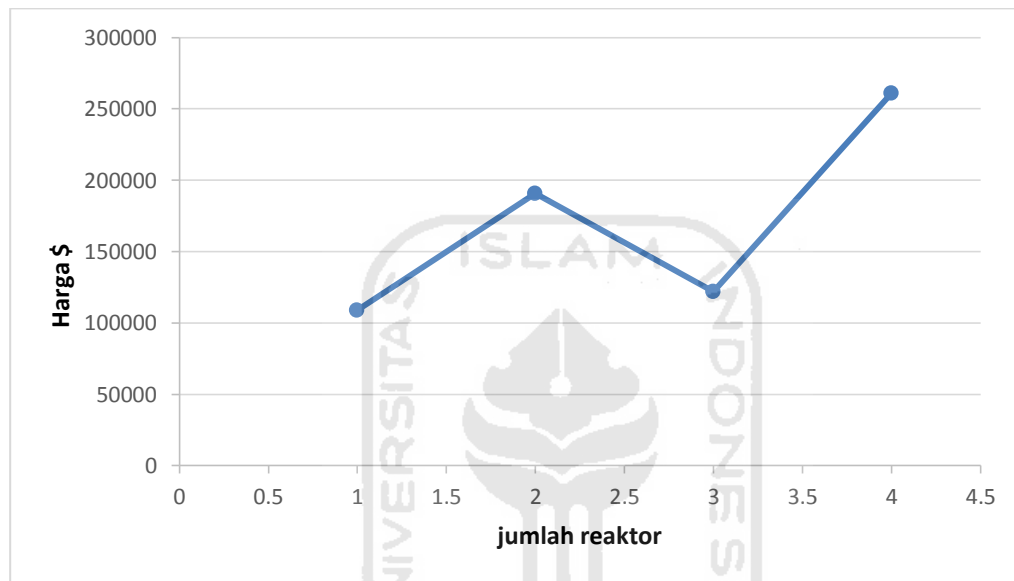
Volume : $V = \frac{F_{A0} \cdot (X1 - X0)}{r_A}$ (Vogler)

Keadaan optimasi jumlah reaktor akan tercapai saat $V1 = Vn$ saat jumlah n dengan trial $X1$.

Berdasarkan rumus tersebut optimasi jumlah reaktor diperoleh berikut :

N	V/ reaktor (m3)	Konversi	Harga Total (Rp)
	14.61397911	0,95	109000
	11.96483389	0,777789 0,95	190600
	3.218507162	0,8965 0,9476 0,95	122100
	6.629956094	0,9265 0,94884 0,9499449 0,95	260800

Berdasarkan perhitungan dapat dibuat grafik untuk menentukan titik optimum jumlah reaktor.



Dapat ditarik kesimpulan bahwa titik optimum terjaid saat jumlah reaktor 1.

3. Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor

Volum setiap reaktor berdasarkan perhitungan adalah 2 m^3 . Kemudian berdasarkan

Timmerhauss diketahui bahwa kelebihan desain reaktor adalah sebesar 20%.

$$V_{\text{terhitung}} = 14,6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{desain}} &= 1,2 \cdot V_{\text{terhitung}} \\ &= 16,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Rasio H/D yang digunakan adalah 1,5

$$\begin{aligned} V_{\text{desain}} &= \frac{\pi}{4} D^2 H \\ &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 1,5D \\ &= \frac{\pi}{2} D^3 \end{aligned}$$

$$D = 1,9 \text{ m}$$

$$H = (1,5 \cdot 1,9) \text{ m}$$

$$= 2,9 \text{ m}$$

4. Menentukan Tinggi Liquid

$$V_{\text{ruang kosong}} = V_{\text{tangki desain}} - V_{\text{liquid}}$$

$$= 1,41 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{shell kosong}} = V_{\text{ruang kosong}} - V_{\text{head}}$$

$$= 1,46 \text{ m}^3$$

$$H_{\text{shell kosong}} = \frac{V_{\text{shell kosong}}}{D^2} \cdot \frac{4}{\pi}$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

$$H_{\text{liquid}} = H_{\text{shell}} - H_{\text{shell kosong}}$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

5. Menentukan Tekanan Desain

$$\rho = 38,59 \text{ lb/ft}^3$$

$$H_{\text{liquid}} = 4,6 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \cdot H_{\text{liquid}} \cdot \frac{g}{g_c}}{144}$$

$$= 1,2 \text{ psi}$$

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,696 \text{ psi}$$

$$P_{\text{absolute}} = P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{operasi}}$$

$$= (1,2 + 14,696) \text{ psi}$$

$$= 15,896 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \cdot P_{\text{absolute}}$$

$$= 1,1 \cdot 15,896$$

$$= 19,11 \text{ psi}$$

6. Menentukan Tebal Shell

Tebal shell dapat ditentukan dengan menggunakan rumus Brownell (hal 254).

$$t_s = \frac{P \cdot d}{2(f \cdot E - 0.6P)} + C \quad (\text{Brownell, pers.13-1, p.254})$$

Dimana :

d = Diameter dalam shell (in)

f = maksimum allowable stress bahan yang digunakan

(Brownell,tabel 13-1, p.251)

t_s = tebal shell, in

E = efisiensi pengelasan

P = tekanan design, psi

C = faktor korosi, in

Bahan yang digunakan untuk reaktor adalah carbon steel SA 283 grade C. Alasan pemilihan bahan :

- Bahan bersifat tidak korosif terhadap carbon steel SA 283 grade C
- Harga murah

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA 283 Grade C

$$E = 0,85$$

$$f = 12650 \text{ psi}$$

$$ID = 45,3389 \text{ in}$$

$$P = 72,54 \text{ psi}$$

$$C = 0,125$$

maka $t_s = 0,2829 \text{ in} = 0,007186 \text{ m}$

dipilih tebal dinding reaktor standar 5/16 in

Diameter luar reaktor = $ID + 2 \cdot t_s$

$$= 45,3389 + (2 \cdot 0,2829)$$

$$= 45,9 \text{ in}$$

7. Menentukan Tebal Head

Menentukan jenis dan ukuran head dan bottom reaktor. Pertimbangan meliputi :

- Flanged and standard dished head

Jenis ini biasa digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter yang kecil

- Torispherical flanged and dished head

Jenis ini digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis.

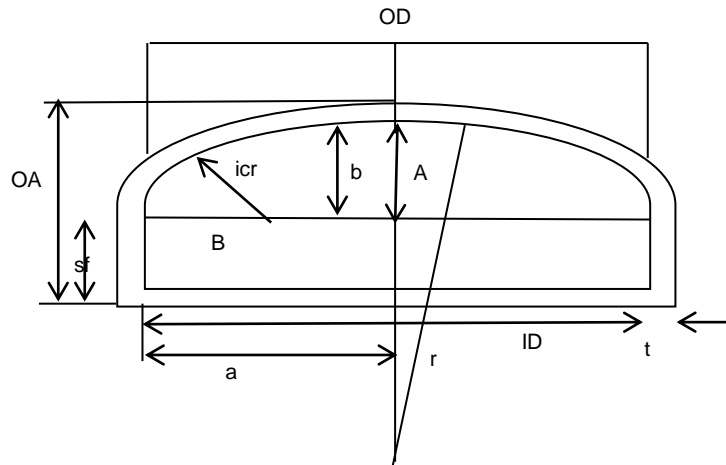
- Elliptical dished head

Jenis ini digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.

- Hemispherical head

Jenis ini digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi, kuat dan ukruannya sangat terbatas.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas dan tekanan operasi perancangan yang dibuat, maka dipilih bentuk torispherical flanged and dished head. Jenis ini yang digunakan, karena adanya kemungkinan naiknya temperatur di dalam tangki yang mengakibatkan naiknya tekanan dalam tangki dan tekanan dalam tangki menjadi lebih dari 1 atm.



Diameter luar kolom, $Do = 45,9$ in. Berdasarkan tabel 5.7 Brownell, Do terdekat adalah 48 in, sehingga diperoleh :

$$\text{Icr standard} = 3 \text{ in}$$

$$\text{R standard} = 78 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 77,65 \text{ in}$$

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$W = 2,02$$

$$t_h = \frac{0.885 \cdot P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.1 \cdot P}$$



Dimana,

$$t_h = 0,05 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell, saat tebal head $3/16$ in, maka digunakan $sf = 2$ in.

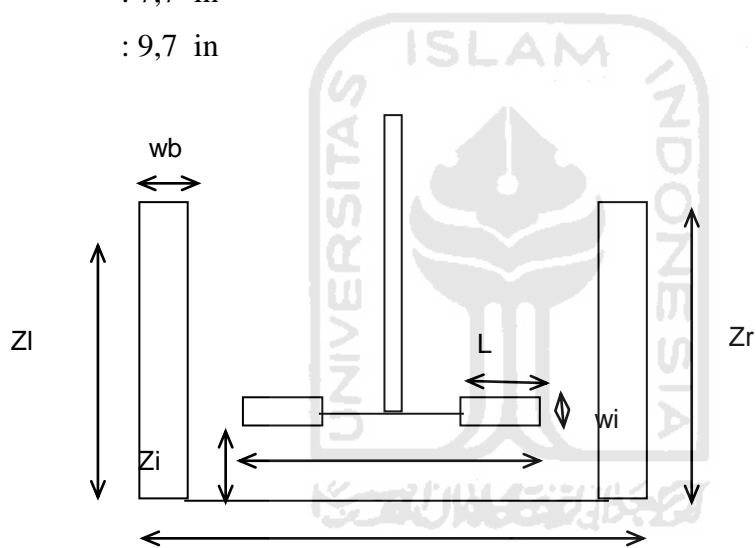
8. Perancangan Pengaduk

Jenis flat blad turbine impellers, karena turbine memiliki range volume yang besar dan dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi, sehingga dipilih :

Jumlah sudu : 6
 Jumlah baffle : 4
 W_i/D_i : 1/5
 Z_i/D_i : 3/4
 Lebar baffle : 1/10 ID
 Lebar pengaduk : 1/4 D_i

Berdasarkan rumus tersebut, kemudian diperoleh :

D_i : 25,88 in
 W_i : 7,7 in
 Z_i : 29,118 in
 W_b : 7,7 in
 L : 9,7 in



9. Menentukan Jumlah Pengaduk

Menentukan jumlah pengaduk yang digunakan dapat menggunakan persamaan Rase, 1977.

Dengan Jumlah pengaduk $\frac{WELH}{ID}$ = water equivalent liquid height = $Z_i \cdot S_g$
 ID = Diameter dalam reaktor, in
 S_g = Specific gravity

$$S_g = \frac{\rho_{campuran}}{\rho_{air4^\circ C}} = \frac{1,12}{1} = 1,12$$

WELH : $Z_i \cdot S_g$

WELH : 47,54 in

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{\text{ID}} = \frac{47,54}{45,39} = 1,05 = 1$$

10. Menentukan Kecepatan Putaran

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_i(\text{ft})} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot D_i(\text{in})}}$$

$$N = 190,33 \text{ rpm} = 3,17 \text{ rps}$$

11. Mengecek Waktu Pengadukan Sempurna

Kriteria pengadukan sempurna : $\frac{Q_R}{F_v} > 10$ (Rase 1977, hal 336)

Dimana :

QR = kecepatan sirkulasi, m³/jam

Fv = debit kecepatan umpan masuk reaktor, m³/jam

Turbin memiliki 6 blade dengan tinggi impeller (wi) sebesar 1/5 Diameter impeller.

$$N_{QR} = \frac{0,93 \cdot ID}{D_i}, \text{dimana } Re > 10^4$$

Bilangan reynold pada pengadukan :

ρ = massa jenis campuran dari reaktan (kg/m³) = 1.116 kg/m³

N = kecepatan putaran (rps) = 3,17 rps

Di = diameter impeller (m) = 0,384 m

μ = viskositas reaktan (kg/m.s) = 0,001 kg/m.s

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu} = 521.700,8$$

Berdasarkan hasil tersebut dapat diartikan bahwa reynold sudah lebih dari 10⁴.

$$N_{QR} = \frac{0,93 \cdot ID}{D_i} = \frac{0,93 \cdot 45,34}{0,384} = 1,86$$

$$\begin{aligned} Q_R &= N_{QR} \cdot N \cdot D_i^3 \\ &= 1,86 \cdot 3,17 \cdot 0,384^3 \\ &= 1201,49 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$F_v = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{8,759,88}{1,116} = 7,85 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_R/F_v = \frac{1.201,49}{7,85} = 153,08 > 10$$

Jadi pengadukan sudah sempurna sekali.

EVAPORATOR

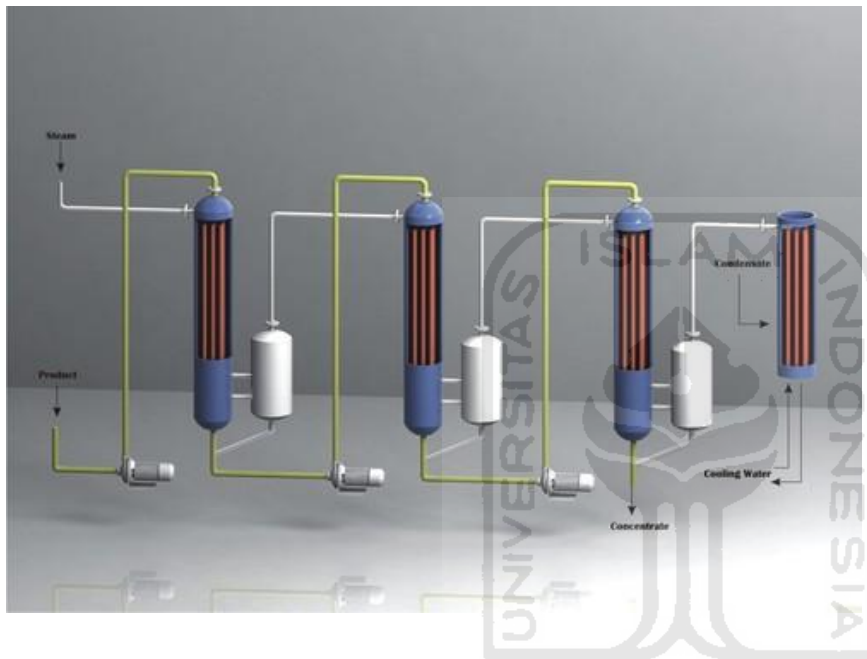
Jenis	: <i>Short tube vertical evaporator</i>		
Tugas	: Menguapkan sisa H_2O , HNO_3 , Cl_2 , NOCl dari produk reaktor.		
Kondisi Operasi	: Tekanan	=	0,668 atm
Single Effect	Suhu	=	70 °C
Second Effect	Suhu	=	60 °C
Third Effect	Suhu	=	51,8°C

Tujuan

1. Menentukan Jenis *Evaporator*
2. Menentukan Persamaan *Matematik*
3. Menentukan Luas *Evaporator*
4. Menentukan Perhitungan *Tube*
5. Menentukan Kebutuhan *Pipa*
6. Menentukan *Shell Side*
7. Menentukan Dimensi *Evaporator*

8. Menentukan *Tebal Shell Head*

9. Menentukan *Tebal Head*



1. Menentukan Jenis Evaporator

Multiple Effect Evaporation

Biasanya tekanan yang digunakan berada di bawah 3 atm (Warren L.McCabe, 1993). Umpan yang dimasukkan ke dalam evaporator 1 akan dipanaskan oleh *steam*. *Vapor* yang ada di berasal dari evaporator 1 akan dialirkan masuk ke dalam *steam chest* yang ada di evaporator 2. *Vapor* tersebut setelah melalui evaporator 2, maka akan dialirkan ke dalam *condenser*.

Pertimbangan menggunakan Multiple Effect Evaporation :

- Air pada umpan yang masuk evaporator jumlahnya sangat banyak, sehingga akan lebih efisien dengan menggunakan multiple-effect dibandingkan dengan single-effect evaporator.

- Steam kurang termanfaatkan dengan baik, karena untuk menguapkan 1 kg air dibutuhkan 1 kg sampai 1,3 kg *steam*.

Pada Pra Rancangan Pabrik natrium nitrat ini, evaporator yang digunakan adalah jenis *Short-tube vertical evaporator* dengan *natural circulation*.

2. Menentukan Persamaan Matematik

$$\lambda_s = 970,3 \text{ Btu/lb (pada steam)}$$

$$\lambda_1 = 986 \text{ Btu/lb (pada first effect)}$$

$$\lambda_2 = 2.984,69 \text{ Btu/lb (pada second effect)}$$

$$\lambda_3 = 2.856,42 \text{ Btu/lb (pada third effect)}$$

$$\text{First effect} = W_s \cdot \lambda_s + W_f \cdot C_f (T_f - T_1) = W_1 \cdot \lambda_1 \quad (\text{i})$$

$$\text{Second effect} = (T_1 - T_2) = W_2 \cdot \lambda_2 \quad (\text{ii})$$

$$\text{Third effect} = W_2 \cdot \lambda_2 + (W_f - W_1 - W_2) C_2 (T_2 - T_3) = W_3 \cdot \lambda_3 \quad (\text{iii})$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = W_{\text{teruapkan}}$$

Dimana:

λ = Panas Laten, Btu/lb

C_f = Kapasitas Panas dari massa yang masuk, Btu/(lb).($^{\circ}$ F)

W_f = Massa yang masuk, lb/jam

W_s = Steam di *first effect*, lb/jam

T_f = Suhu masuk, $^{\circ}$ F

W_1, W_2, W_3 = air yang mau diuapkan di effect 1 sampai 3, lb/jam

T_1, T_2, T_3 = Titik didih untuk effect 1 sampai 4, $^{\circ}$ F

Masuk		keluar		Teruapkan	
Komponen	Kg/jam	Komponen	Kg/jam	Komponen	Kg/jam
NaCl	65,23	NaCl	65,23	NaCl	0
H ₂ O	1072,79	H ₂ O	1041,04	H ₂ O	31,76
HNO ₃	0	HNO ₃	0	HNO ₃	0
NaNO ₃	1816,19	NaNO ₃	1816,19	NaNO ₃	0
NOCl	462,95	NOCl	0	NOCl	462,95
Cl ₂	498,56	Cl ₂	0	Cl ₂	498,56
Total	3915,73	Total	2922,46	Total	993,27

Jadi:

$$W_f = 3.915,73 \text{ kg/jam}$$

$$W_{\text{teruapkan}} = 993,27 \text{ kg/jam}$$

Setelah dilakukan substitusi ke ketiga persamaan diatas maka didapatkan :

$$W_1 = 993,27 \text{ kg/jam} = 2.189,79 \text{ lb/jam}$$

$$W_2 = 345.7552 \text{ kg/jam} = 762,26 \text{ lb/jam}$$

$$W_3 = 374,59 \text{ kg/jam} = 825,84 \text{ lb/jam}$$

$$W_s = 2.465,44 \text{ kg/jam} = 5.435,35 \text{ lb/jam}$$

3. Menentukan Luas Evaporator

Ud untuk sistem steam dengan steam berkisar antara 400-1000 maka diambil 400 Btu/jam ft²

Ud untuk light organic berkisar antara 250 – 500, maka diambil 300 Btu/jam ft²

$$A_1 = \frac{W_s \cdot \lambda_s}{U_d \cdot \Delta T} = \frac{2.465,44 \times 970,3}{400 \cdot (191,9 - 158)}$$

$$A_1 = 388,93 \text{ ft}^2$$

$$A_2 = \frac{W_1 \cdot \lambda_1}{U_d \cdot \Delta T} = \frac{5337,4098 \cdot 986}{300 \cdot (158 - 140)}$$

$$A_2 = 974,5715 \text{ ft}^2$$

$$A_3 = \frac{W_2 \cdot \lambda_2}{U_d \cdot \Delta T} = \frac{5307,0607 \cdot 1039,037}{300 \cdot (140 - 125,24)}$$

$$A_3 = 968,3379 \text{ ft}^2$$

4. Menentukan Perhitungan Tube

OD = max 3 inchi

L = 4 – 10 feet



(kern, 404)

Maka dipilih:

- OD = 1 inchi
- Sch = 40
- ao = 0,2618 ft²/ft
- BWG = 16
- at = 0,594 inchi²
- ID = 0,87 inchi²
- L = 6 ft
- ai = 0,2277 ft²/ft
-

5. Menentukan Kebutuhan Pipa

$$Nt = \frac{A}{L \cdot a_o} = \frac{1100}{6.0,2618}$$

$$Nt = 700,280$$

Dari Tabel 9 Kern diperoleh

Pemasangan secara triangular pitch

$$Nt = 700$$

ID shell = 39 inchi

Pass = 4

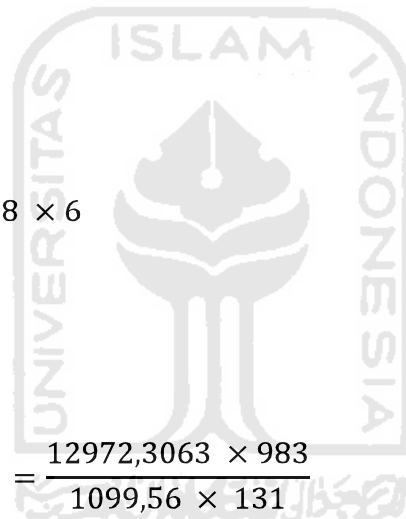
$$A_{koreksi} = N_T \cdot x a_o \cdot x L = 700 \times 0,2618 \times 6$$

$$A_{koreksi} = 1099,56 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{Q_s}{A_{koreksi} \cdot x \Delta T} = \frac{12972,3063 \times 983}{1099,56 \times 131}$$

$$U_D = 429,5246 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$\text{Steam, hio} = 1500 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F}$$



6. Menentukan Shell Side

Komponen	kg/jam	Xi	ρ , cp	μ , kg ltr
NaCl	65,2254872	0,016657309	0,792	2,163
H2O	1072,79607	0,273971065	0,468	0,99997
HNO3	0	0	0,549	1,502
NaNO3	1816,19245	0,463819909	2,85	2,257
NOCl	462,951015	0,118228604	0,1377	2,872
Cl2	498,562632	0,127323112	0,2905	1,58
Total	3915,72765	1	5,0872	11,37397

$$\mu \text{ campuran} = 0,48 \text{ cp} = 1,17 \text{ lb/ft.hr}$$

$$\rho \text{ campuran} = 0,53 \text{ kg/ltr} = 32,89$$

$$S_g = 0,53$$

$$W = 3915,73 \text{ kg/jam} = 19312 \text{ lb/jam}$$

$$G'' = \frac{W}{LxNt^{2/3}} = \frac{19312}{6 \times 700^{2/3}}$$

$$G'' = 18,25 \text{ lb/hr.ft}$$



Dari data – data diatas dilanjutkan ke fig 12.9 Kern

Maka didapat harga h_o

$$h_o = 1000 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$U_c = \frac{h_{i_o} x h_o}{h_{i_o} + h_o} = \frac{1500 \times 1000}{1500 + 1000}$$

$$U_c = 600 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$R_D = \frac{U_c - U_d}{U_c x U_d} = \frac{600 - 429,5246}{600 \times 429,5246}$$

$$R_d = 0,000661 \text{ jam.ft}^2.\text{F/BTU}$$

7. Menentukan Dimensi Evaporator

$$N_t = 700$$

$$ID_s = 8 \text{ inchi} = 0,64 \text{ feet}$$

Asumsi

Diameter bawah: Diameter Atas = 1:1,5

Bagian atas dan bawah dipilih berbentuk torispherical

Untuk 1 jam operasi

$$F = 3915,73 \text{ kg/jam} = 8632,69 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume larutan} = 262,41 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume desain} = 301,77 \text{ ft}^3$$

Diameter Evaporator bagian atas = D_a

$$D_a = 1,5 \times ID_s$$

$$= 12 \text{ inchi} = 1 \text{ ft} = 0,31 \text{ m}$$

Tinggi Evaporator bagian atas = H_a

$$H_a = D_a$$

$$= 0,31 \text{ m}$$

Tinggi Evaporator bagian bawah = H_b

$$H_b = L + ID_s$$

$$= 6,64 \text{ ft}$$



$$= 2,02 \text{ m}$$

Tinggi Total

$$H \text{ total} = H_a + H_b = 2,33 \text{ m}$$

Menentukan Volume Evaporator

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$= 1356,48 \text{ cu in} = 0,78 \text{ cuft}$$

Menentukan Volume larutan Evaporator

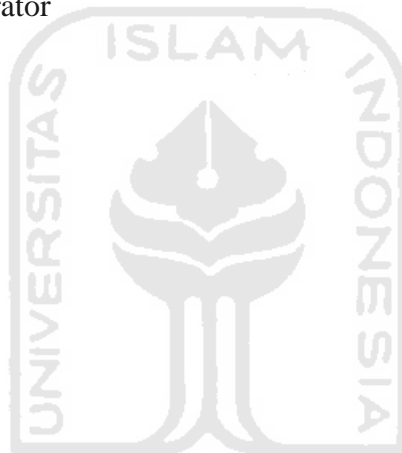
$$V = \frac{\pi}{4} \times ID_s^2 \times H_b$$

$$= 2,13 \text{ cuft}$$

Menentukan Volume Tube

$$V = \frac{\pi}{4} \times OD^2 \times N_t \times L$$

$$= 336,13 \text{ cuft}$$



8. Menentukan Tebal Shell Head

Bahan Konstruksi = Bahan Carbon Steel SA 285 Grade C

Temperatur Ruang = 131 F

Tekanan Ruang = 14,7 psi

Followable = 13750 psi

Brownell App.D

Tebal Shell

$$ts = \frac{P_i \cdot ID}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + c$$

$$t_s = 0,13 \text{ inchi}$$

Dimana:

t_s = tebal shell yang dibutuhkan

P_i = tekanan design maksimal yang diperbolehkan, psi

f = stress maksimal yang diperbolehkan

E = efisiensi maksimal yang diperbolehkan

ID = diameter vessel evaporator, in = D_a

c = faktor korosi (0,125)

Dipakai tebal standar

$$t_s = 0,1875 \text{ inchi}$$

9. Menentukan Tebal Head

Untuk Torispherical Dished Head

$$t_h = \frac{0,885 \cdot P_i \cdot R_c}{f \cdot E - 0,1 \cdot P_i} + c$$

Dimana : R_c : Crown Radius (inchi)

$$t_h = 0,17 \text{ inchi}$$

Dipakai tebal Standar

$$t_h = 0,1875 \text{ inchi}$$

