

**PRA RENCANA PABRIK
ROYAL DEMOLITION EXPLOSIVE ($C_2H_6N_6O_6$)
DARI HEKSAMINA ($C_6H_{12}N_4$) DAN ASAM NITRAT (HNO_3)
DENGAN PROSES KOMBINASI
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

RAHAJENG LISDAYANTI

0914002



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

2013

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE
NATIONAL EXAMINATION

REPUBLIC OF INDONESIA

001/0000

0000-0000

000000

REVISION

REVISION

REVISION
REVISION
REVISION (0000) REVISION (0000)
REVISION (0000) REVISION (0000)
REVISION (0000) REVISION (0000)
REVISION (0000) REVISION (0000)

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**ROYAL DEMOLITION EXPLOSIVE ($C_2H_6N_6O_6$)
DARI HEKSAMINA ($C_6H_{12}N_4$) DAN ASAM NITRAT (HNO_3)
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh :

RAHAJENG LISDAYANTI 09.14.002

Malang, 31 Juli 2013

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



Ir. Harimbi Setyawati, MT
NIP. 196303071992032002

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



Dwi Ana Anggorowati, ST, MT
NIP. 197009282005012001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Jimmy, ST, MT
NIP. Y. 1039900330

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

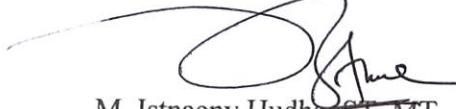
Nama : RAHAJENG LISDAYANTI
NIM : 0914002
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK ROYAL DEMOLITION
EXPLOSIVE DARI HEKSAMINA DAN ASAM NITRAT
DENGAN PROSES KOMBINASI

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :


Hari : Selasa
Tanggal : 23 Juli 2013
Nilai : B

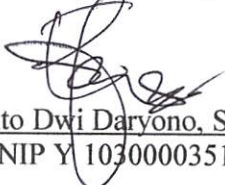
Ketua,

Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Sekretaris,

M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,

Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Penguji Kedua,

Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP Y 1030000351

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : RAHAJENG LISDAYANTI
NIM : 0914002
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK

**ROYAL DEMOLITION EXPLOSIVE DARI HEKSAMINA DAN ASAM
NITRAT DENGAN PROSES KOMBINASI
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN ALAT UTAMA REAKTOR

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 31 Juli 2013

Yang membuat pernyataan,



RAHAJENG LISDAYANTI
NIM 0914002

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT atas nikmat, rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PRA RENCANA PABRIK ROYAL DEMOLITION EXPLOSIVE DARI HEKSAMINA DAN ASAM NITRAT”.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Sarjana Teknik. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Ibu Ir. Harimbi Setyawati, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran dengan penuh kesabaran sehingga memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Dwi Ana Anggorowari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran dengan penuh kesabaran sehingga memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Jimmy, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Para dosen serta karyawan Institut Teknologi Nasional Malang yang telah mengantarkan penulis sehingga tersusunnya skripsi ini.
5. Orang tua dan keluarga serta semua saudara atas doa, dukungan, kasih sayang dan cinta tulus yang tiada batas.
6. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan skripsi ini masih tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Berita Acara	iii
Pernyataan Keaslian Tulisan.....	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
Abstrak	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II-1
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
BAB VIII UTILITAS.....	VIII-1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX-1
BAB X ORGANISASI PERUSAHAAN	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI-1
BAB XII KESIMPULAN	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1
APPENDIKS C.....	C-1
APPENDIKS D	D-1
APPENDIKS E.....	E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 9.1. Peta Kota Cilegon.....	IX -6
Gambar 9.2. Gambar Tata Pabrik RDX.....	IX - 8
Gambar 9.3. Tata Letak Peralatn Pabrik.....	IX - 11
Gambar 10.1. Gambar Struktur Organisasi Pabrik RDX.....	X - 8
Gambar 11.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik RDX.....	XI - 8

DAFTAR TABEL

Tabel 1.5.1. Daftar Ekspor Impor RDX.....	I - 6
Tabel 2.2.1. Perbandingan Proses produksi RDX.....	II - 4
Tabel 7.1.1. Instrumentasi peralatan pabrik.....	VII - 4
Tabel 7.2.2.1. Alat Keselamatan kerja.....	VII - 10
Tabel 10.6.1. Jadwal kerja karyawan pabrik.....	X - 11
Tabel 10.8.1. Jabatan dan tingkatan pendidikan tenaga kerja.....	X - 13
Tabel 10.9.1. Daftar Gaji karyawan.....	X - 13
Tabel 11.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun.....	X - 16
Tabel 11.2. Cash Flow untuk IRR.....	XI - 10
Tabel E.1.1. Indeks harga tahun 2005 – 2012.....	XI - 11
Tabel E.1.2. Peralatan yang di desain.....	E - 1
Tabel E.2.1. Daftar harga peralatan pabrik.....	E - 2
Tabel E.2.2. Daftar harga peralatan utilitas.....	E - 4
Tabel E.5.1. Daftar Gaji pegawai.....	E - 7

PRA RENCANA PABRIK
ROYAL DEMOLITION EXPLOSIVE (C₂H₆N₆O₆)
DARI HEKSAMINA (C₆H₁₂N₄) DAN ASAM NITRAT (HNO₃)
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

1. Chrysant Larasati Putri : 11.14.913
2. Rahajeng Lisdayanti : 09.14.002

Dosen Pembimbing :

- Ir. Harimbi setyawati, MT
Dwi Ana Anggorowati, ST, MT

ABSTRAK

RDX (*Royal Demolition Explosive*) dengan rumus kimia C₃H₆N₆O₆ atau lebih dikenal dengan nama *cyclonite*, *cyclomethylenetrinitramine*, atau *hexogen*. RDX berbentuk serbuk atau kristal, berwarna putih dan bersifat racun jika dipanaskan sampai terdekomposisi. RDX adalah peledak *nitroamine* yang secara luas digunakan dalam aplikasi militer dan industri pertambangan. Pembuatan RDX dilakukan dengan cara mereaksikan heksamina dan asam nitrat dengan proses kombinasi. RDX biasanya dicampur dengan bahan peledak lain untuk membuat bermacam-macam komposisi, seperti komposisi A, komposisi B, dan komposisi C (*compound*) mulai dari C-1, C-2, C-3, dan C-4. Perbedaan dari keempat *compound* tersebut adalah kadar RDX dan jenis *plasticizernya*.

Pemilihan lokasi pabrik RDX dibuat di Cilegon, Jawa Barat, dengan kapasitas produksi sebesar 50.000 ton/tahun. Model operasi yang diterapkan adalah sistem kontinue dengan waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI = Rp. 1.397.323.365.090,- ROI_{AT} = 36 %; IRR = 21,85 %; POT = 1,97 tahun, BEP = 51,77 %. Dari hasil ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik RDX ini layak untuk didirikan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

RDX (*Royal Demolition Explosive*) dengan rumus kimia $C_3H_6N_6O_6$ atau lebih dikenal dengan nama *cyclonite*, *cyclomethylenetrinitramine*, atau *hexogen*. RDX berbentuk serbuk atau kristal, berwarna putih dan bersifat racun jika dipanaskan sampai terdekomposisi.

(<http://www.surat kabar.com/domain/peledakRDX/htm>)

RDX adalah peledak *nitroamine* yang secara luas digunakan dalam aplikasi militer dan industri pertambangan. Pembuatan RDX dilakukan dengan cara mereaksikan heksamina dan asam nitrat dengan proses kombinasi. Sebagai bahan peledak, RDX biasanya digunakan dalam campuran bahan peledak lainnya dengan *plasticizer*, *phlegmatizers* atau *desensitizers*. RDX merupakan bahan peledak militer yang paling kuat dan dapat di simpan dalam waktu yang lama serta aman. RDX atau *cyclonite* juga digunakan sebagai komponen utama dari banyak bahan peledak terikat plastik yang digunakan dalam senjata nuklir.

(<http://www.hnsa.com/html>)

RDX merupakan jenis bahan peledak yang cukup stabil dan memiliki daya ledak tinggi yaitu sebesar 8.500 meter/detik. Sedangkan PETN (*Pentaerythritetetranitrate*) hanya 7.200 meter/detik dan TNT (*Trinitrotoluena*) hanya 6.700 meter / detik.

(<http://en.wikipedia.org/RDX/htm>)

Di Indonesia terdapat dua pabrik pengguna RDX yaitu PT. PINDAD dan PT. DAHANA, tetapi kebutuhan bahan peledak RDX di Indonesia masih belum terpenuhi sehingga masih harus impor dari Negara lain yaitu Jepang, Hong Kong, Korea, Taiwan, China, Singapore, Philipina, Australia, India, Amerika, Jerman dan Prancis.

(<http://www.tempointeractive.com/index,id.php/htm>)

Dalam kondisi damai seperti sekarang, bahan peledak bisa digunakan untuk mendukung pembangunan ekonomi seperti bahan peledak untuk tambang batubara. Karena kebutuhan bahan peledak RDX saat ini terus meningkat, maka untuk

- Titik nyala : 250°C
- Spesifik gravitasi : 1,27

Sifat-sifat kimia:

- Tidak mudah terbakar.
- Kelarutan dalam air : 89,5 g per 100 g (20°C)
87,5 g per 100 g (40°C)
84,4 g per 100 g (60°C)

(Othmer, K.E. R. 1983)

B. Asam Nitrat

Sifat-sifat fisika:

- Nama Lain : *nitric acid, aqua fortis, azotic acid*
- Rumus kimia : HNO_3
- Berat molekul : 63
- Bentuk : cair
- Warna : kuning kecoklatan
- Titik didih : 122°C
- Titik leleh : -42°C
- Titik nyala : tidak diketahui
- Spesifik gravitasi : 1,41

Sifat-sifat kimia:

- Mudah larut dalam air, terurai menjadi ion H^+ dan ion NO_3^-
$$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$$
- Pemanasan HNO_3 akan terurai menghasilkan NO_2 :
$$4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\quad} 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$$
- Merupakan asam kuat yang bersifat korosif dan beracun
- Mudah terbakar

(Ulrich, G. D. 1984)

C. Asetat Anhidrat

Sifat-sifat fisika:

- Nama Lain : *acetyl oxide, acetic acid anhydride, ethanoic anhydride*
- Rumus kimia : $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$
- Berat molekul : 102,09
- Bentuk : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik didih : 140°C
- Titik leleh : -73°C
- Titik nyala : tidak diketahui
- Spesifik gravitasi : 1,08

Sifat-sifat kimia:

- Kelarutan dalam air : larut perlahan-lahan
- Stabilitas kimia : stabil dalam kondisi penyimpanan yang baik
- Bahaya : asap beracun jika dipanaskan hingga dekomposisi
- Mudah terbakar.

(Othmer, K.E. R. 1983)

1.4.2. Sifat fisika dan kimia produk

Produk yang dihasilkan adalah RDX (*Royal Demolition eXplosive*)

Sifat-sifat fisika:

- Nama Lain : *cyclonite, cyclomethylenetrinitramine, hexogen*
- Rumus kimia : $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$
- Berat molekul : 222
- Bentuk : serbuk
- Warna : putih
- Titik leleh : 204°C
- Titik nyala : 260°C
- Kecepatan rambat : 8.500 m/detik

Sifat-sifat kimia:

- Kelarutan dalam air : larut perlahan-lahan
- Stabilitas kimia : stabil dalam kondisi penyimpanan yang baik
- Bahaya : asap beracun jika dipanaskan hingga dekomposisi
- Mudah terbakar.

(Urbanski, T. 1967)

1.5. Perkiraan Kapasitas Produksi

Dalam mendirikan industri diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pasar. Pabrik RDX direncanakan berdiri pada tahun 2016. Untuk memenuhi kebutuhan RDX, Indonesia masih harus mengimpor dari Negara lain. Berikut adalah data kapasitas impor RDX:

Table 1.1. Impor RDX di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Kenaikan (%)
2007	13.092,3737	-
2008	20.452,8930	56,21989
2009	14.752,6327	-27,87019
2010	13.505,6513	-8,452602
2011	13.849,6159	2,546819

Sumber: Badan Pusat Statistik, Surabaya

Dari Tabel 1.1. terlihat bahwa kenaikan impor RDX di Indonesia rata-rata 5,61098 % dengan pertumbuhan impor rata-rata sebesar 15.130,633 ton / tahun. Sehingga impor RDX pada tahun 2016 dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_n = A_0(1+i)^n$$

(Ulrich, G. D. 1984)

Dimana:

- A_n = nilai impor tahun 2016 (ton)
- A_0 = nilai rata-rata impor (15.130,633 ton / tahun)
- i = persentase kenaikan rata-rata per tahun (5,61098 % = 0,056109)
- n = selisih tahun (2016 - 2011 = 5 tahun)

maka impor RDX pada tahun 2016 adalah:

$$\begin{aligned} A_5 &= 15.130,633 (1+0,056109)^5 \\ &= 19.879,364 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi diperkirakan impor RDX pada tahun 2016 sebesar 19.879,364 ton. Karena sampai saat ini Indonesia belum dapat memenuhi sendiri kebutuhan akan RDX, maka pada tahun 2016 kapasitas konsumsi dalam negeri sama dengan kapasitas impor. Diasumsikan ekspor RDX pada tahun 2016 sebesar 60% dari kapasitas produksi, sehingga kapasitas konsumsi alam negeri sebesar 40% dari kapasitas produksi.

$$\text{Ekspor RDX pada tahun 2016} = \frac{60\%}{40\%} \times 19.879,364$$

$$= 29.819,047 \text{ ton}$$

$$\text{Kapasitas RDX pada tahun 2016} = 19.879,364 + 29.819,047$$

$$= 49.698,411 \text{ ton}$$

$$= 50.000 \text{ ton}$$

Jadi perkiraan kapasitas pabrik pada tahun 2016 sebesar 50.000 ton / tahun.



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

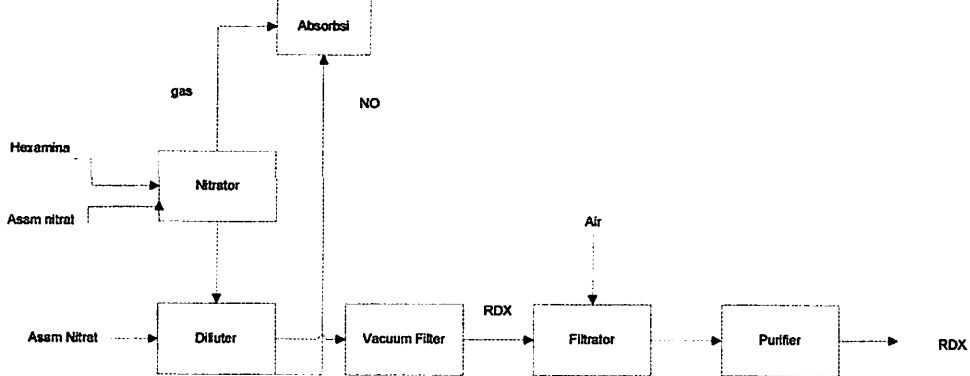
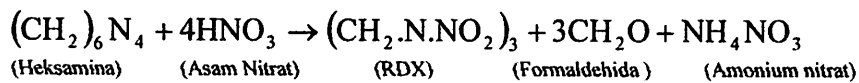
2.1 Macam-Macam Proses

Proses pembuatan *cyclonite* atau yang biasa disebut RDX dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :

2.1.1 Proses Nittrasi

Proses nittrasi merupakan metode yang paling tua dan sederhana dalam menghasilkan RDX berdasarkan reaksi antara heksametilen tetra amina (heksamina) dan asam nitrat pada 25 - 30°C.

(Urbanski, Chemistry and Technology of Explosives, Vol III)

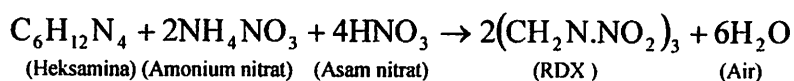


Gambar 2.1. Block diagram pembuatan RDX dengan proses nittrasi

2.1.2 Metode Jerman

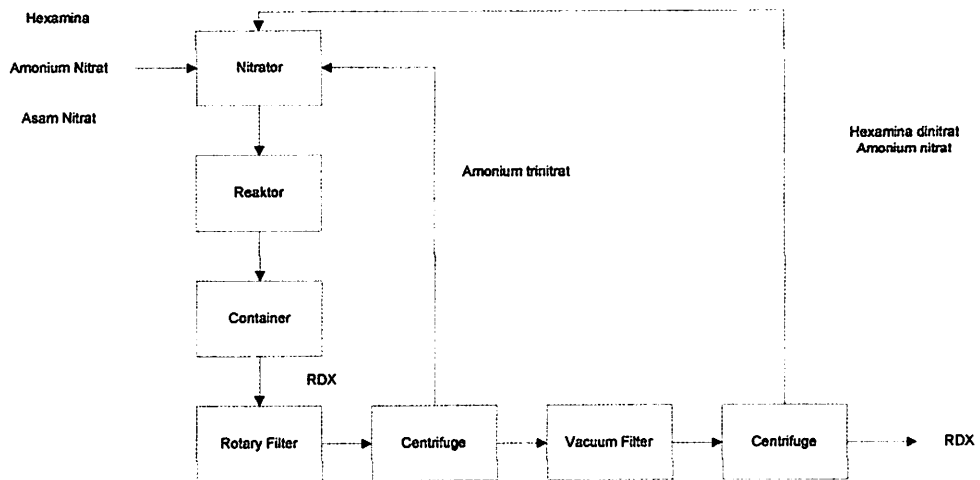
(i) *K-Method*

Metode ini ditemukan oleh Knöffler, sehingga disebut *K-method*. Metode ini diciptakan berdasarkan kenyataan bahwa heksametilentetraamina memiliki 6 gugus metilen per 4 gugus amino, jumlah gugus amino lebih sedikit daripada yang dibutuhkan untuk membentuk dua molekul RDX. sehingga dilakukan penambahan dua gugus amino dengan menambahkan sejumlah amonium nitrat untuk bereaksi dengan asam nitrat, seperti persamaan berikut :



Reaksi diatas hanya dapat dilakukan pada suhu tinggi (sekitar 80°C). Reaksi ini kurang menguntungkan karena pencampuran antara asam nitrat, heksamina, dan amonium nitrat yang dipanaskan untuk mendapatkan reaksi pencampuran yang diinginkan.

(Urbanski, Chemistry and Technology of Explosives, Vol III)



Gambar 2.2. Block diagram pembuatan RDX dengan Metode K

(ii) *W-Method*

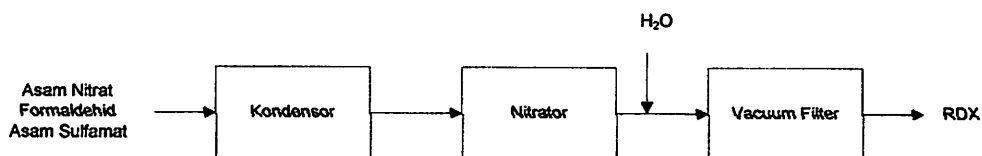
Suatu metode pembuatan RDX dari asam sulfamat, formaldehid, dan asam nitrat, diciptakan pada tahun 1934 oleh Wolfram, sehingga disebut *W-Method*. Metode ini didasari oleh kondensasi garam potasium dari asam sulfamat dengan formaldehid dan nitrasi dari produk kondensasi (garam putih).

Campuran disiapkan dari 99% asam nitrat dan sulfat anhidrat pada suhu 30°C . Panas yang meningkat selama nitrasi ($500 \text{ kkal/kg cyclonite}$) dihilangkan dengan coil pendingin. RDX yang terbentuk sebagian tergantung, dan sebagian terlarut dalam larutan nitrat. Penambahan air dapat mengendapkan seluruh produk, yang kemudian dipisahkan dengan vacuum filter.

Setelah RDX dicuci dengan air, dan di netralisir dari residu asam dengan menggunakan 5% larutan sodium karbonat kemudian di re-kristalisasi. Asalnya RDX dapat di kristalisasi dengan nitrobenzena. Namun cara ini terbukti berbahaya karena titik didih dari pelarut.

Yield yang terbentuk sekitar 80-90%, tergantung dari formaldehid yang digunakan. Metode ini paling tidak menguntungkan daripada metode-metode yang lain, sehingga tidak dilanjutkan setelah perang dunia ke II berakhir.

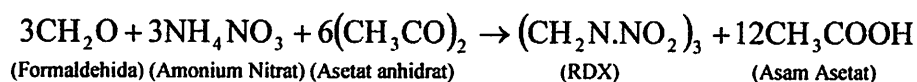
(Urbanski, Chemistry and Technology of Explosives, Vol III)



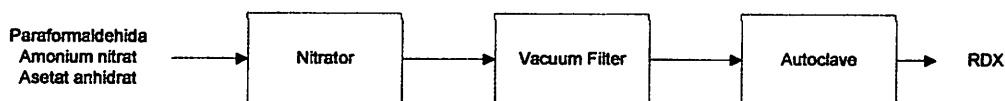
Gambar 2.3. Block diagram pembuatan RDX dengan Metode W

(iii) *E-Method*

Metode ini dilakukan oleh Ebele di Jerman, sehingga disebut *E-Method*. Pada proses ini paraformaldehida dan amonium nitrat mengalami dehidrasi dibawah pengaruh dari asetat anhidrat dengan reaksi pembentukan RDX sebagai berikut :



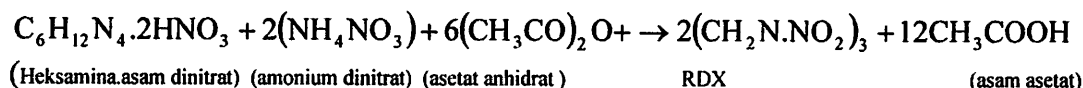
Yield yang terbentuk dalam skala pabrik sekitar 63-65%.^[9]



Gambar 2.4. Block diagram pembuatan RDX dengan Metode E

2.1.3 Proses Kombinasi

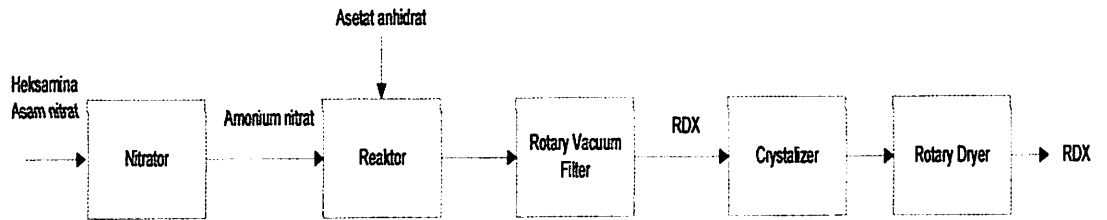
Metode ini adalah kombinasi antara metode ke - 1 dan 4, ditemukan ole W. E. Bachmann di USA pada tahun 1941. Heksamina dinitrat direaksikan dengan amonium dinitrat dalam asetat anhidrat. Tidak seperti *E-Method*, proses ini tidak menggunakan paraformaldehida, semua kebutuhan gugus metilen disediakan oleh heksamina, dan penambahan gugus amino (seperti *K-Method*) oleh amonium nitrat. Asam nitrat masuk dalam reaksi dikombinasikan dengan heksamina dan amonium dinitrat sebagai berikut :



Yield yang diperoleh dari metode ini sekitar 75-80%, dihitung dari gugus CH₂ dari heksamina dinitrat. Keuntungan metode ini dibandingkan *E-Method* yaitu metilen dan sebagian gugus amino dimasukkan dalam bentuk dehidrat, heksamina yang menjadi

sumber. Sedangkan ketika paraformaldehida digunakan, dehidrasi diperlukan. Karena itu, sedikit asetat anhidrat yang digunakan pada metode kombinasi dibandingkan *E-Method*.

(Urbanski, Chemistry and Technology of Explosives, Vol III)



Gambar 2.5. Block diagram pembuatan RDX dengan Proses Kombinasi

2.2. Pemilihan Proses

Perbandingan dari 3 macam proses untuk pembuatan RDX dapat dilihat pada tabel berikut:

Parameter	Proses Nitration	Metode Jerman			Proses Kombinasi
		K-Method	W-Method	E-Method	
1. Bahan Baku	Asam nitrat Heksamina	Heksamina Asam nitrat Amonium dinitrat	Asam sulfamat Formaldehid Asam nitrat	Formaldehid Amonium dinitrat Asetat anhidrat	Heksamina Asam nitrat
2. Aspek teknis					
- yield	75%	90%	80-90%	63-65%	75-80%
- konversi	-	90%	-	-	90%
- suhu	25-30 °C	± 80°C	30°C	60-65°C	40-50°C
- tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
3. Aspek ekonomi					
- Investasi	Besar	Besar	Kecil	Besar	Kecil

Berdasarkan tabel diatas maka proses yang dipilih adalah proses kombinasi karena bahan baku mudah didapat, biaya/modal yang dibutuhkan tidak terlalu besar karena asetat anhidrat yang digunakan hanya sedikit, prosesnya tidak berbahaya karena dalam

proses ini suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi seperti pada *K-Method* yang dapat menyebabkan ledakan, dan yield yang terbentuk cukup tinggi yaitu 75-80%.

2.3 Uraian Proses

Tahapan proses untuk menghasilkan RDX dari bahan baku heksamina dan asam nitrat adalah:

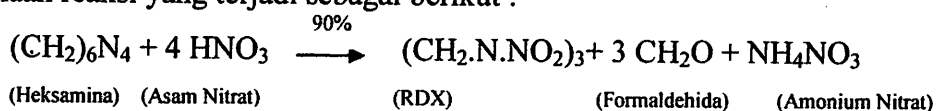
- a. Tahap penyiapan bahan baku
- b. Tahap reaksi
- c. Tahap pemisahan dan pencucian
- d. Tahap penanganan produk

2.3.1. Tahap penyiapan bahan baku

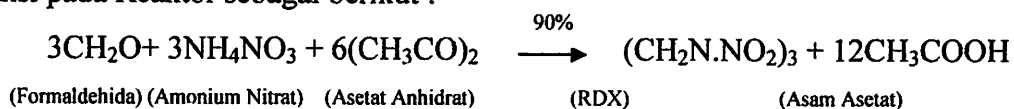
Bahan baku asam nitrat pada suhu kamar (25°C) dialirkan dari tangki penyimpanan (R-111) dengan menggunakan pompa centrifugal (L-112) kemudian didinginkan hingga suhu 15°C menggunakan pendingin *brine* masuk kedalam nitrator (R-110), didalam nitrator (R-110) reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis. Heksamina diangkut dari tempat penyimpanan (F-114) dengan srew conveyor (J-125) masuk kedalam bin (F-116) kemudian masuk ke nitrator (R-110).

2.3.2. Tahap Reaksi

Dalam nitrator (R-110) reaksi terjadi pada suhu 15°C dengan tekanan 1 atm. Persamaan reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah reaksi terjadi, *slurry* yang dihasilkan dari nitrator (R-110) dialirkan dengan menggunakan pompa centrifugal (L-122a) masuk kedalam reaktor (R-120) dimana reaksi terjadi secara endotermis. Kemudian asetat anhidrat dari tangki penyimpanan (F-121) dialirkan dengan pompa (L-122b) masuk kedalam reaktor (R-120). Didalam reaktor (R-120) bahan-bahan direaksikan pada suhu 50°C, tekanan 1 atm. Persamaan reaksi pada Reaktor sebagai berikut :



2.3.3. Tahap pemisahan dan pencucian

Slurry dari reaktor (R-120) dialirkan dengan menggunakan pompa centrifugal (L-131) menuju ke *rotary vacuum filter* (H-130) untuk dicuci dan dipisahkan antara RDX dari larutan terikutnya. Kemudian *cake* RDX diangkut dengan belt conveyor (J-

141a) dan dimasukkan kedalam *rotary dryer* (B-140) untuk dikeringkan, sedangkan filtratnya dialirkan ke *waste*. Pada *rotary dryer* (B-140), RDX dikeringkan dengan udara panas yang diperoleh dari udara bebas. Udara bebas difiltrasi dengan filter udara (H-142) dan dialirkan dengan blower (G-143), kemudian udara tersebut dipanaskan dalam shell and tube *heat exchanger* (E-144) dengan menggunakan steam. Udara yang keluar dari *rotary dryer* (B-140) dimasukkan ke dalam *cyclone* (H-146) untuk dipisahkan dari partikel yang terikut.

2.3.4. Tahap penanganan produk

RDX yang keluar dari *rotary dryer* (B-140) kemudian dimasukkan kedalam hammer mill (M-145) supaya ukuran RDX yang dihasilkan seragam yaitu sebesar 60 mesh. Kemudian RDX yang keluar dari Hammer Mill (M-145) diangkut dengan *beltconveyor*(J-141b) dan *bucket elevator* (J-141c) masuk kedalam bin produk (F-147), demikian juga dengan RDX yang keluar dari *cyclone* (H-146) akan masuk kedalam bin produk (F-147), kemudian dengan mesin pengemas (F-148) RDX yang dihasilkan dikemas dalam karung 25 kg untuk disimpan dalam gudang (F-149) dan siap untuk dipasarkan.

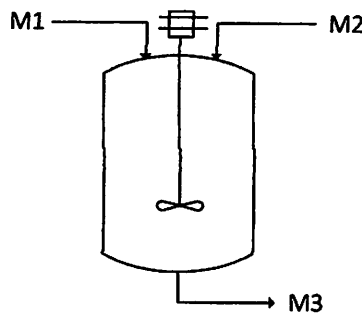
BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas produksi	= 50.000 ton/tahun = 50.000 kg/tahun
Waktu operasi	= 330 hari/tahun = 24 jam/hari
Produksi	= 50.000 kg/tahun $\times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$
	= 6.313,1313 kg/jam produk $(\text{CH}_2\text{.N.NO}_2)_3$
Basis perhitungan	= 4.734,8485kg/jam
Satuan	= kg/jam

1. Nitrator (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan heksamina ($(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$) 99,5 % dengan asam nitrat(HNO_3) 68 % menghasilkan formaldehida (CH_2O) dan Amonium Nitrat (NH_4NO_3) dengan konversi reaksi 90%.



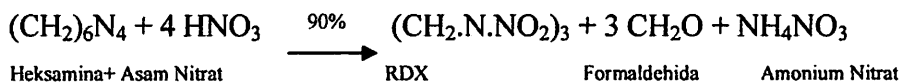
Neraca Massa di R-110

$$M_1 + M_2 = M_3$$

Keterangan :

- M_1 = Aliran heksamina dari tangki penampung (kg/jam)
- M_2 = Aliran asam nitrat dari tangki penampung (kg/jam)
- M_3 = Aliran menuju reaktor (kg/jam)

Reaksi I :

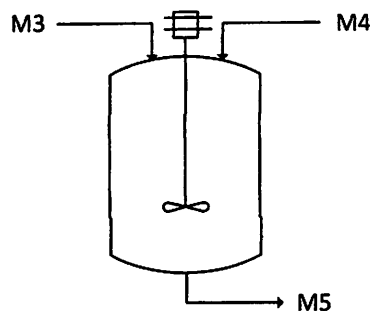


Neraca Massa Nitrator :

Masuk (kg/jam)		Keluar	
dari tangki penampung (M1)		Ke Reaktor (M3)	
(CH ₂) ₆ N ₄	= 1.747,5871	(CH ₂) ₆ N ₄	= 174,7587
Na ₂ CO ₃	= 3,5127	HNO ₃	= 314,2075
H ₂ O	= 5,2691	(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 2.492,0255
		NH ₄ NO ₃	= 898,0396
dari tangki penampung (M1)		CH ₂ O	= 1.010,6308
HNO ₃	= 3.142,0751	Na ₂ CO ₃	= 3,5127
H ₂ O	= 526,9107	H ₂ O	= 532,1798
Total	= 5.425,3547	Total	= 5.425,3547

2. Reaktor (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan formaldehid (CH₂O) dan amonium nitrat (NH₄NO₃) dari nitrator dengan asetat anhidrat ((CH₃CO)₂O) menghasilkan RDX((CH₂.N.NO₂)₃) dan asam asetat (CH₃COOH) dengan konversi reaksi 90%



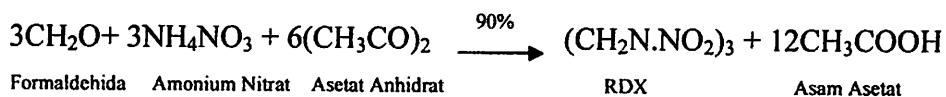
Neraca Massa di R-120

$$M_3 + M_4 = M_5$$

Keterangan:

- M₃ = Aliran *slurry*(formaldehid dan amonium nitrat) dari nitrator (kg/jam)
- M₄ = Aliran asetat anhidrat dari tangki penampung (kg/jam)
- M₅ = Aliran *slurry*(*cyclonite* dan asam asetat) ke *rotary vacuum filter*(kg/jam)

Reaksi II :

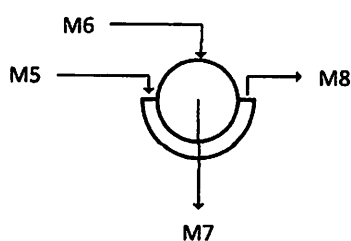


Neraca Massa Reaktor

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Dari Nitrator (M3)		Ke Rotary Vacuum Filter (M5)	
(CH ₂) ₆ N ₄	= 174,7587	(CH ₂) ₆ N ₄	= 174,7587
HNO ₃	= 314,2075	HNO ₃	= 314,2075
(CH ₂ ·N·NO ₂) ₃	= 2.492,0255	(CH ₂ ·N·NO ₂) ₃	= 4.734,8485
NH ₄ NO ₃	= 2.694,1188	NH ₄ NO ₃	= 269,4119
CH ₂ O	= 1.010,6308	CH ₂ O	= 101,0631
Na ₂ CO ₃	= 3,5127	(CH ₃ CO) ₂	= 687,2322
H ₂ O	= 532,1798	CH ₃ COOH	= 7.276,5418
Dari tangki penampung (M4)		Na ₂ CO ₃	= 3,5127
(CH ₃ CO) ₂	= 6.872,3223	H ₂ O	= 532,1798
Total	= 14.093,7562	Total	= 14.093,7562

3. Rotary Vacuum Filter

Fungsi : Untuk mencuci dan memisahkan cake dari filtratnya.



Neraca Massa di H-130

$$M_5 + M_6 = M_7 + M_8$$

Keterangan :

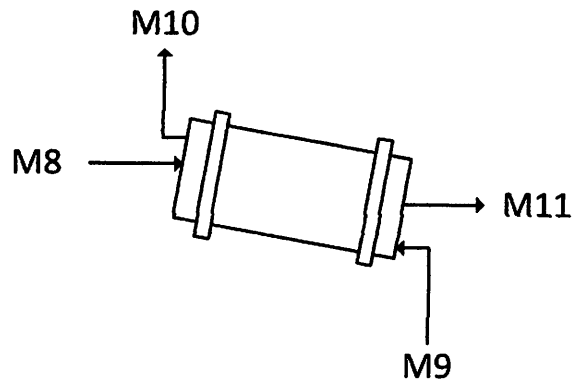
- M₅ = Aliran *slurry* dari reaktor (kg/jam)
- M₆ = Aliran H₂O dari water proses (kg/jam)
- M₇ = Aliran ke *waste*
- M₈ = Aliran cake 90 % dan filtrat 10 % ke *Rotary Dryer*

Neraca massa Rotary Vacuum Filter

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Dari reaktor (M5)		Ke waste (M7)	
(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 4.734,8485	(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= -
(CH ₂) ₆ N ₄	= 174,7587	(CH ₂) ₆ N ₄	= 169,8757
HNO ₃	= 314,2075	HNO ₃	= 305,4282
NH ₄ NO ₃	= 269,4119	NH ₄ NO ₃	= 261,8842
CH ₂ O	= 101,0631	CH ₂ O	= 98,2393
(CH ₃ CO) ₂	= 687,2322	(CH ₃ CO) ₂	= 668,0301
CH ₃ COOH	= 7.276,5418	CH ₃ COOH	= 7.073,2263
Na ₂ CO ₃	= 3,5127	Na ₂ CO ₃	= 3,4146
H ₂ O	= 532,1798	H ₂ O	= 9.722,4120
	= 14.093,7562		= 18.302,5104
Dari water process (M6)		Ke Rotary Dryer	
H ₂ O	= 9.469,6970	(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 4.734,8485
		(CH ₂) ₆ N ₄	= 4,8830
		HNO ₃	= 8,7793
		NH ₄ NO ₃	= 7,5277
		CH ₂ O	= 2,8238
		(CH ₃ CO) ₂	= 19,2021
		CH ₃ COOH	= 203,3155
		Na ₂ CO ₃	= 0,0982
		H ₂ O	= 279,4647
			= 5.260,9428
Total	= 23.563,4531	Total	= 23.563,4531

4. Rotary Dryer

Fungsi : untuk mengeringkan cake yang berupa RDX



Neraca Massa di B-140

$$M_8 + M_9 = M_{10} + M_{11}$$

Keterangan :

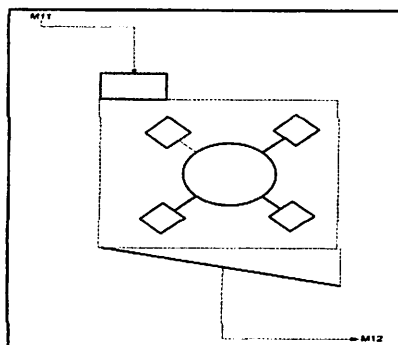
- M_8 = Aliran *cake*RDX / $(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$ (kg/jam)
- M_9 = Aliran udara panas (kg/jam)
- M_{10} = Aliran 1% RDX / $(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$ (kg/jam)
- M_{11} = Aliran 99% RDX / $(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$ (kg/jam)

Neraca massa Rotary Dryer

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Dari Rotary Vacuum Filter (M8)		Ke cyclone (M10)	
(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 4.734,8485	(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 47,3485
(CH ₂) ₆ N ₄	= 4,8830	(CH ₂) ₆ N ₄	= 0,0488
HNO ₃	= 8,7793	HNO ₃	= 0,0878
NH ₄ NO ₃	= 7,5277	NH ₄ NO ₃	= 0,0753
CH ₂ O	= 2,8238	CH ₂ O	= 0,0282
(CH ₃ CO) ₂	= 19,2021	(CH ₃ CO) ₂	= 0,1920
CH ₃ COOH	= 203,3155	CH ₃ COOH	= 2,0332
Na ₂ CO ₃	= 0,0982	Na ₂ CO ₃	= 0,0010
H ₂ O	= 279,4647	H ₂ O	= 2,7946
		Udara	= 1.052,1886
			= 1.104,7980
Dari Burner (M9)		Ke Hammer Mill (M11)	
Udara	= 1.052,1886	(CH ₂ .N.NO ₂) ₃	= 4.687,5000
		(CH ₂) ₆ N ₄	= 4,8341
		HNO ₃	= 8,6915
		NH ₄ NO ₃	= 7,4524
		CH ₂ O	= 2,7956
		(CH ₃ CO) ₂	= 19,0101
		CH ₃ COOH	= 201,2823
		Na ₂ CO ₃	= 0,0972
		H ₂ O	= 276,6700
			= 5.208,3333
Total	= 6.313,1313	Total	= 6.313,1313

5. Hammer Mill

Fungsi : Untuk memecah (memperkecil) ukuran partikel $(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$ agar ukurannya seragam.



Keterangan :

- M_{11} = Aliran *Cyclonite* yang masuk ke hammer mill (kg/jam)
- M_{12} = Aliran *Cyclonite* yang keluar dari hammer mill

Neraca massa Hammer Mill

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
$(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$	= 4.687,5000	$(\text{CH}_2.\text{N}.\text{NO}_2)_3$	= 4.687,5000
$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	= 4,8341	$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	= 4,8341
HNO_3	= 8,6915	HNO_3	= 8,6915
NH_4NO_3	= 7,4524	NH_4NO_3	= 7,4524
CH_2O	= 2,7956	CH_2O	= 2,7956
$(\text{CH}_3\text{CO})_2$	= 19,0101	$(\text{CH}_3\text{CO})_2$	= 19,0101
CH_3COOH	= 201,2823	CH_3COOH	= 201,2823
Na_2CO_3	= 0,0972	Na_2CO_3	= 0,0972
H_2O	= 276,6700	H_2O	= 276,6700
Total	= 5.208,3333	Total	= 5.208,3333

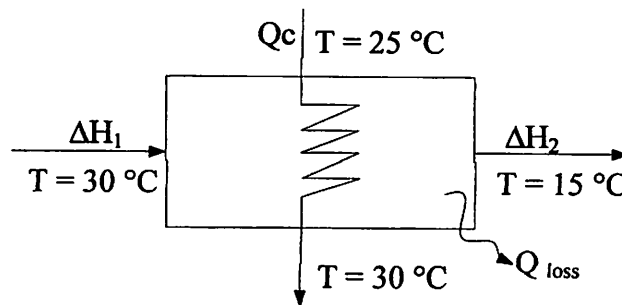
$$\begin{aligned}
 \text{Produk dalam bin} &= \text{Produk dari cyclone} + \text{produk dari hammer mill} \\
 &= 1.104,7980 + 5.208,3333 \\
 &= 6.313,1313 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas produksi = 50.000 ton/tahun
 = 6313,1313 kg/jam
 Waktu operasi = 330 hari/tahun
 Satuan operasi = kkal/jam
 Suhu referensi = 25°C

1. Cooler (E-113)

Fungsi : Untuk menurunkan suhu asam nitrat dari 30°C menjadi 15°C.



Persamaan neraca panas:

$$\text{Panas masuk} = \text{Panas keluar}$$

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} + Q_c$$

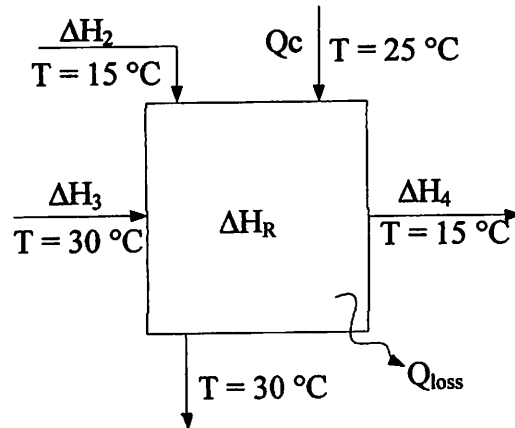
Dimana: ΔH_1 = Kandungan panas bahan masuk cooler (kkal/jam)
 ΔH_2 = Kandungan panas bahan keluar cooler (kkal/jam)
 Q_c = Kandungan pendingin dari brine (kkal/jam)
 Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Neraca Panas Total pada Cooler

Panas Masuk (kkla/jam)	Panas Keluar (kkal/jam)
$\Delta H_1 = 5.197,1717$	$\Delta H_2 = -10.394,3435$
	$Q_c = 15.331,6566$
	$Q_{\text{loss}} = 259,8586$
Total = 5.197,1717	Total = 5.197,1717

2. Nitrator (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan heksamina pada suhu 15 °C



Persamaan neraca panas:

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_R = \Delta H_4 + Q_c + Q_{\text{loss}}$$

Dimana: ΔH_2 = Kandungan panas bahan masuk dari cooler (kkal/jam)

ΔH_3 = Kandungan panas bahan masuk dari storage (kkal/jam)

ΔH_R = Panas yang diserap reaksi (kkal/jam)

ΔH_4 = Kandungan panas bahan keluar cooler (kkal/jam)

Q_c = Pendingin dari brine (kkal/jam)

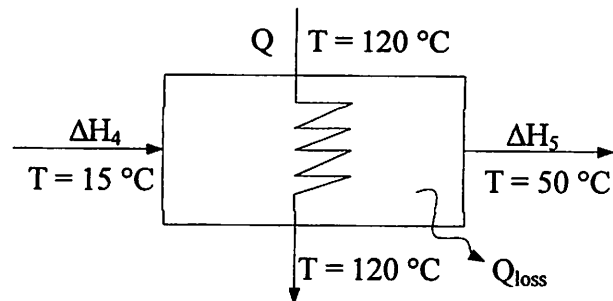
Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Nearaca Panas Total pada Nitrator

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_2	= -10.394,3435	ΔH_4	= -14.848,6955
ΔH_3	= 2.299,4433	Q_c	= 22.262,4534
ΔH_R	= 15.898,8560	Q_{loss}	= 390,1978
Total	= 7.803,9557	Total	= 7.803,9557

3. Heater (E-123)

Fungsi : Untuk memanaskan bahan yang keluar dari nitrator pada suhu 50 °C



Persamaan neraca panas :

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} &= \text{Panas keluar} \\ \Delta H_4 + Q &= \Delta H_5 + Q_{\text{loss}} \end{aligned}$$

Dimana: ΔH_4 = Kandungan panas bahan baku keluar nitrator (kkal/jam)

ΔH_5 = Kandungan panas bahan baku keluar ke reaktor (kkal/jam)

Q = Panas dari steam (kkal/jam)

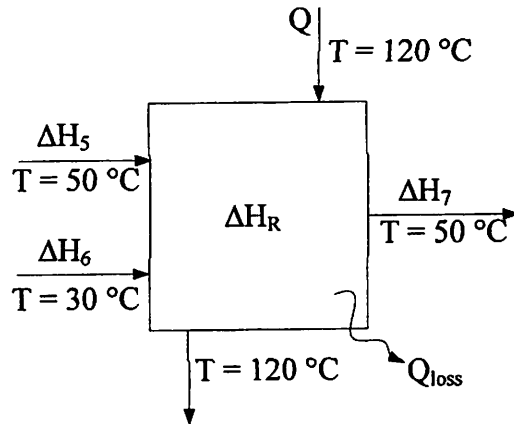
Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Neraca Panas Total pada Heater

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_4	= -14.848,6955	ΔH_5	= 37.121,7387
Q	= 53.084,0864	Q_{loss}	= 1.113,6522
Total	= 38.235,3909	Total	= 38.235,3909

4. Reaktor (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan campuran asam nitrat dan heksamina dengan -asetat anhidrat pada suhu 50 °C



Persamaan neraca panas:

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_5 + \Delta H_6 + Q = \Delta H_7 + \Delta H_R + Q_{loss}$$

Dimana: ΔH_5 = Kandungan panas bahan masuk dari heater (kkal/jam)

ΔH_6 = Kandungan panas bahan masuk dari storage (kkal/jam)

ΔH_R = Panas yang diserap reaksi (kkal/jam)

ΔH_7 = Kandungan panas bahan keluar cooler (kkal/jam)

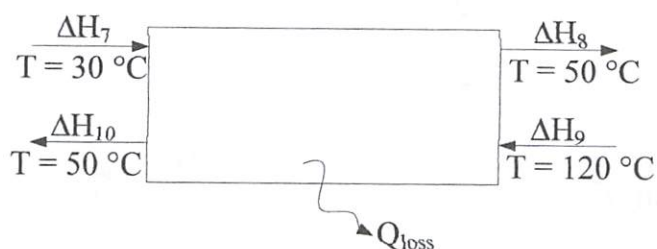
Q = Panas dari steam (kkal/jam)

Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Neraca Panas Total pada Reaktor

Panas masuk (kkal/jam)		Panas keluar (kkal/jam)	
ΔH_5	= 37.121,7387	ΔH_7	= 135.472,3246
ΔH_6	= 13.530,8627	ΔH_R	= 121.390,2749
Q	= 209.650,8556	Q_{loss}	= 3.440,8575
Total	= 260.303,4570	Total	= 260.303,4570

5. Rotary Dryer (B-140)



Persamaan neraca panas:

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_7 + \Delta H_9 = \Delta H_8 + \Delta H_{10} + Q_{\text{loss}}$$

Dimana: ΔH_7 = Panas bahan masuk Rotary dryer (kkal/jam)

ΔH_8 = Panas bahan keluar rotary dryer (kkal/jam)

ΔH_9 = Panas udara yang masuk (kkal/jam)

ΔH_{10} = Panas yang terbawa ke Cyclone (kkal/jam)

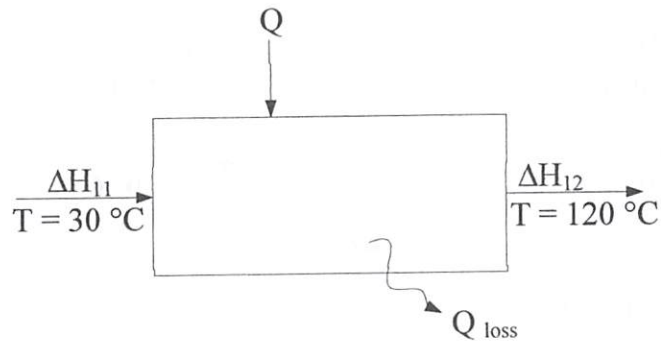
Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Neraca Panas Total pada Rotary Dryer

Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_7	= 8.121,3168	ΔH_{10}	= 30.232,5331
ΔH_9	= 24.129,8400	ΔH_8	= 406,0658
		Q_{loss}	= 1.612,5578
Total	= 32.251,1568	Total	= 32.251,1568



6. Heater Udara (H-142)



Persamaan neraca panas:

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_{11} + Q_{\text{steam}} = \Delta H_{12} + Q_{\text{loss}}$$

Dimana: ΔH_{11} = Panas dalam udara kering yang keluar (kkal/jam)

ΔH_{12} = Panas dalam udara kering yang masuk (kkal/jam)

Q = Panas yang dibutuhkan dari steam (kkal/jam)

Q_{loss} = Panas yang hilang (kkal/jam)

Neraca Panas Total pada Heater Udara

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_{11}	= 1.376,2626	ΔH_{12}	= 26.148,9898
Q	= 26.148,9898	Q_{loss}	= 1.376,2626
Total	= 27.525,2525	Total	= 27.525,2525



BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki HNO₃(F-111)

Fungsi : Tempat penyimpanan HNO₃ selama 5 hari.

Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas standard dished dan tutup bawah flat

Bahan konstruksi	: High Alloy Steel SA-240 grade M tipe 316 dengan pelapis <i>politetrafluoroetilena</i> (Teflon)
Tipe Pengelasan	: double welding butt joint
Volume tangki (V _T)	: 1.929,6020 ft ³
Diameter dalam tangki (D _T)	: 181,7148 in
Diameter Luar (Do)	: 182,2148 in
Tebal Silinder (ts)	: 0,25 in
Tinggi Silinder (Ls)	: 109,0289 in
Tebal Tutup Atas (tha)	: 0,25 in
Tinggi Tutup Atas (ha)	: 30,7098 in
Waktu tinggal	: 5 hari
Jumlah tangki	: 2 buah

2. Gudang (CH₂)₆N₄ (F-114)

Fungsi	: Tempat penyimpanan heksamina sebagai bahan baku utama
Tipe	: Gudang
Volume Gudang	: 41.760,5449 ft ³
PanjangGudang	: 50,4555 ft
LebarGudang	: 25,2277 ft
TinggiGudang	: 32,8080 ft
Jumlah	: 1 buah

	Pt	=	1,25 in
	de	=	0,72 in
BagianTube	:	L	= 16 ft
	a'	=	0,546 in ²
	a''	=	0,2618 ft ² /ft
	di	=	0,834 in
Jumlah	:		1 buah

6. Screw Conveyor (J-115)

Fungsi : Mengangkut Heksamina ((CH₂)₆N₄) dari gudang menuju nitrator

Kapasitas : 6389,0682 kg/jam = 6,389068196 lb/jam

Diameter flights : 10 in

Diameter pipa : 2 ½ in

Kecepatan : 55 rpm

Diameter feed masuk : 9 in

Diameter shafts : 2 in

Diameter Screw : 20 in

Panjang : 30 ft

Power motor : 2 Hp

Jumlah : 1 buah

7. Bin Penampung (F-116)

Fungsi : Menampung Heksamina ((CH₂)₆N₄) sebelum masuk ke nitrator

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas plate dan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Bahan : Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Pengelasan : Double Welded Butt Joint

Dimensi Vessel : do = 168 in

di = 167,625 in

ts = 3/16 in

thb = 3/16 in

$$hb = 145,1675 \text{ in}$$

$$\text{tinggi tangki} = 381,8891 \text{ in}$$

Jumlah : 1 buah

8. Nitrator (R-110)

Dapat dilihat pada Perancangan Alat Utama Bab VI oleh Rahajeng Lisdayanti

9. Pompa(L-122a)

Fungsi : Untuk memompakan larutan campuran HNO_3 dengan $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$

Tipe : Centrifugal Pump

Dimensi Pompa : $d_o = 4,5 \text{ in}$ $A = 0,0884 \text{ ft}^2$
 $d_i = 4,026 \text{ in}$

Daya Pompa : 6 Hp

Bahan : Carbon Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

10. Pompa(L-122b)

Fungsi : Untuk memompakan asetat anhidrat menuju reaktor

Tipe : Centrifugal Pump

Dimensi Pompa : $d_o = 2,875 \text{ in}$ $A = 0,0294 \text{ ft}^2$
 $d_i = 2,323 \text{ in}$

Daya Pompa : 4 Hp

Bahan : Carbon Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

11. Heater (E-123)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu larutan yang keluar dari nitrator

Tipe : Shell and Tube

Bahan Konstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 1229,4582 kg/jam

Steam yang digunakan : 53084,0864 kg/jam = 117029,1768 lb/jam

Bagian Shell : IDs = 10 in

$B = 2 \text{ in}$
 $P_t = 1,25 \text{ in}$
 $d_e = 0,72 \text{ in}$
 BagianTube : $L = 16 \text{ ft}$
 $a' = 0,546 \text{ in}^2$
 $a'' = 0,2618 \text{ ft}^2/\text{ft}$
 $d_i = 0,834 \text{ in}$
 Jumlah : 1 buah

12. Reaktor (R-120)

Fungsi : Melarutkan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ dari konsentrasi 90% menjadi larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ dengan konsentrasi 53%

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *Standart Dished* dan dilengkapi pengaduk tipe *Turbulent Impeller with 4 Flat Blades*

Bahan : Stainless steel SA 240 grade M type 316

Dimensi vessel : $d_o = 192 \text{ in}$
 $d_i = 190,75 \text{ in}$
 $t_s = 5/8 \text{ in}$
 $t_{ha} = 5/16 \text{ in}$
 $t_{hb} = 5/16 \text{ in}$
 $h_a = 32,2348 \text{ in}$
 $h_b = 55,0548 \text{ in}$
 $\text{tinggitancki} = 260,301 \text{ in}$

Jumlah : 1 buah

Jenis pengaduk : Axial Turbine with 4 Blades

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi pengaduk : $D_a = 31,8750 \text{ in}$
 $W = 5,4188 \text{ in}$
 $L = 10,6250 \text{ in}$

17 Heater Udara(E-143)

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk ke Rotary Dryer

Tipe : Shell and Tube

BahanKonstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 1052,1886kg/jam = 2357,5337lb/jam

Steam yang digunakan : 38,1892kg/jam = 84,1919 lb/jam

BagianShell : IDs = 15,25in

B = 14,75 in

Pt = 1,25 in

de = 0,07 in

BagianTube : L = 16 ft

a' = 0,546 in²

a'' = 0,2618 ft²/ft

di = 0,87 in

Jumlah : 1 buah

18. Rotary Dryer (B-140)

Dapat dilihat pada Perancangan Alat Utama Bab VI oleh Chrysant Larasati Putri

19. Heater(E-116A)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu larutan (NH₄)₂SO₃ dari 30 °C ke 100 °C

Tipe : Shell and Tube

BahanKonstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 14909,5352 kg/jam = 32869,5613lb/jam

Steam yang digunakan : 1337,1966kg/jam = 2947,9835lb/jam

BagianShell : IDs = 19 ¼ in

B = 8 in

Pt = 1,25 in

de = 0,72 in

BagianTube : L = 16 ft

a' = 0,546 in²

a'' = 0,2618 ft²/ft

$$d_i = 0,834 \text{ in}$$

Jumlah : 1 buah

20. Cyclone (H-146)

Fungsi : Untuk memisahkan debu atau partikel RDX yang terikut udara dari *Rotary Dryer*

Tipe : *Duclone Collector*

BahanKonstruksi : Carbon Steel 240 Grade M Type 316

Dimensi :

Dc	= 0,3326ft
De	= 0,1663ft
Hc	= 0,1663ft
Lc	= 0,6651ft
Sc	= 0,0415ft
Zc	= 0,6651ft
Jc	= 0,0831ft
Bc	= 0,0831ft

Jumlah : 1 buah

21. Hammer Mill (M-145)

Fungsi : Untuk memperkecil ukuran RDX hingga 60 mesh

Daya : 4 Hp

Jumlah : 1 buah

22. Belt Conveyer (J-141a)

Fungsi : Untuk mengangkut cake RDX dari *Rotary Vacuum Filter* ke *Rotary Dryer*

Tipe : Flat Belt on Continous Plate

Kapasitas : 5260,9428kg/jam = 11598,2745 lb/jam

Residence time : 10 detik

Panjang belt : 10 m

Kecepatan : 1m/detik

Power motor : 8 Hp

Jumlah : 1 buah

23. Belt Conveyor (J-141b)

Fungsi : Untuk mengangkut cake RDX dari Rotary Vacuum Filter ke Rotary Dryer

Tipe : Flat Belt on Continous Plate

Kapasitas : 5260,9428kg/jam = 11598,2745 lb/jam

Recidence time : 10 detik

Panjang belt : 10 m

Kecepatan : 1m/detik

Power motor : 8 Hp

Jumlah : 1buah

24. Bucket Elevator (J-141c)

Fungsi : Untuk mengangkut cake RDX dari Rotary Vacuum Filter ke Rotary Dryer

Tipe : Continous bucket elevator

Kapasitas : 4,1667 ton/jam

Ukuran : 6 x 4 x 4,5 in

Lebar : 7 in

Kecepatan : 83,6864 ft/menit

Power motor : 1 Hp

Jumlah : 1buah

25. Bin Produk(F-147)

Fungsi : Menampung produk RDX sebelum masuk mesin pengemas

Tipe : SilindertegaktutupbawahberbentukConisdengansudut 60°

BahanKonstruksi : StainlessSteel SA 240 Grade M Type 316

Pengelasan : Double Welded Butt Joint

Dimensi : do = 108 in

di = 107,75 in

ts = 2/16in

thb = 2/16in

hb = 93,3142 in

tinggitangki = 236,792 in

Jumlah : 1buah



26. Mesin Pengemas (P-148)

Fungsi : Mengemas produk dari bin produk kedalam plastik bag

Kapasitas bahan : 13917,9293 lb/jam

Bahan konstruksi : Carbon Steel

Kapasitas mesin : 27835,8586 lb

Jumlah : 1 buah

27. Gudang Produk NH_4Cl (F-149)

Fungsi : Tempat penyimpanan dan penyediaan produk RDX selama 30 hari.

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Panjang Gudang : 26 m

Lebar Gudang : 13 m

Tinggi Gudang : 10 m

Jumlah : 1 buah



BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama alat	: NITRATOR (R-110)
Kode alat	: R-110
Fungsi	: Untuk meraksikan asam nitrat (HNO_3) dengan heksamina ($(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$)
Jumlah	: 1 buah
Type	: Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished dan tutup bawah conical dengan sudut puncak 90°
Perlengkapan	: Pengaduk dan jaket pendingin
Kondisi operasi :	- Temperatur = 15°C
	- Tekanan = 1 atm
	- Waktu operasi = 1 jam
	- Fase = solid - liquid
	- Densitas campuran = $1,39603 \text{ g/cm}^3 = 87,1542 \text{ lb/ft}^3$
Direncanakan :	- Bahan konstruksi = HAS SA 240 grade M type 316
	allowable stress (f) = 18750
	- Pengelasan = double welded butt joint (E= 0,8)
	- Faktor korosi = 1/8
	- Bahan masuk = 5425,3547 kg/jam
	= 11960,7369 lb/jam

6.1. Rancangan dimensi reaktor

A. Menentukan volume reaktor

$$\begin{aligned} \text{bahan masuk} &= 5425,3547 \text{ kg/jam} \\ &= 11960,73687 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= 1,39603 \text{ g/cm}^3 \\ &= 87,1542 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{bahan masuk}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{11960,73687 \text{ lb/jam}}{87,1542 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 137,2365 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{volume liquid} = 137,2365 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} = 137,23647 \text{ ft}^3$$

Volume ruang kosong untuk reaktor berpengaduk dan jaket 25% V Total

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total} &= \text{Volume liquid} + \text{Volume ruang kosong} \\
 &= 137,23647 \text{ ft}^3 + 25\% \text{ V total} \\
 75\% \text{ V total} &= 137,23647 \text{ ft}^3 \\
 \text{V total} &= 182,98195 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

B. Menentukan dimensi vessel

1. Diameter Vessel

$$\text{asumsi : } L_s = 1,5 \text{ di}$$

$$\text{Volume total} = \text{V tutup bawah} + \text{V silinder} + \text{V tutup atas}$$

$$\text{Volume total} = \frac{\pi di^3}{24 \tan 1/2\alpha} + \frac{\pi}{4} \times di^2 \times L_s + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$182,9820 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{24} \times \frac{di^3}{1} + \frac{3,14}{4} \times di^2 \times 1,5 \cdot di + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$182,9820 \text{ ft}^3 = 1,3930 \text{ di}^3$$

$$di^3 = 131,35504$$

$$di = 5,0833 \text{ ft}$$

$$= 61,0007 \text{ in}$$

2. Menghitung volume liquid dalam silinder (Vls)

$$V_{ls} = V_{\text{liquid}} - V_{\text{tutup bawah}}$$

$$= 137,23647 - \frac{\pi di^3}{24 \tan 1/2\alpha}$$

$$= 137,23647 - \frac{3,14}{24} \times \frac{131,35504}{1}$$

$$= 120,0508 \text{ ft}^3$$

3. Menghitung tinggi liquid dalam silinder (L ls)

$$L_{ls} = \frac{V_{ls}}{(\pi/4) \times di^2}$$

$$= \frac{120,0508}{(3,14/4) \times 61,0007}$$

$$= 2,5070 \text{ ft}$$

4. Menghitung tekanan design (pi)

$$P_i = P_{\text{atm}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho (HL - 1)}{144}$$

$$= \frac{87,1542 \times (2,5070 - 1)}{144}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,9121 \text{ psia} \\
 P_i &= 0,0000 \text{ psia} + 0,9121 \text{ psia} \\
 &= 0,9121 \text{ psia} = -13,788 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung tebal silinder (ts)

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6P_i)} + C \\
 &= \frac{-13,7879 \times 61,0007}{2(18750 \times 0,80 - 0,6 \times -13,7879)} + 1/8 \\
 &= 0,0970 \\
 &= \frac{1,5517}{16} \approx 1/4
 \end{aligned}$$

standarisasi do

$$\begin{aligned}
 do &= d_i + 2 \text{ ts} \\
 &= 61,0007 + 2 \times 1/4 \\
 &= 61,5007 \text{ in}
 \end{aligned}$$

berdasarkan tabel 5.7 halaman 90 Brownell,

$$\text{standarisasi do} = 66 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 d_i &= do - 2 \text{ ts} \\
 &= 66 - 2 \times 1/4 \\
 &= 65,5000 \text{ in} \\
 &= 5,45833 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

cek hubungan Ls dengan di

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total} &= \frac{\pi d_i^3}{24 \tan 1/2\alpha} + \frac{\pi}{4} \times d_i^2 \times L_s + 0,0847 d_i^3 \\
 182,9820 \text{ ft}^3 &= \frac{3,14 \times 162,622}{24 \times 1} + \frac{3,14}{4} \cdot 29,7934 \cdot L_s \\
 &\quad + 0,0847 \cdot 162,622 \\
 182,9820 \text{ ft}^3 &= 21,2764 + 23,3878 L_s + 13,7741 \\
 182,9820 \text{ ft}^3 &= 35,050531 + 23,3878 L_s \\
 147,9314 \text{ ft}^3 &= 23,3878 L_s \\
 L_s &= 6,3251 \text{ ft} \\
 \frac{L_s}{D} &= \frac{6,3251}{5,4583} = 1,1588
 \end{aligned}$$

C. Menentukan dimensi tutup

1. Menghitung dimensi tutup atas (standart dished)
berdasarkan tabel 5.7 halaman 90 buku Brownell,

$$\begin{aligned} - r &= 66 \\ - icr &= 4 \\ - sf &= 2 \end{aligned}$$

Tebal tutup atas (tha)

$$\begin{aligned} tha &= \frac{0,885 \times Pi \cdot di}{2(f \cdot E - 0,1Pi)} + C \\ &= \frac{0,885 \times -13,7879 \times 65,5000}{2(18750 \times 0,80 - 0,1 \times -13,7879)} + \frac{1}{8} \\ &= 0,0984 \\ &= \frac{1,5738}{16} \approx \frac{1}{8} \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned} ha &= 0,169 \times di \\ &= 0,1690 \times 65,5000 \\ &= 11,0695 \text{ in} \\ &= 0,92246 \text{ ft} \end{aligned}$$

2. Menentukan dimensi tutup bawah

Tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned} thb &= \frac{Pi \cdot di}{2 \cos 1/2\alpha (f \cdot E - 0,6Pi)} + C \\ &= \frac{-13,7879 \times 65,5000}{2 \times 1 \times 18750 \times 0,80 - 1 \times 66} + \frac{1}{8} \\ &= 0,0823 \\ &= \frac{1,3170}{16} \approx \frac{1}{8} \text{ in} \\ &= \frac{1/2 d}{\tan 1/2\alpha} \\ &= \frac{32,7500}{1} \\ &= 32,7500 \text{ in} \\ &= 2,72917 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka diperoleh dimensi reaktor sebagai berikut:

- do = 66 in
- di = 65,5000 in
- Ls = 75,9018 in
- ts = 1/4 in
- tinggi reaktor = tinggi (tutup atas + silinder + tutup bawah) + sf
- = 121,7213 in
- = 10,1434 ft
- tha = 1/8 in
- ha = 11,0695 in
- tht = 1/8 in
- hb = 32,7500 in

6.2. Perhitungan Nozzle

Perencanaan:

- a. Nozzle pada tutup standart dished
 - Nozzle untuk pemasukan umpan asam nitrat (HNO_3)
 - Nozzle untuk pemasukan umpan heksamina ($(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$)
- b. Nozzle pada tutup bawah conical
 - Nozzle untuk pengeluaran produk
- c. Digunakan flange standart dengan type welding neck pada:
 - Nozzle untuk pemasukan umpan asam nitrat (HNO_3)
 - Nozzle untuk pemasukan umpan heksamina ($(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$)
 - Nozzle untuk pengeluaran produk

Dasar Perhitungan

- a. Nozzle untuk pemasukan umpan asam nitrat (HNO_3)

$$\text{Rate umpan masuk} = 3142,0751 \quad \text{kg/jam} = 6927,01872 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 1,5000 \quad \text{g/cm}^3 = 93,6450 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{Rate umpan masuk}}{\text{Densitas umpan}}$$

$$= \frac{6927,018717}{93,6450}$$

$$= 73,9710 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0205 \text{ ft}^3/\text{s}$$

dari Peter & Timerhause didapatkan di optimum:

$$\text{ID optimal} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,0205^{0,45} \times 93,6450^{0,13}$$

$$= 1,2249 \text{ in}$$

$$= 0,1021 \text{ ft}$$

dari Geankoplis app. A-5 halaman 892 maka dipilih pipa dengan ukuran:

- Ukuran pipa = 1 1/2 in sch. 80
- OD = 1,6600 in
- ID = 1,2780 in
- A = 0,00891 ft²

b. Nozzle untuk pemasukan umpan heksamina (CH₂)₆N₄

$$\text{Rate umpan masuk} = 1747,5871 \quad \text{kg/jam} = 3852,73044 \quad \text{lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 2,3870 \quad \text{g/cm}^3 = 149,0204 \quad \text{lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate umpan masuk}}{\text{Densitas umpan}} \\ &= \frac{3852,730435}{149,0204} \\ &= 25,8537 \quad \text{ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0072 \quad \text{ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

dari Peter & Timerhause didapatkan di optimum:

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0072^{0,45} \times 149,0204^{0,13} \\ &= 0,81075 \quad \text{in} \\ &= 0,0676 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

dari Geankoplis app. A-5 halaman 892 maka dipilih pipa dengan ukuran:

- Ukuran pipa = 3/4 in sch. 40
- OD = 1,0500 in
- ID = 0,8240 in
- A = 0,00371 ft²

c. Nozzle untuk pengeluaran produk

$$\text{Rate produk keluar} = 5425,3547 \quad \text{kg/jam} = 11960,7369 \quad \text{lb/jam}$$

$$\text{Densitas produk} = 1,4262 \quad \text{g/cm}^3 = 89,0385 \quad \text{lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate produk keluar}}{\text{Densitas produk}} \\ &= \frac{11960,73687}{89,0385} \\ &= 134,3322 \quad \text{ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0373 \quad \text{ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

dari Peter & Timerhause didapatkan di optimum:

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0373^{0,45} \times 89,0385^{0,13} \end{aligned}$$

$$= 1,59168 \text{ in}$$

$$= 0,1326 \text{ ft}$$

dari Geankoplis app. A-5 halaman 892 maka dipilih pipa dengan ukuran:

- Ukuran pipa = 1 1/2 in sch. 80
- OD = 1,9000 in
- ID = 1,5000 in
- A = 0,01225 ft²

d. Nozzle untuk manhole

Lubang manhole berdasarkan standart yang ada yaitu 20 in

(Brownell and Young item 3, 4 dan 5 halaman 351)

berdasarkan fig. 12.2 Brownell and Young halaman 221, diperoleh dimensi pipa:

- Ukuran pipa (NPS) : 20 in
- Diameter luar (DO) : 27 1/2 in
- Ketebalan flange minimum (T) : 1 11/16 in
- Diameter lubang (R) : 23 in
- Diameter hubungan pada titik pengelasan (K) : 20 in
- Diameter hubungan pada alas (E) : 22 in
- Tebal nozzle (L) : 5 11/15 in
- Diameter dalam nozzle (B) : 19,25 in
- Jumlah lubang baut : 20 buah
- Diameter baut : 1 1/8 in

Dari Brownel & Young tabel 12.2 halaman 221 diperoleh dimensi flange untuk s nozzle, dipilih flange standart type wlding neck dengan dimensi nozzle:

- Nozzle A : Nozzle untuk pemasukan umpan asam nitrat (HNO₃)
- Nozzle B : Nozzle untuk pemasukan umpan heksamina (CH₂)₆N₄
- Nozzle C : Nozzle untuk pengeluaran produk
- Nozzle D : Nozzle untuk manhole
- NPS : ukuran pipa nominal, in
- A : Diameter luar flange, in
- T : Ketebalan minimum flange, in
- R : diameter luar bagian yang menonjol, in
- E : Diameter hubungana atas, in
- K : Diameter hubungan pada titik pengelasan, in
- L : panjang julakan, in
- B : diameter dalam flange, in

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	3 1/2	8 1/2	15/16	5 1/2	4 13/16	4	2 13/16	3,55
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
C	3 1/2	8 1/2	15/16	5 1/2	4 13/16	4	2 13/16	3,55
D	20	27 1/2	1 11/16	23	22	20	5 11/16	19,25

6.3. Perhitungan Pengaduk

Perencanaan pengaduk:

- Jenis pengaduk : axial turbin 4 blades sudut 45°
- Bahan impeller : high alloy steel SA 240 grade M type 316
- Bahan poros pengaduk : Hot roller SAE 1020

$$Dt/Di = 2,4 - 3,0$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9$$

$$W/Di = 0,17$$

(G.G. Brown halaman 507)

Dimana:

Dt : Diameter dalam silinder

Di : Diameter impeller

Zi : Tinggi impeller dari dasar tangki

Zl : Tinggi liquid dalam silinder

W : Lebar baffle impeller

Perhitungan dimensi pengaduk

a. menentukan diameter impeller

$$Dt/Di = 3$$

$$Di = Dt/3$$

$$Di = \frac{65,5000 \text{ in}}{3}$$

$$= 21,8333 \text{ in} = 1,8194 \text{ ft}$$

b. Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki

$$Zi/Dt = 1$$

$$Zi = 1 \times Di$$

$$Zi = 1 \times 21,8333$$

$$= 15,5017 \text{ in} = 1,2918 \text{ ft}$$

c. Menentukan panjang impeller

$$\begin{aligned} L/D_i &= \frac{1}{4} \\ L &= \frac{1}{4} d_i \\ &= \frac{1}{4} \times 21,8333 \\ &= 5,4583 \text{ in} \end{aligned}$$

d. Menentukan lebar impeller

$$\begin{aligned} W/D_i &= 0,17 \\ W &= 0,17 \times D_i \\ &= 0,17 \times 21,8333 \\ &= 3,7117 \text{ in} = 0,3093 \text{ ft} \end{aligned}$$

e. Menentukan tebal blades

$$\begin{aligned} J/D_t &= \frac{1}{12} \\ J &= D_t/12 \\ J &= \frac{65,5000}{12} \text{ in} \\ &= 5,4583 \text{ in} = 0,4549 \text{ ft} \end{aligned}$$

f. Menentukan jumlah pengduk

$$\begin{aligned} n &= \frac{H \text{ liquid}}{2 \times D_i^2} \\ n &= \frac{2,5070}{2 \times 3,3104} \\ n &= 0,3787 \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan daya pengaduk

$$P = \frac{\phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{g_c}$$

dimana:

$$\begin{aligned} P &= \text{daya pengaduk} \\ \phi &= \text{power number} \\ \rho &= \text{densitas bahan} = 87,1542 \text{ lb/ft}^3 \\ D_i &= \text{diameter impeller} = 1,8194 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$g_c = 32,2 \text{ lb.ft/s}^2 \cdot \text{lbf}$$

$$n = \text{putaran pengaduk, ditetapkan} = 150 \text{ rpm} = 2,5 \text{ rps}$$

(Perry, ed. 7 halaman 18-13)

Menghitung bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{L^2 n \rho}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{0,4549^2 \cdot 2,5 \cdot 87,1542}{0,00123248}$$

$$= 36576,833 = 3,6577, E+04 \quad (\text{Turbulen, } N_{re} > 10^4)$$

Dari G.G. Brown fig. 4.77 halaman 507, diperoleh $\phi = 0,7$

$$P = \frac{\phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{g_c}$$

$$= \frac{0,7 \times 87,1542 \times 2,5^3 \times 1,8194^5}{32,2}$$

$$= 590,2617 \text{ lb.ft/s}$$

$$= \frac{590,2617}{550}$$

$$= 1,0732 \text{ Hp}$$

Kehilangan-kehilangan daya:

- Gain losses (kebocoran daya pada proses dan bearing) diperkirakan 10% dari daya masuk
- Transmission system losses (kebocoran belt atau gear) diperkirakan 15% dari daya masuk

sehingga daya yang dibutuhkan

$$P \text{ yang dibutuhkan} = (0,1 + 0,15) P + P$$

$$= 0,25 \times 1,0732 + 1,0732$$

$$= 1,3415 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

Jadi digunakan pengaduk dengan daya 1 Hp

Perhitungan Poros Pengaduk

1. Diameter poros

$$T = \frac{\pi \cdot S \cdot D^3}{16}$$

(Hesse, pers. 16-1 hal 465)

Dimana:

$$T = \text{momen puntir (lb.in)} = \frac{63025 H}{N} \quad (\text{Hesse, hal 469})$$

$$H = \text{daya motor pada poros} = 1 \text{ Hp}$$

$$N = \text{putaran pengaduk} = 150 \text{ rpm}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} T &= \frac{63025 H}{N} \\ &= \frac{63026 \times 1}{150} = 563,66415 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Dari Hesse tabel 16-1 halaman 457 untuk bahan Hot Rolled Steel SAE 1020 mengandung karbon = 20% dengan batas = 36000 lb/in²

$$S = \text{maksimum design shering stress yang diijinkan}$$

$$\begin{aligned} S &= 20\% \times 36000 \text{ lb/in}^2 \\ &= 7200 \end{aligned}$$

Diameter pengaduk (D)

$$\begin{aligned} D^3 &= \frac{16 \times T}{\pi \times S} \\ &= \frac{16 \times 563,66415}{3,14 \times 7200} \\ &= 0,3989 \\ D &= 0,7361 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Panjang poros (L)

Rumus:

$$L = h + l - Z_i$$

Dimana:

L : Panjang poros (ft)

l : jarak impeller dari dasar tangki = 5,45833 in = 0,4549 ft

Z_i : panjang poros di atas bejana tangki = 15,5017 in = 1,2918 ft

h : tinggi silinder + tinggi tutupp atas = 75,9018 + 11,0695 in
= 86,9713 in = 7,2476 ft

$$\begin{aligned} L &= 86,9713 + 5,4583 - 15,5017 \\ &= 76,9279 \text{ in} = 6,41066 \text{ ft} \end{aligned}$$

Kesimpulan dimensi pengaduk:

Type	:	axial turbin 4 blades sudut 45°
Di	:	21,8333 in = 1,8194 ft
Zi	:	15,502 in = 1,2918 ft
W	:	3,7117 in = 0,3093 ft
L	:	5,4583 in = 0,4549 ft
J	:	5,4583 in = 0,4549 ft
n	:	1 buah
daya	:	1 Hp
diameter poros	:	0,7361 in
panjang poros	:	76,9279 in = 6,4107 ft

6.4. Perhitungan Jacket Pendingin

Dalam reaktor, reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis pada suhu 15°C, jadi dibutuhkan jacket pendingin dengan brine sebagai media pendingin untuk menjaga agar suhu tetap pada 15°C.

Menghitung volume pemanas

$$\text{Rate pendingin} = 22085,7673 \text{ kg/jam}$$

$$= 48690,2825 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ pendingin pada } 25^{\circ}\text{C} = 1,99 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,12424 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{Rate pendingin}}{\rho \text{ pendingin pada } 25^{\circ}\text{C}}$$

$$= \frac{48690,2825}{0,12424}$$

$$= 391918,6074 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume steam} = 391918,6074 \times 1 \text{ jam}$$

$$= 391918,61 \text{ ft}^3$$

Menghitung tekanan design (pi)

$$P_i = P \text{ vapour} + P \text{ hidrostatik}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho (HL - 1)}{144}$$

$$= \frac{0,1242 \times (2,5070 - 1)}{144}$$

$$= 0,0013 \text{ psia}$$

$$P_i = 44,4880 \text{ psia} + 0,0013 \text{ psia}$$

$$= 44,4893 \text{ psia}$$

$$= 29,7893 \text{ psig}$$

Diameter jaket

$$\text{Diameter luar reaktor} = 66 \text{ in} = 5,5000 \text{ ft}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$V_{\text{jaket}} = V_{\text{di tutup bawa}} + V_{\text{di silinder}}$$

$$V_{\text{jaket}} = \frac{\pi d_i^3}{24 \tan 1/2\alpha} + \frac{\pi}{4} \times d_i^2 \times L_s$$

$$391918,6 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{24} \times \frac{(d_{ij} - OD_R)^3}{1} + \frac{3,14}{4} \times (d_{ij} - OD_R)^2 \times 2,5070$$

$$391918,6 \text{ ft}^3 = 0,1308 \times (d_{ij}^3 - 24d_{ij}^2 + 192d_{ij} - 512) + 1,9680 \times (d_{ij}^2 - 16d_{ij} + 64)$$

$$391918,6 \text{ ft}^3 = (0,13083 d_{ij}^3 - 3,14 d_{ij}^2 + 25,1 d_{ij} - 66,987) + (1,9680 d_{ij}^2 - 31,4884 d_{ij} + 125,954)$$

$$391918,6 \text{ ft}^3 = 0,1308 d_{ij}^3 + -1,1720 d_{ij}^2 - 6,368 d_{ij} + 58,9669$$

$$391859,6 \text{ ft}^3 = 0,1308 d_{ij}^3 + -1,1720 d_{ij}^2 - 6,368 d_{ij}$$

$$d_{ij} = 14,0825 \text{ ft}$$

$$= 168,9900 \text{ in}$$

Menghitung tebal jaket

$$t_j = \frac{P_i \cdot d_{ij}}{2(f \cdot E - 0,6P_i)} + C$$

$$= \frac{29,7893 \times 168,9900}{2(18750 \times 0,80 - 0,6 \times 29,7893)} + 1/8$$

$$= 0,2930$$

$$= \frac{4,6881}{16} \approx 5/16 \approx 5/8$$

standarisasi do_j

$$do_j = d_i + 2 t_j$$

$$= 168,9900 + 2 \times 5/8$$

$$= 170,2400 \text{ in}$$

berdasarkan tabel 5.7 halaman 90 Brownell,

$$\text{standarisasi } do_j = 180 \text{ in}$$

$$d_{ij} = do - 2 t_j$$

$$= 180 - 2 \times 5/8$$

$$= 178,7500 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 &= 14,896 \text{ ft} \\
 - r &= 170 \\
 - icr &= 11 \\
 - sf &= 3 \frac{1}{2}
 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tutup bawah

Tebal tutup bawah (thb)

$$\cos 1/2 \alpha = 0,7071$$

$$\begin{aligned}
 thb &= \frac{\text{Pi} \cdot di}{2 \cos 1/2 \alpha (f \cdot E - 0,6 \text{Pi})} + C \\
 &= \frac{29,7893 \times 178,7500}{0,7071 \times 18750 \times 0,80 - 0,6 \times 178,75} + 1/8 \\
 &= 0,6307 \\
 &= \frac{10,0904}{16} \approx 10/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hb &= \frac{1/2 d}{\tan 1/2 \alpha} \\
 &= \frac{84,4950}{1} \\
 &= 84,4950 \text{ in} \\
 &= 7,0413 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka diperoleh dimensi jaket sebagai berikut:

- Bahan konstruksi = HAS SA 240 grade M type 316
- diameter luar (do_j) = 180 in
- diameter dalam (di_j) = 178,7500 in
- tinggi jaket (L_j) = 2,5070 in
- tebal jaket (ts_j) = 5/8
- tebal tutup bawah jaket (t_{hb_j}) = 41/65 in
- tinggi tutup bawah jaket (hb_j) = 84,4950 in

6.5 Sambungan Tutup (Head) dengan Dinding Reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell reaktor dihubungkan secara flange dan bolting untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

1. Gasket

Dari Brownell & Young, fig. 12.11 hal. 228, didapatkan :

Bahan konstruksi : Flange metal, jacketed, asbestos filled, stainless steel

Gasket factor (m) : 3,75
 design seating stres : 9000 psia

2. Bolting

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 344, didapatkan :

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347
 Tensile strength minimum : 75000 psia
 Allowable stress (f) : 15000

3. Flange

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 342, didapatkan :

Bahan komstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
 Tensile strength m : 75000 psia
 Allowable stress (f) : 18750
 Type flange : Ring flange loose type

6.5.1. Perhitungan Lebar Gasket

Dari Brownell & Young, persamaan 12.2 hal. 226 :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p \cdot m}{y - p(m + 1)}}$$

Dimana :

- do = diameter luar gasket
- di = diameter dalam gasket
- y = yield stress = 9000 psia
- p = internal pressur = 0,0000 psia
- m = gasket factor = 3,75

Diketahui di gasket = di shell 65,5000 in = 5,4583 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9000 - (43,5233 \times 3,75)}{9000 - 43,5233(3,75 + 1)}}$$

$$d_o = 1 \times 5,4583$$

$$d_o = 5,46 \text{ ft}$$

$$= 65,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket mini} &= \frac{d_o - d_i}{2} \\ &= \frac{65,5 - 65,5000}{2} \end{aligned}$$

$$= 0 \approx 0$$

$$\text{Diambil gasket (n)} = 0 \text{ in}$$

$$\text{D rata-rata gasket (G)} = d_o + n$$

$$= 65,5000 \text{ in} + 0,06 \text{ in}$$

$$= 65,5625 \text{ in} = 5,4635 \text{ ft}$$

6.5.2. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Baut (Bolting)

▪ Perhitungan beban baut

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.88 hal. 240 :

Beban gasket supaya tidak bocor (H_y)

$$W_{m2} = H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.12 hal. 229 :

Lebar setting gasket bawah:

$$b_o = n/2$$

$$= 0,0000$$

- Sehingga didapatkan H_y :

$$H_y = W_{m2} = 3,14 \times 0,0000 \times 65,5625 \times 9000$$

$$H_y = 0 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.90 hal. 240 :

Beban baut agar tidak bocor (H_p)

$$H_p = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p$$

$$H_p = 2 \times 3,14 \times 0,0000 \times 65,5625 \times 3,75 \times 0,0000$$

$$H_p = 0 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.89 hal. 240 :

Beban karena tekanan dalam (H)

$$H = \pi/4 \cdot G^2 \cdot p$$

$$H = 0,79 \times 65,5625^2 \times 0,0000$$

$$H = 0,0000 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.91 hal. 240 :

Total berat beban pada kondisi operasi (W_{m1})

$$W_{m1} = H + H_p$$

$$= 0 \text{ lb} + 0,0000 \text{ lb}$$

$$= 0,0000 \text{ lb}$$

Karena $W_{m1} > W_{m2}$, maka yang mengontrol adalah W_{m1} .

▪ *Perhitungan luas minimum bolting area*

Dari Brownell & Young, persamaan 12.93 hal. 240 :

$$\begin{aligned} A_{ml} &= \frac{W_{ml}}{f_b} \\ &= \frac{0,0000}{15000} \\ &= 0 \text{ in}^2 = 0 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

▪ *Perhitungan Bolting Optimum*

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 :

- Ukuran baut = 1 in
- Root area = 0,55 in²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bolting opt} &= \frac{A_{ml}}{\text{root area}} \\ &= \frac{0}{0,551} \\ &= 0,00 \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 dan tabel 12.3 halaman 227:

- Bolt spacing = 2 1/4 in
- Minimum radial distance (R) = 1 3/8 in
- Edge distance (E) = 1 1/16 in
- Bolting circle diameter (C) :

$$C = d_i \text{ shell} + 2 (1,415 \cdot g_o + R)$$

- Dimana :

- $d_i \text{ shell} = 65,5000 \text{ in}$
- $g_o = \text{tebal shell (ts)}$
- $= 1/4$

- Maka bolting circle diameter (C) :

$$\begin{aligned} C &= 65,5000 + 2 [(1,42 \times 1/4) + 1 3/8] \\ &= 68,9575 \text{ in} \end{aligned}$$

- Diameter luar flange

$$\begin{aligned} OD &= C + 2 E \\ &= 68,9575 + 2 \times 1 1/16 \\ &= 71,0825 \text{ in} = A \end{aligned}$$

Check lebar gasket

$$A_b \text{ actua} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area}$$

$$A_b \text{ actua} = 1 \times 0,55 \text{ in}^2$$

$$A_b \text{ actua} = 0,5510 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum

$$\begin{aligned} L &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times G} \\ &= 0,5510 \times \frac{15000}{2 \times 3,14 \times 9000 \times 65,5625} \\ &= 0,0022 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $L < n = 0,00000 \text{ in}$, jadi perhitungan bolting optimum memenuhi.

• *Perhitungan Moment*

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.94 hal. 242, untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan uap dalam) :

$$W = \left(\frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.94 hal. 242})$$

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{21,1 + 21,6815}{2} \right) \times 15000 \\ &= 4132,5 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle :

$$h_g = \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.101 hal. 242})$$

$$\begin{aligned} h_g &= \frac{68,9575 - 65,5625}{2} \\ &= 1,7 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment flange (M_a) :

Dari Brownell & Young, halaman 243 :

$$M_a = W \times h_g$$

$$M_a = 4132,5 \times 1,7$$

$$M_a = 7014,91875 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.95 hal. 243 :

Dalam kondisi operasi :

$$W = W_{ml} = 0,0000 \text{ lb}$$

- Hidrastic and force pada daerah dalam flange (H_D)

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal. 243 :

$$H_D = 0,785 \cdot B^2 \cdot p$$

Dimana :

- B = do shell reaktor = 66 in
- p = tekanan operasi = 0,0000 lb/in²

Maka :

$$H_D = 0,785 \times 66^2 \times 0,0000$$

$$H_D = 0 \text{ lb}$$

- Jarak radial bolt circle pada aksi (h_D)

Dari Brownell & Young, pers. 12.100 hal. 243 :

$$h_D = \frac{C - B}{2}$$

$$= \frac{68,9575 - 66}{2} = 1,48 \text{ in}$$

- Moment M_D

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal. 242 :

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$= 0 \times 1,48$$

$$M_D = 0 \text{ lb.in}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total (H_G)

$$H_G = W - H$$

$$= 0,0000 - 0,0000$$

$$= 0,0000 \text{ lb}$$

- Moment M_G

Dari Brownell & Young, pers. 12.98 hal. 242 :

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$= 0,0000 \times 1,7$$

$$= 0,0000 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal. 242 :

$$H_T = H - H_D$$

$$= 0,0000 - 0$$

$$= 0,0000 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.102 hal. 244 :

$$h_T = \frac{h_D + h_G}{2}$$

$$= \frac{1,48 + 1,7}{2}$$

$$= 1,59 \text{ in}$$

• **Moment M_T**

Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal. 242 :

$$M_T = H_T \times h_T$$

$$= 0,0000 \times 1,59$$

$$M_T = 0 \text{ lb.in}$$

Moment total pada keadaan operasi (M_o) :

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

$$= 0 + 0,0000 + 0 \text{ lb.in}$$

$$= 0,0000 \text{ lb.in}$$

Karena $M_a < M_o$, maka $m_{\max} = M_a = 7014,91875 \text{ lb.in}$

6.5.3. Perhitungan Tebal Flange

Dari Brownell & Young, pers. 12.85 hal. 239 :

$$f_T = \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B}$$

Sehingga didapatkan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}}$$

$$k = A/B$$

Dimana :

- A = diameter luar flange = 71,0825 in
- B = diameter dalam = 68,9575 in
- f = stress yang diijinkan untuk bahan flange = 18750 psia

Maka :

$$k = A/B = 1,0308$$

Dari Brownell & Young, fig. 12.22 hal 238, didapatkan :

- Y = 96
- M = 7014,91875 lb.in

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{96 \times 573447,766 \text{ 4}}{18750 \times 99,094}}$$

$$t = 0,72 \text{ in}$$

Kesimpulan Perancangan :**1. Flange**

Bahan konstruksi : High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316
 Tensile strength mini : 75000 psia
 Allowable stress (f) : 18750
 Tebal flange : 0,72 in
 Diameter dalam (Di) : 68,9575 in
 Diameter luar (Do) : 71,0825 in
 Type flange : Ring flange loose type

2. Bolting

Bahan konstruksi : High Alloy Stell SA 193 Grade M type 347
 Tensile strength mini : 75000 psia
 Ukuran baut : 1 in
 Jumlah baut : 1 buah
 Allowable stress (f) : 15000

3. Gasket

Bahan konstruksi : asbestos filled
 Gasket factor (m) : 3,75
 Min design seating st : 9000 psia
 Tebal gasket (n) : 0 in

6.6. Perhitungan Sistem Penyangga Reaktor

Sistem penyangga dirancang agar mampu untuk penyangga beban reaktor dan perlengkapannya.

- Berat shell reaktor
- Berat tutup atas standart dishead
- Berat tutup bawah reaktor
- Berat liquid dalam reaktor
- Berat pengaduk dan perlengkapannya
- Berat jaket pemanas
- Berat attachment

Dasar Perhitungan :□ **Berat shell reaktor**

Rumus :

$$W_s = \pi/4 (d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana :

- W_s = berat shell reaktor, lb
- d_o = diameter luar shell = 66 in = 5,5000 ft
- d_i = diameter dalam shell = 65,5000 in = 5,4583 ft
- H = tinggi shell reaktor (L_s) = 75,9018 in = 6,3251 ft
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W_s &= 0,79 \times (6^2 - 5,4583^2) \times 6,325 \times 489 \\ &= 1108,6193 \text{ lb} \\ &= 502,8664 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat tutup atas standart dishead**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_d &= A \cdot t \cdot \rho \\ A &= 6,28 \cdot L \cdot h \end{aligned} \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

- W_d = berat tutup atas reaktor, lb
- A = luas tutup atas standart dishead, ft²
- t = tebal tutup atas (tha) = 2/16 in = 0,13 ft
- ρ = ρ bahan konstruksi = 489 lb/ft³
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- L = crown radius = 66 in = 9 ft
- h = tinggi tutup atas reaktor = 11,0695 in = 0,92 ft

Luas tutup atas :

$$\begin{aligned} A &= 6,28 \times 66 \times 11,0695 \\ &= 4588,0864 \text{ in}^2 = 31,8617 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berat tutup atas :

$$\begin{aligned} W_d &= 31,8617 \times 0,01 \times 489 \\ W_d &= 162,3 \text{ lb} = 73,6168 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat tutup bawah conical**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_d &= A \cdot t \cdot \rho \\ A &= 0,785 (D + m) \sqrt{4h^2 + (D - m)^2} + 0,78 d^2 \end{aligned} \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

- W_d = berat tutup bawah reaktor, lb
- A = luas tutup bawah conical, ft^2
- t = tebal tutup bawah (thb) = $2/16$ in = 0,1250 in
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ ft^3
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- D = diameter dalam silinder = 65,5000 in = 5,4583 ft
- h = tinggi tutup bawah reaktor = 32,7500 in = 2,7292 ft
- m = flat spot diameter = $\frac{1}{2} D$ = $\frac{1}{2} 65,5$
= 32,75 in = 2,7292 ft

Luas tutup bawah :

$$A = 0,785 \times (5,4583 + 2,73) \times \sqrt{(4 \times (3,9740)^2) + (7,9479 - 3,974)}$$

$$+ 0,78 \times (5,4583^2)$$

$$A = 59,892181 \text{ ft}^2 = 8624,4740 \text{ in}^2$$

Berat tutup bawah : $(250,7873 \text{ ft}^2) \times (0,1875/12) \text{ ft} \times (489 \text{ lb}/\text{ft}^3)$

$$W_d = 59,8922 \times 0,0104 \times 489$$

$$W_d = 305,0758 \text{ lb} = 138,3815 \text{ kg}$$

□ **Berat liquid dalam reaktor**

Rumus :

$$W_l = m \cdot t$$

Dimana :

- m = berat larutan dalam reaktor = 11960,7369 lb/jam
- t = waktu tinggal liquid dalam reakt = 1 jam

Maka :

$$W_l = 11960,7369 \times 1$$

$$= 11960,7369 \text{ lb}$$

$$= 5425,3547 \text{ kg}$$

□ **Berat poros pengaduk dalam reaktor**

Rumus :

$$W_p = V \cdot \rho$$

$$V = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L$$

Dimana :

- W_p = berat poros pengaduk dalam reaktor, lb
- V = volume poros pengaduk, ft^3
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ ft^3

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

- D = diameter poros pengaduk = 0,73614 in = 0,0613 ft
- L = panjang poros pengaduk = 76,9279 in = 6,4106615 ft

Volume poros pengaduk :

$$\begin{aligned} V &= (\pi/4) \times (0,1156 \text{ ft})^2 \times (12,2785 \text{ ft}) \\ &= 0,0189 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Berat poros pengaduk :

$$\begin{aligned} W_p &= (0,1287 \text{ ft}^3) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 9,2606 \text{ lb} \\ &= 4,2006 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat impeller dalam reaktor**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_i &= V \cdot \rho \\ V &= 4 (\rho \cdot l \cdot t) \\ p &= D_i / 2 \end{aligned}$$

Dimana :

- W_i = berat impeller dalam reaktor, lb
- V = volume dari total blades, ft^3
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ ft^3
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- p = panjang 1 kupingan blade, ft
- l = lebar 1 kupingan blade = 3,7117 in = 0,3093 ft
- t = tebal 1 kupingan blade = 5,4583 in = 0,4549 ft
- D_p = diameter pengaduk = 21,8333 in = 1,8194 ft

Volume impeller pengaduk :

$$\begin{aligned} - p &= D_p / 2 \\ &= (2,6493 \text{ ft}) / 2 \\ &= 0,9097 \text{ ft} \\ - V &= (4) \times (1,3247 \text{ ft}) \times (0,4504 \text{ ft}) \times (0,6623 \text{ ft}) \\ &= 0,512 \text{ ft} \end{aligned}$$

Berat impeller pengaduk :

$$\begin{aligned} W_i &= (1,5806 \text{ ft}^3) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 250 \text{ lb} \\ &= 114 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat jaket pendingin pada reaktor**

Berat jaket

$$W_{\text{jaket}} = (\pi/4) \times (d_{o_j} - d_{i_j})^2 \times T_j \times \rho$$

Dimana :

- W_{jaket} = berat jaket, lb
- d_{o_j} = diameter luar jaket = 180 in = 15 ft
- d_{i_j} = diameter dalam jaket = 178,750 = 14,8958 ft
- T_j = Tinggi jaket = 2,5070 ft
- ρ = densitas bahan konstruksi = 489 lb/ft³

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, steel cold drawn)

Berat jaket :

$$\begin{aligned} W_{\text{jaket}} &= (\pi/4) \times [(15) - (14,8958)]^2 \text{ft}^2 \times (6,1958 \text{ ft}) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 1503,6942 \text{ lb} \\ &= 682,07124 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat steam

$$\begin{aligned} V_{\text{steam}} \times \rho_{\text{steam}} &= 391918,607 \text{ ft}^3 \times 0,12424 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 48690,3 \text{ lb} \\ &= 22085,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi

$$\begin{aligned} W_{\text{jaket} + \text{steam}} &= 682,07124 \text{ kg} + 22085,8 \text{ kg} \\ &= 22767,839 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat Attachment**

Berat attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle, dan sebagainya.

Dari Brownell & Young, hal. 157 :

$$W_a = 18\% W_s$$

Dimana :

- W_a = berat attachment, lb
- W_s = berat shell reaktor = 1108,6193 lb = 502,8664 kg

Sehingga :

$$\begin{aligned} W_a &= (0,18) \times (1757,8048 \text{ lb}) \\ &= 90,5160 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat Total Reaktor

Bagian	Berat (kg)
W_{shell}	502,8664
$W_{\text{tutup atas}}$	73,6168
$W_{\text{tutup bawah}}$	138,3815
W_{liq}	5425,3547
$W_{\text{poros pengaduk}}$	4,2006
W_{pengaduk}	113,5571
$W_{\text{jaket + steam}}$	22767,8385
$W_{\text{attachment}}$	90,5160
W_{total}	29116,3315

Dengan faktor keamanan adalah 10%, maka berat total berat reaktor

$$= (1,1) \times (26739,3634 \text{ kg})$$

$$= 32027,9647 \text{ kg}$$

6.7. Perhitungan Kolom Penyangga Reaktor (Leg)

Perencanaan :

- Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan)
- Jenis kolom yang digunakan : I beam

Dasar Perhitungan :

□ **Beban tiap kolom**

Dari Brownell & Young, pers. 10.76 hal. 197 :

$$P = \frac{P_w \cdot (H - L) + \Sigma}{n \cdot D_{bc} + n}$$

Dimana :

- P = beban tiap kolom, lb
- P_w = total beban permukaan karena angin, lb
- H = tinggi vessel dari pondasi, ft
- L = jarak antara vessel dengan dasar pondasi, ft
- D_b = diameter anchor bolt circle, ft
- n = jumlah support
- ΣV = berat total, lb
- P = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg, lb

Reaktor diletakkan di dalam ruangan, sehingga tidak dipengaruhi adanya tekanan angin (beban tekanan angin tidak dikontrol).

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

$$P = \frac{\Sigma W}{n}$$

$$P = \frac{32027,9647}{4} = 8006,9912 \text{ kg} = 17652,213 \text{ lb}$$

Direncanakan :

- Jarak kolom penyangga dari tanah (L) = 5 ft
 - Tinggi reaktor (H) = 121,7213 in = 10,143 ft
 - Panjang penyangga = $\frac{1}{2}(H + L)$
= $\frac{1}{2}(17,4712 + 5)$ ft
= 7,57172 ft = 90,8606 in
- Jadi panjang penyangga (leg) = 7,57172 ft = 90,8606 in

□ **Trial ukuran I beam**

Trial ukuran I beam 4" ukuran 12 x 5 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

Dari Brownell & Young, App. G-3 hal. 355, didapatkan :

- Nominal size = 5 in
- Berat = 10 lb
- Area of section (A_y) = 2,87 in²
- Depth of beam (h) = 5 in
- a = 1,5 in
- Width of flange (b) = 3 in
- I = 12,1 in⁴
- Axis (r) = 2,05 in

Analisa terhadap sumbu Y-Y

Dengan :

- $L/r = (136,3269 \text{ in}) / (4,83 \text{ in})$
 $L/r = 44,3$

Karena L/r antara 60 - 200, maka :

$$- f_c = \frac{18000}{1 + \left(\frac{(L/r)^2}{18000} \right)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{18000}{1 + \left(\frac{(33,2226)^2}{18000} \right)} \\
 &= 16228,8363 \quad \text{psia} \\
 - \text{ feksentrik} &= \frac{P \times (a + 1/2 b)}{I_{1,1} / 1/2 b} \\
 &= \frac{17652,2127 \times (1,5 + 1,5)}{12,1 / 1,5} \\
 &= 6564,8725 \\
 - A &= \frac{P}{f_c - f_{\text{eksentrik}}} \\
 &= \frac{17652,2127}{9663,9638} \\
 &= 1,8266 \quad \text{in}^2 < 3 \text{ in}^2 \text{ (memadai)}
 \end{aligned}$$

Karena $A < A$ yang tersedia, berarti trial I beam sudah memadai.

Kesimpulan perancangan penyangga (leg) :

- Ukuran I beam = 5 x 3 in
- Berat = 10 lb
- Jumlah penyangga = 4 buah
- Peletakan beban dengan beban eksentrik.

6.8. Base Plate

Perencanaan :

- Dibuat base plate dengan toleransi panjang adalah 5 % dan toleransi lebar 20 %.
(Hesse, hal. 163)
- Digunakan besi cor sebagai bahan konstruksi dari base plate.

Dasar Perhitungan :

□ *Luas base plate*

Rumus :

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$

Dimana :

- A_{bp} = luas base plate, in²
- P = beban dari tiap-tiap = 17652,2127 lb
- f_{bp} = stress yang diterima oleh pondasi bearing capacity yang terbuat dari betu
= 600 lb/in²

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{17652,2127}{600}$$

$$= 29,4204 \text{ in}^2$$

□ **Panjang dan lebar base plate**

$$A_{bp} = p \times l$$

Dimana :

- A_{bp} = luas base plate
= 29,4204 in²
- p = panjang base plate, in
= $2m + 0,95h$
- l = lebar base plate, in
= $2n + 0,8b$

Diasumsikan $m = n$

(Hesse, hal. 163)

$$b = 3 \text{ in}$$

$$h = 5 \text{ in}$$

Maka :

$$A_{bp} = (2m + 0,95h) \times (2n + 0,8b)$$

$$29,4204 = [2m + (0,95 \times 5)] \times [2n + (0,8 \times 3)]$$

$$29,4204 = (2m + 4,75) \times (2m + 2,4) \quad 0,87705 \quad 15,619$$

$$29,4204 = 4m^2 + 14,3 \text{ m} + 11,4$$

$$18,0204 = 4m^2 + 14,3 \text{ m}$$

$$0 = 4m^2 + 14,3 \text{ m} - 15,6186$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{(-14,3) \pm \sqrt{(14,3)^2 - (4 \times 4) \cdot (-15,6186)}}{2 \times 4}$$

$$m_1 = 0,8770$$

$$m_2 = -4,5$$

$$\text{Diambil } m = 0,877$$

Sehingga :

- Panjang base plate (p) = $2m + 0,95h$
= $(2 \times 0,8770) + (0,95 \times 5)$
= 6,5041 in \approx 7 in

$$\begin{aligned}
 - \text{Lebar base plate (l)} &= 2n + 0,8b \\
 &= (2 \times 0,8770) + (0,8 \times 3) \\
 &= 4,15 \text{ in} \approx 5 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 7 in dan lebar base plate 6 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah 7 x 5 in dengan luas (A) = 35 in

□ **Peninjauan terhadap bearing capacity (f)**

$$f = \frac{P}{A}$$

Dengan :

- f = bearing capacity, lb/in²
- P = beban tiap kolom = 17652,2127 lb
- A = luas base plate = 35 in²

Maka :

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{17652,2127}{35} \\
 &= 504,3489 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2
 \end{aligned}$$

Karena $f < f_{bp}$, maka dimensi base plate sudah memenuhi

□ **Peninjauan terhadap harga m dan n**

- Panjang base plate (p)

$$\begin{aligned}
 p &= 2m + 0,95h \\
 7 &= 2m + (0,95 \times 5) \\
 m &= 0,73684
 \end{aligned}$$
- Lebar base plate (l)

$$\begin{aligned}
 l &= 2n + 0,8b \\
 5 &= 2n + (0,8 \times 3) \\
 n &= 1,04167
 \end{aligned}$$

Karena harga $n > m$, maka tebal base plate dihitung berdasarkan harga n.

□ **Tebal base plate**

Dari Hesse, pers. 7-12 hal. 163 :

$$t = \sqrt{0,00015 \cdot f \cdot n^2}$$

Dengan :

- t = tebal base plate, in
- f = actual unit pressure yang terj = 504 psi
- n = 1 in

Tebal base plate

$$t = \sqrt{0,00015 \times 463,1754 \times (1,0417)^2}$$

$$= 0,29 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Jadi digunakan tebal base plate 1 in

□ **Ukuran baut**

Beban tiap baut :

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}}$$

$$= \frac{17652,2127}{4}$$

$$= 4413,0532 \text{ lb}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}}$$

Dimana f_{baut} = stress tiap baut max
= 12000 lb/in²

$$A_{\text{baut}} = \frac{4413,1}{12000}$$

$$A_{\text{baut}} = 0,37 \text{ in}^2$$

$$d \text{ baut} = 0,68$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 diperoleh ukuran baut dengan dimensi baut sebagai berikut :

$$\text{ukuran baut (d)} = 7/8 \text{ in}$$

$$\text{Root area (A)} = 0,42 \text{ in}^2$$

6.9. Perhitungan Lug dan Gusset

Dasar Perhitungan :

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh :

a. Lebar Lug

$$A = \text{lebar lug} = \text{ukuran baut} + 9 \text{ in}$$

$$= 7/8 + 9 \text{ in}$$

$$= 9,8750 \text{ in}$$

$$B = \text{jarak antar gusset} = \text{ukuran baut} + 8 \text{ in}$$

$$= 7/8 + 8 \text{ in}$$

$$= 8,8750 \text{ in}$$

b. Lebar Gusset

$$\begin{aligned} \text{Lebar gusset (L)} &= 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \text{ ukuran baut}) \\ &= 2 \times (5 - 4/9) \\ &= 9,1250 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug atas (a)} &= 0,5 (\text{panjang kolom} + \text{ukuran baut}) \\ &= 1 \times (7 + 4/9) \\ &= 3,2813 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{bandingan tebal base plate} &= \frac{B}{L} && \text{(Brownell \& Young Hal 193)} \\ &= \frac{8,8750}{9,1250} = 0,97 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 10.6, hal 192, Brownell didapat $\gamma_1 = 0,565$

$$\begin{aligned} e &= 0,5 \times \text{nut dimension} \\ &= 0,5 \times 1 \frac{7}{16} \\ &= 0,7188 \text{ in} \end{aligned}$$

c. Tebal Plate Horizontal (Lug)

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari persamaan 10.40, hal 192, Brownell :

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left[(1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\pi \cdot e} + (1 - \gamma_1) \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{beban tiap baut} && = 17652,2127 \text{ lb} \\ \mu &= \text{posson's ratio} && = 0,3 \text{ untuk steel} \\ L &= \text{panjang horisontal plate bawah} && = 7 \\ e &= \text{nut dimension} && = 1,438 \text{ in} \\ \gamma_1 &= 0,565 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{17652,2127}{4\pi} \left[(1 + 0,3) \times \ln \frac{2 \times 7}{\pi \times 1,438} + (1 - 0,565) \right] \\ &= 4537,3945 \text{ lb} \end{aligned}$$

M_y disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{thp} &= \sqrt{\frac{6 \times 1514,7762}{15000}} \\ &= 1,3472 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka digunakan plate dengan teba = 1,3472 in

d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)

Dari fig 10.6, hal 191, Brownell dan pers 10.47 hal 194, diperoleh tebal

$$\begin{aligned} \text{gusset min} &= \frac{3}{8} \times \text{thp} \\ &= \frac{3}{8} \times 1,3472 \\ &= 0,5052 \text{ in} \end{aligned}$$

e. Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} \text{hg} &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 9,8750 + 7/8 \\ &= 10,7500 \text{ in} \end{aligned}$$

f. Tinggi Lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi L} &= \text{hg} + 2 \text{ thp} \\ &= 10,7500 + 2 \times 1,3472 \\ &= 13,7 \text{ in} \end{aligned}$$

g. Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

◇ Lug

- Lebar = 9,8750 in
- Tebal = 1,3472 in
- Tinggi = 13,6944 in

◇ Gusset

- Lebar = 9,1250 in
- Tebal = 0,5052 in
- Tinggi = 10,7500 in

6.10. Perhitungan Pondasi

Perencanaan :

- Beban total yang harus ditahan pondasi :
 - Berat reaktor total
 - Berat kolom penyangga
 - Berat base plate

- Ditetapkan :
 - Masing-masing penyangga diberi pondasi
 - Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar Perhitungan :

$$\square W = 32027,9647 \text{ lb} = 14527,7895 \text{ kg}$$

□ Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus :

$$W_{bp} = p \cdot l \cdot t \cdot \rho$$

Dimana :

- p = panjang base plate = 7 in = 0,5833 ft
- l = lebar base plate = 5 in = 0,4167 ft
- t = tebal base plate = 1 in = 0,0833 ft
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$\begin{aligned} W_{bp} &= (0,5833 \text{ ft}) \times (0,4167 \text{ ft}) \times (0,0833 \text{ ft}) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 9,9 \text{ lb} \end{aligned}$$

□ Beban tiap penyangga

Rumus :

$$W_p = L \cdot A \cdot F \cdot \rho$$

Dimana :

- L = tinggi kolom = 7,57172 ft
- A = luas kolom I beam = 2,87 in² = 0,0199 ft²
- F = faktor koreksi = 3,4
- ρ = densitas dari bahan = 489 lb/ft³

Beban tiap penyangga :

$$\begin{aligned} W_p &= (11,3606 \text{ ft} \times 0,0199 \text{ ft}^2 \times (3,4) \times (489 \text{ lb/ft}^3)) \\ &= 251 \text{ lb} \end{aligned}$$

□ Beban total

$$\begin{aligned} W_{total} &= W + W_{bp} + W_p \\ &= (29413,2998 + 9,9 + 376) \text{ lb} \\ &= 32288,770 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dianggap hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri bekerja pada pondasi, maka diambil :

- Luas atas = 15 x 15 in
- Luas bawah = 40 x 40 in

- Tinggi = 20 in

- Luas permukaan tanah rata-rata :

$$A = 40 \times 40 = 1600 \text{ in}^2$$

Volume pondasi :

$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= (1600 \text{ in}^2) \times (20 \text{ in}) \\ &= 32000,000 \text{ in}^3 = 18,5185 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- Berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

$$\rho = \text{densitas semen} = 144 \text{ lb/ft}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} W &= (18,5185 \text{ ft}^3) \times (144 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 2666,6667 \text{ lb} \\ &= 1209,5921 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft²
- Save bearing maximum = 10 ton/ft²

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ ton/ft}^2 \times \frac{2240 \text{ lb} \times 1 \text{ ft}}{1 \text{ ton} \times 144 \text{ in}^2} \\ &= 77,777778 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

Tekanan pada tanah :

$$P = \frac{W}{A}$$

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (40 x 40)in² = 1600 in²

Sehingga :

$$P = \frac{2666,6667 + 32288,7698}{1600}$$

$$P = 21,847 \text{ lb/in}^2 < 77,8 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menah: pondasi, maka pondasi dengan ukuran (15 x 15) in untuk luas atas dan(40 x 40) in

untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 20 in dapat digunakan.

Dimensi Peralatan :

1. Dimensi tangki :

- Bahan konstruksi = High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316
- Do (diameter luar) = 66 in
- Di (diameter dalam) = 65,5 in
- t_s (tebal silinder) = 4/16 in
- L_s (tinggi silinder) = 75,9018 in
- t_{ha} (tebal tutup atas) = 2/16 in
- h_a (tinggi tutup atas) = 11,0695 in
- t_{hb} (tebal tutup bawah) = 2/16 in
- h_b (tinggi tutup bawah) = 32,7500 in
- Tinggi reaktor = 121,7213 in

2. Dimensi pengaduk :

- Jenis pengaduk = axial turbin 4 blades sudut 45°
- Bahan impeller = High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316
- Diameter impeller (D_i) = 21,8333 in
- Tinggi impeller (Z_i) = 15,502 in
- Panjang impeller (L) = 5,45833333 in
- Lebar impeller (W) = 3,7117 in
- Daya pengaduk = 1,34150386 Hp
- Diameter poros = 0,73613831 in
- Panjang poros = 76,9279 in
- Jumlah pengaduk = 1 buah

3. Nozzle untuk pemasukan feed asam nitrat (HNO_3)

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 0,009 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1,688 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 5,733 in
- Diameter dalam flange (B) = 19,250 in

4. Nozzle untuk pemasukan feed heksamina $[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 0 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 2 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 6 in
- Diameter dalam flange (B) = 19 in

5. Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pemanas

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 0 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1 1/2 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 5 1/2 in
- Diameter dalam flange (B) = 19 1/2 in

6. Nozzle untuk pengeluaran produk

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 0 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 2 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 6 in
- Diameter dalam flange (B) = 19 in

7. Nozzle untuk Man Hole

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 0 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 2 in

- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 6 in
- Diameter dalam flange (B) = 19 in

8. Flange

- Bahan konstruksi = High Alloy Stel SA 240 Grade M type 316
- Tensile strength minimum = 75000 psia
- Allowable stress (f) = 18750
- Tebal flange = 0,7217 in
- Diameter dalam (D_i) flange = 69 in
- Diameter luar (D_o) flange = 71,0825 in
- Type flange = Ring flange loose type

9. Bolting

- Bahan konstruksi = H A S SA 193 Grade B8c type 347
- Tensile strength minimum = 75000 psia
- Ukuran baut = 1 in
- Jumlah baut = 1 buah
- Allowable stress (f) = 15000

10 Gasket

- Bahan gasket = Asbestos filled
- Lebar (L) = 0,06 in
- Tebal gasket (n) = $\frac{1}{16}$ in
- Gasket faktor (m) = 3,75
- Diameter rata-rata = 0 in

11 Sistem Penyangga

- Jenis = Kolom I beam
- Jumlah = 4 buah
- Panjang (L) = 5 in
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 5 in
- Area of section (A_y) = 2,87 in
- Depth of beam (h) = 5 in
- Width of flange (b) = 1,5 in
- Axis (r) = 3 in

- 12 Base Plate
- Panjang (p) = 11 in
 - Lebar (l) = 9 in
 - Tebal (t) = 1 in
 - Ukuran baut = 1 in
 - Jumlah baut = 4 buah
 - Bahan = Cast iron
- 13 Lug
- Lebar = 9,88 in
 - Tebal = 1,35 in
 - Tinggi = 13,69 in
- 14 Gusset
- Lebar gusset = 9,13 in
 - Tebal gusset = 0,51 in
 - Tinggi gusset = 10,75 in
- 15 Sistem Pondasi
- Luas atas = 20 in x 20 in
 - Luas bawah = 40 in x 40 in
 - Tinggi Pondasi = 20 in
 - Bahan = Cemen Sand dan Gravel



BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam pengendalian proses produksi suatu pabrik. Sebelum dilakukan pengendalian terlebih dahulu dilakukan pengukuran. Pengukuran merupakan dasar untuk setiap pengendalian atau perencanaan proses-proses kimia dan fisika. Tanpa pengukuran tidak mungkin tercapai keselamatan, ekonomisasi dan mutu yang cukup baik di dalam industri kimia. Alat-alat ukur adalah instalasi yang mendeteksi besaran fisik berdasarkan prinsip pengukuran tertentu dan kemudian memperagakan harga ukur tersebut.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemasangan alat ukur:

1. Alat ukur harus dapat dicapai dengan mudah, supaya pengontrolan dan perawatan dapat dilaksanakan secara periodik.
2. Alat ukur harus mudah dibaca, yaitu dengan cara memasang skala penunjuk yang besar pada ketinggian mata.
3. Alat ukur harus terlindung dari pengaruh luar yang dapat merusak seperti getaran, pukulan, dingin, panas, pengotoran atau korosi, cara pencegahannya yaitu dengan memasang alat ukur dalam kotak yang kedap gas dan cairan.

Pengendalian proses secara manual makin sulit ditangani seiring dengan kebutuhan industri akan pengendalian yang makin tepat, cepat, seiring dan semakin banyaknya proses yang harus dikendalikan dalam waktu yang sama. Oleh karena itu, pengendalian otomatis makin sering digunakan.

Pengendalian dapat dibedakan menjadi:

1. Pengendalian operasi, yaitu dimana tiap perubahan kecil dari proses merupakan masukan bagi perangkat ukur yang mengakibatkan penyesuaian besaran setel.
2. Pengendalian pengamanan, yaitu dimana alat pengendali hanya bekerja bila harga toleransi dilampaui dan bila harga kembali ke daerah toleransi yang diijinkan.

3. Pengendalian penghenti, yaitu diaman alat pengendali hanya bereaksi satu kali yaitu bila harga telah melampaui harga toleransi.

Pada pra rencana pabrik RDK ini, alat-alat kontrol yang perlu digunakan adalah *Level Indicator (LI)*, *Temperature Controller (TC)*, *Flow Controller (FC)*, dan *Weight Controller (WC)*.

1. Level Indicator (LI)

Alat ini digunakan untuk mengawasi ketinggian permukaan suatu bahan dalam tangki penyimpanan.

2. Temperature Controller (TC)

Alat ini digunakan untuk mengontrol suhu, dalam peralatan proses agar suhu proses konstan.

3. Flow Controller (FC)

Alat ini dipasang pada pipa yang biasanya dikalibrasi dalam satuan volume untuk mengontrol jumlah total dan laju bahan yang masu

4. Weight Controller (WC).

Alat ini dipasang untuk menjaga berat produk yang diperoleh tetap konstan.

Table 7.1. Pemasangan alat kontrol pada pabrik RDX

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1.	Tangki penyimpan HNO ₃	F - 111	<i>Level Indicator (LI)</i>
2.	Tangki penyimpan (CH ₃ CO) ₂ O	F - 121	<i>Level Indicator (LI)</i>
3.	Nitrator	R - 110	<i>Temperature Controller (TC), Flow Controller (FC), Weight Controller (WC)</i>
4.	Reaktor	R - 120	<i>Temperature Controller (TC), Flow Controller (FC)</i>
5.	Pemanas udara	H - 142	<i>Temperature Controller (TC)</i>
6.	Bin produk	F - 147	<i>Weight Controller (WC)</i>

7.2. Keselamatan Kerja

Aktivitas dalam suatu pabrik umumnya berhubungan dengan resiko yang dapat mengakibatkan kerugian pada badan atau benda. Karena itu usaha-usaha keselamatan merupakan tugas sehari-hari yang harus diusahakan oleh seluruh karyawan. Dalam suatu pabrik biasanya diberikan suatu penyuluhan, pendidikan, petunjuk-petunjuk, dan peraturan agar kegiatan kerja sehari-hari berlangsung dengan aman dan bahaya-bahaya yang akan terjadi dapat diketahui sedini mungkin, sehingga dapat dihindarkan.

Macam-macam bahaya yang dapat terjadi dalam pabrik yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Bahaya ledakan

Bahaya ledakan perlu mendapat perhatian yang besar karena pabrik memproduksi bahan peledak tingkat tinggi (*high explosive*). Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah terjadinya bahaya ledakan adalah:

- Pemasangan alat kontrol yang baik, meliputi alat kontrol suhu dan tekanan.
- Pencegahan dan pengamanan yang baik terhadap bahaya kebakaran dan listrik, karena api dan listrik merupakan faktor yang dapat memicu ledakan.
- Ledakan dapat menimbulkan luka fisik bahkan kematian. Semua ledakan adalah berbahaya dan harus ditangani dengan sangat hati-hati berdasarkan prosedur keselamatan dengan petunjuk dari orang yang ahli dan berpengalaman.
- Selama penyimpanan, RDX harus dijauhkan dari gesekan, panas, listrik, dan tekanan.

2. Bahaya kebakaran

Bahaya kebakaran merupakan hal yang sangat membutuhkan perhatian, oleh sebab itu diperlukan pengamanan yang sebaik-baiknya, terutama dalam proses produksi. Cara menanggulangi kebakaran antara lain:

a. Pencegahan kebakaran

- Bagian alat-alat yang panas dan alat penyalur media pemanas harus diisolasi untuk mencegah terjadinya kebakaran.
- Pemansan tidak boleh dilakukan tanpa pengawasan yang kontinu, sebab cairan yang panas dapat meluap ke luar alat.

- Bahan-bahan yang dapat tersulut sendiri hanya boleh disimpan dalam bejana yang cocok, seperti lap-lap berminyak hanya boleh diletakan dalam bejana logam yang tertutup. Ada baiknya bejana tersebut diberi bahan pembasah dan air.
- Jika menggunakan api yang terbuka, seperti melakukan pengelasan, pembakaran, penyolderan, pemanasan dengan api langsung harus ada ijin khusus.
- Pemasangan pipa air (hidran) melingkar di seluruh lokasi pabrik.
 - Penyediaan alat pemadam kebakaran disetiap bagian pabrik, akan dipasang pada tempat yang mudah dijangkau.
- b. Pengamanan dan pengontrolan terhadap kebakaran
 Apabila terjadi kebakaran, api harus dilokalisir agar jangan sampai menimbulkan ledakan, dan diusahakan dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana mengatasinya. Semua personel harus dievakuasi ke tempat yang aman, yaitu sejauh 5.000 ft (1 mil). Jika api tidak dapat ditangani sendiri oleh pabrik, maka harus segera menghubungi unti pemadam kebakaran.

3. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh pengerjaan konstruksi yang tidak memenuhi syarat yang berlaku. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Konstruksi harus mendapat perhatian yang tinggi.
- Poros berputar yang berada dalam daerah kontak harus diberi pelindung.
- Alat transmisi, perlengkapan roda gigi dan persneling harus dilindungi sedemikian rupa, sehingga pekerja tidak dapat menyentuh dan terbawa oleh alat tersebut.
- Mesin-mesin yang sedang berjalan harus dilindungi sedemikian rupa, sehingga bahaya karena masuknya tangan seseorang secara tidak sengaja tidak terjadi.
- Pekerjaan pembersihan dan reparasi hanya boleh dilakukan pada waktu mesin tidak berjalan. Agar mesin aman dari kemungkinan berjalan tanpa sengaja, saklar harus dikunci atau diberi sinyal tambahan.
- Perkakas yang cacat harus segera direparasi atau diganti.

4. Bahaya listrik

Pada pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik, hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan pabrik, agar para pekerja dapat terjaga keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Reparasi atau pekerjaan lain pada instalasi listrik hanya boleh dilaksanakan oleh tenaga ahli (ahli listrik, ahli elektronika).
- Stop kontak, steker, kabel, dan tempat penghubung untuk alat yang dapat bergerak harus diperiksa keadaannya (isolasinya) sebelum digunakan.

5. Bahaya terhadap kesehatan

Untuk menjaga kesehatan dan keselamatan karyawan, perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik, sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Untuk itu, pengetahuan akan bahaya masing-masing alat sangatlah penting diketahui semua karyawan, terutama operator kontrol. Disamping itu, seluruh karyawan harus memiliki kesadaran yang tinggi untuk mematuhi semua peringatan-peringatan yang diberlakukan di beberapa area tertentu dalam pabrik.

Usaha-usaha perlindungan yang dapat dilakukan adalah:

- Menyediakan ventilasi udara yang cukup, sehingga dapat memberikan sirkulasi udara yang baik kepada karyawan, serta dapat menghindari gangguan pernapasan.
- Karyawan harus memakai alat-alat pengaman, seperti: masker, *goggles*, sarung tangan karet, celana katun, kaos kaki, dan sepatu khusus.
- Karyawan tidak mengonsumsi makanan, minuman, atau rokok di area yang mungkin terkontaminasi RDX.

Table 7.2. Penggunaan perlengkapan pengaman pada area-area tertentu

No.	Perlengkapan	Area
1.	Masker	Area storage bahan baku, area proses penanganan produk dan gudang produk
2.	Helm	Area proses dan area pengolahan air
3.	Sarung tangan karet	Area storage bahan baku, area proses bagian reaksi dan area pengolahan limbah

4.	Sepatu khusus	Area proses, area pengolahan air dan area pengolahan limbah
5.	Pemadam kebakaran	Semua bagian pabrik
6.	Alarm kebakaran	Semua area proses, gudang produk, ruang generator dan perkantoran
7.	Kacamata pelindung	Area storage bahan baku dan area proses bagian penanganan produk

Selain itu bahaya terhadap kesehatan karyawan juga perlu diperhatikan. Umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses, dan produk. RDX tidak menimbulkan iritasi pada kulit ataupun kanker. Akan tetapi bila terlalu sering berhadapan dengan RDX akan menimbulkan sakit kepala, insomnia, dan tunuh menjadi lemah. Pertolongan pertama apabila RDX kontak dengan bagian-bagian vital pada tubuh:

- Bila RDX terhirup, segera menghirup udara segar.
- Bila mata terkontak dengan RDX, segera mencuci mata dengan air. Bila terkena kulit, segera membilasnya dengan sabun dan air.
- Bila tertelan, segera meminum dua gelas air putih, dan segera memuntahkannya dengan cara memasukan jari ke dalam kerongkongan.
- Bila terkena ledakan, harus segera dibawa ke rumah sakit.

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini, yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan pabrik
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler dan generator.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 3 unit, yaitu :

1. Unit pengolahan air (*Water Treatment*)
 - Air proses
 - Air pendingin
 - Air umpan boiler (penghasil steam)
 - Air sanitasi
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

8.1. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment*)

Berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi.

8.1.1. Air Proses

Air proses yang digunakan pada pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini sebesar 9469,697kg/jam, digunakan pada Rotary Vacuum Filter (H-130).

8.1.2. Pendingin *Brine*

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Menggunakan air sebagai media pendingin ini disebabkan karena :

- mudah dikendalikan dan dikerjakan
- dapat menyerap panas
- tidak mudah menyusut karena pendinginan
- tidak mudah terkondensasi

Selain sebagai media pendingin *brine* harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung :

- besi penyebab korosi
- silika penyebab kerak
- minyak penyebab menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Pendingin *brine* pada pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini sebesar 22085,7674kg/jam, digunakan untuk mendinginkan nitrator (R-110).

8.1.3. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pabrik Royal Demolition eXplosive sebesar 531,1412kg/jam, dengan temperatur 110 °C dan tekanan 14,6959 psia. Air umpan boiler disediakan dengan excess 20 % sebagai pengganti steam yang hilang, yang diperkirakan adanya kebocoran akibat dari transmisi sebesar 5 % dan faktor keamanan 10 %. Kebutuhan air umpan boiler sebanyak 1545,6591 lb/jam.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organic matter)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menenpel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan Lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

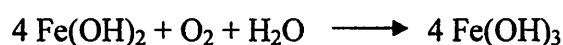
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organic, serta gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 , yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hydrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 , karena pemanasan dan adanya tekanan. CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini menjadi CO_2 lagi. Reaksi yang terjadi :





Air untuk keperluan ini harus memenuhi spesifikasi tertentu agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's 6thed, hal. 976*, didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid) ≤ 3500 ppm
- Alkalinitas ≤ 700 ppm
- Padatan terlarut ≤ 300 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi $\leq 0,1$ ppm
- Tembaga $\leq 0,5$ ppm
- Oksigen $\leq 0,007$ ppm
- Kesadahan ≤ 0
- Kekeruhan ≤ 175 ppm
- Minyak ≤ 7 ppm
- Residu fosfat ≤ 140 ppm

Untuk memenuhi persyaratan dan spesifikasi diatas, serta untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

1. Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
2. Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

8.1.4. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

- a. Syarat fisik
 - Berada di bawah suhu udara
 - Warnanya jernih
 - pH netral
 - Tidak berbusa
 - Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
 - Tidak berasa
 - Tidak berba

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini adalah:

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 L/hari/orang

2. Untuk laboratorium dan taman.

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air.

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman.

Total kebutuhan air sanitasi untuk pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini sebesar 3010,9363kg/jam.

Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air kawasan yang di *supply* dari PT. Krakatau Tirta Industri digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi.

Proses pengolahan air kawasan tersebut adalah sebagai berikut:

Air kawasan dipompa dengan pompa (L-210) menuju bak air bersih (F-210).

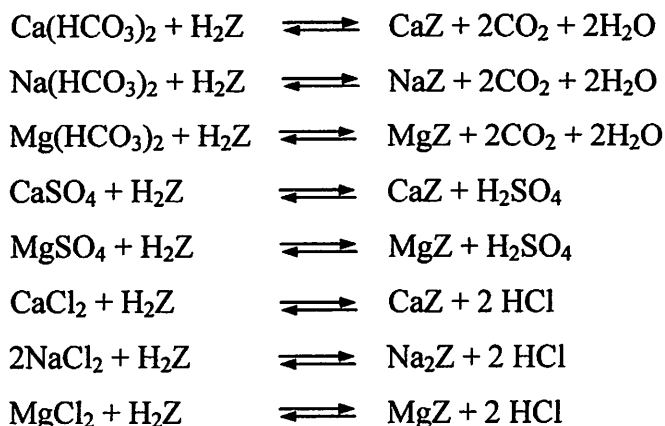
Kemudian dipompa dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu :

a. Pengolahan air proses

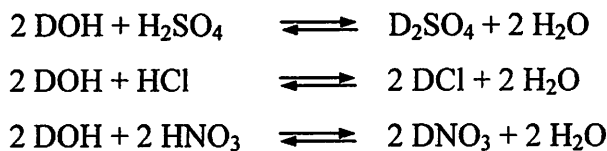
Pelunakan air proses yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Pompa air bersih (L-219) memompakan air dari bak air bersih (F-218) dan dipisahkan menjadi 3 aliran (air proses dan umpan boiler, air pendingin, air sanitasi). Untuk aliran yang pertama (air proses dan umpan boiler) dialirkan menuju

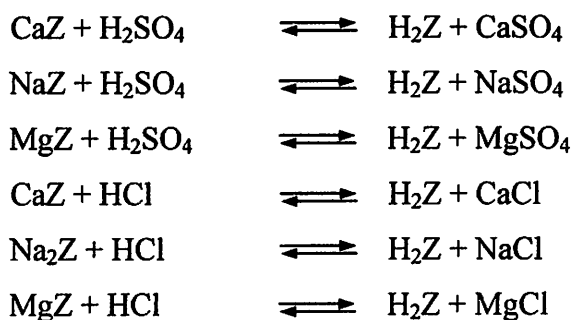
kation exchanger (D-210A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :



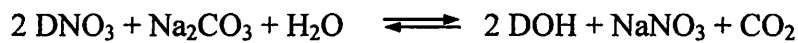
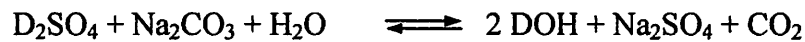
Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH). Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dengan pemeriksaan kesadahan air proses dan umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi kation exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralisasi, air proses dan umpan boiler telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi kebutuhan air proses dan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-212). Pompa air lunak (L-213) memompakan air dari bak air lunak dan dipisahkan menjadi 2 aliran (air proses, air umpan boiler), aliran yang pertama (air proses) langsung dialirkan ke peralatan proses. Untuk aliran yang kedua (air umpan boiler) harus dilakukan treatment lanjutan.

b. Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dilakukan dengan mengalirkan air pendingin dari bak air bersih (F-210) kemudian didistribusikan ke peralatan dengan pompa (L-222).

c. Pengolahan air umpan boiler

Untuk kebutuhan air umpan boiler dipakai air dari bak air lunak (F-212) yang melalui treatment lanjutan. Air lunak tersebut dipompakan oleh pompa air lunak (L-213) ke deaerator (D-14) untuk menghilangkan gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air ditampung dalam bak Boiler Feed Water (F-215), kemudian diumpankan ke boiler (Q-217) dengan pompa ke boiler (L-216). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan direcycle.

d. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-210) dialirkan oleh pompa (L-219) menuju bak klorinasi (F-220) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung kedalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-222) dengan menggunakan pompa (L-221) dan siap digunakan sebagai air sanitasi.

8.2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini adalah meliputi :

- Peralatan proses Industri = 129Hp = 96,1953 kW
- Daerah pengolahan air = 58Hp = 43,2506kW
- Listrik untuk penerangan = 300,555kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila suplai listrik dari PLN mati, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel dengan power 498 kV.A, satu buah generator tambahan digunakan sebagai cadangan.

8.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 1806,0478L/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6th ed, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100°F)
- Pour point = -6°C (21,2°F)
- Densitas = 55 lb/ft³
- Heating value = 19000 Btu/lb

Pengolahan Limbah

Pada pra-rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik Royal Demolition eXplosive adalah :

Limbah Gas.

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari Cyclone (H-146) dan pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprot dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitarnya.

Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa cairan. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

a. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)

Pada proses ini dilakukan pengambilan benda-benda terapung.

b. Pengolahan Pertama (Primery Treatment)

Pada tahap pengolahan ini bertujuan untuk mengendapkan padatan-padatan dan zat-zat yang terlarut yang tidak dapat mengendap secara grafitasi, dengan menambahkan zat kimia tertentu sebagai flokulan dan koagulan.

c. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan kedua menggunakan proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada tahap ini juga dilakukan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair tersebut. Proses aerasi ini dilakukan hingga didapatkan nilai BOD, COD, dan DO yang memenuhi standard yang telah ditetapkan pemerintah.

d. Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Pengolahan ketiga dilakukan untuk menetralkan pH limbah cair dan membunuh bakteri dengan cara menambahkan zat penetral dan desinfektan ke dalamnya. Dalam proses ini juga digunakan karbon aktif dan ion exchanger untuk menyerap ion-ion yang terlarut dalam limbah.



BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Dasar pemilihan untuk penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial dari masyarakat karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Faktor Utama
 - a. Penyediaan bahan baku
 - b. Pemasaran (marketing)
 - c. Utilitas (sumber air, listrik dan bahan bakar)
 - d. Keadaan geografis dan masyarakat
2. Faktor Khusus
 - a. Transportasi
 - b. Tenaga kerja
 - c. Buangan pabrik (disposal)
 - d. Pembuangan limbah
 - e. Site dan karakteristik dari lokasi
 - f. Peraturan perundang-undangan

9.1.1. Faktor Utama

- a. Penyediaan Bahan Baku

Ditinjau dari tersedianya bahan baku dan harga dari bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku itu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

- Letak sumber bahan baku.
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam industri kimia. Karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut.

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Tempat produk yang akan dipasarkan.
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang.
- Pengaruh persaingan yang ada.
- Jarak pemasaran dari lokasi, dan sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran

c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

▪ *Air*

Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber yaitu air kawasan, air sungai, dan air dari PDAM.

Untuk itu perlu diperhatikan mengenai :

- Sampai berapa jauh sumber ini dapat melayani kebutuhan pabrik
- Kualitas sumber air yang tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dua sumber : air sungai dan air PDAM. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan. Air PDAM hanya

bersifat cadangan. Air PDAM juga digunakan untuk sanitasi dan untuk kebutuhan proses (air pendingin).

▪ ***Listrik dan Bahan Bakar***

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang sangat penting terutama sebagai motor penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ada atau tidaknya listrik di daerah tersebut
- Jumlah listrik di daerah tersebut
- Harga tenaga listrik
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

d. **Iklm dan Alam Sekitarnya**

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Keadaan alam
Keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin
Kecepatan dan arah angin pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut yang akan mempengaruhi peralatan.
- Gempa bumi yang pernah terjadi.
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang.

9.1.2. Faktor Khusus

a. **Transportasi.**

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya yang serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti :

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat
- Jalan/rel kereta api
- Adanya pelabuhan
- Sungai yang dapat dilayari oleh kapal dan perahu.

b. Buangan Pabrik

Apabila buangan pabrik berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

- Cara pengeluaran bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah pencemaran yang mungkin timbul

c. Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang ada
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

d. Site Karakteristik dari Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dan sebagainya.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

e. Faktor Lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Apakah merupakan daerah pedesaan atau perkotaan
- Fasilitas rumah dan tempat ibadah.

f. Peraturan dan Perundang-undangan

Hal-hal yang perlu ditinjau :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut.

g. Pembuangan Limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor-faktor di atas daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik RDX (Royal Demolition Explosive) terletak di Kawasan Industri

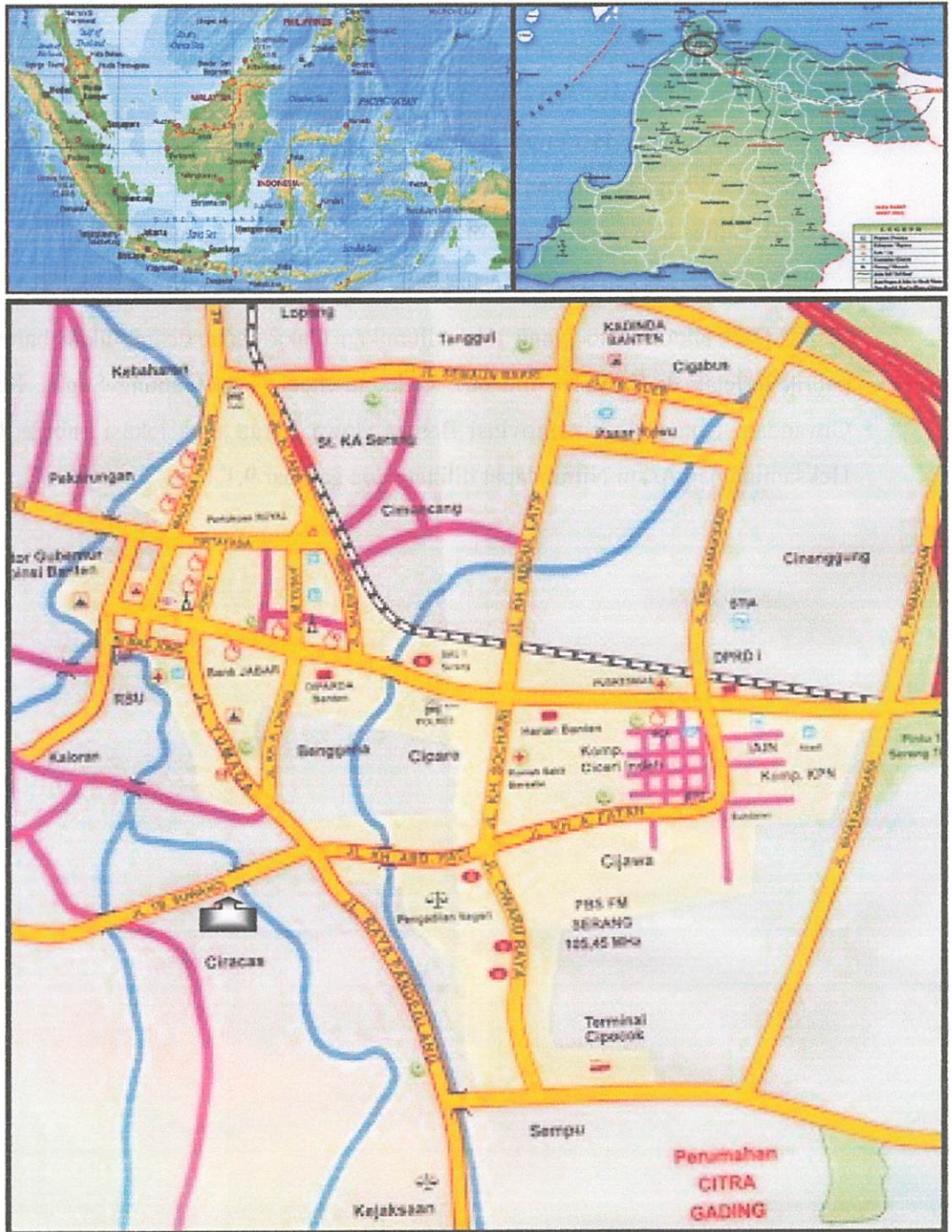
Krakatau Steel Desa Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten, Jawa Barat.

Dasar pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

- Dekat dengan bahan baku.
- Dekat dengan daerah pemasaran.
- Tersedianya kebutuhan air dan tenaga listrik.
- Fasilitas transportasi yang memadai.
- Tersedianya tenaga kerja yang cukup.

Dari faktor-faktor yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa lokasi pabrik terletak di Kawasan Industri Krakatau Steel Desa Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten, Jawa Barat. Peta lokasi pabrik RDX dari Heksamina dan Asam Nitrat dapat dilihat pada gambar 9.1.1.

Peta Kota Cilegon – Jawa Barat



 = Lokasi Pabrik RDX

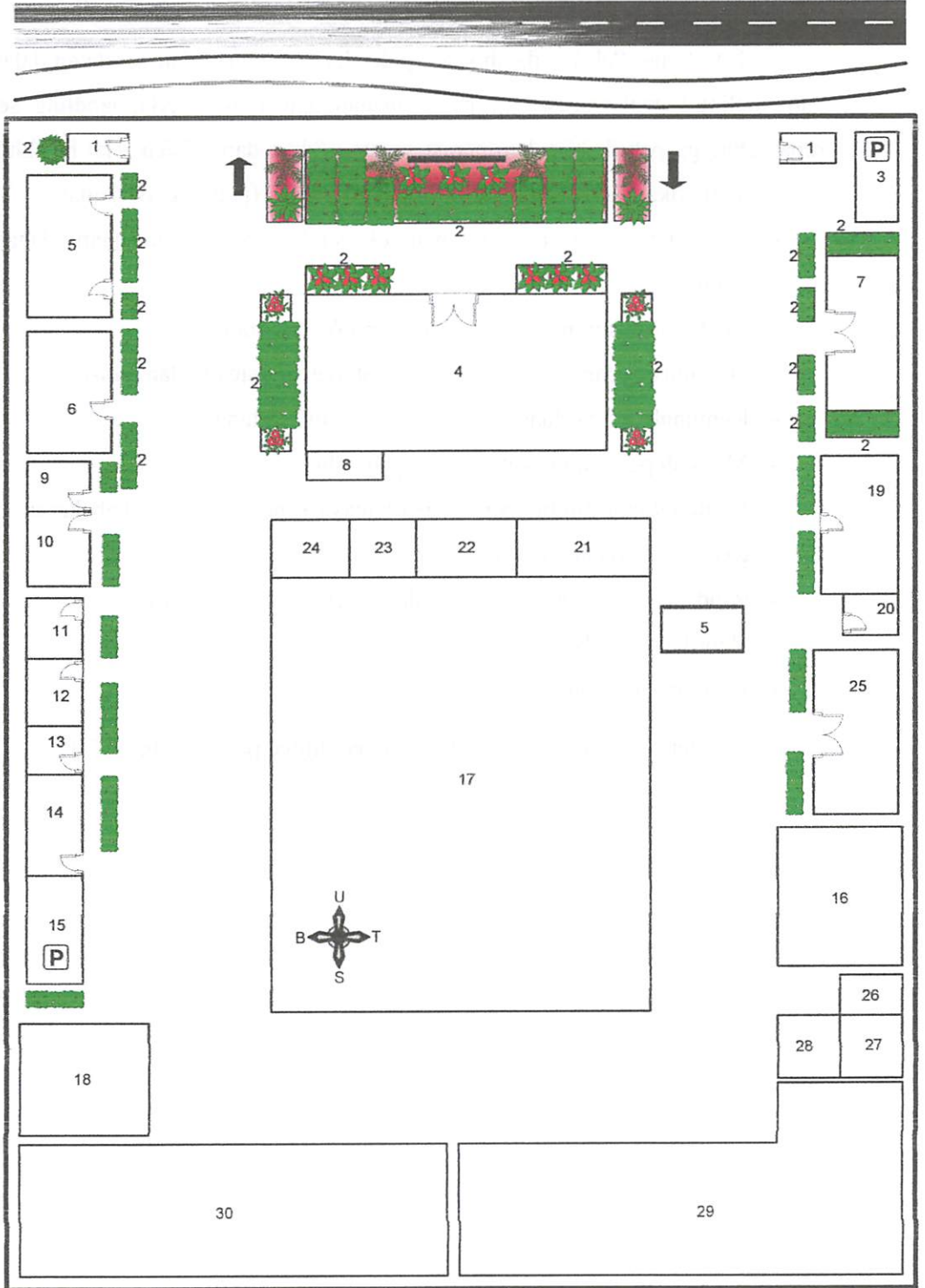
Gambar 9.1.1. Peta Lokasi Pabrik RDX

9.2. Tata Letak Pabrik (Plant Lay Out)

Tata Letak Pabrik adalah suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yang meliputi areal proses, areal penyimpanan, dan areal material handling, sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Hal-hal khusus yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik (plant lay out) adalah :

- Adanya ruangan yang cukup untuk gerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, tembok, dan atap.
- Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan air, steam, dan lain-lain.
- Kemungkinan perluasan pabrik di masa mendatang.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti ledakan, kebakaran, timbulnya gas atau asap dan lain-lain.
- Pondasi dari bangunan dan peralatan kerja (mesin-mesin).
- Ventilasi yang baik.
- Penerangan ruangan

Tata letak bangunan pabrik RDX dapat dilihat pada gambar 9.2.1.



Gambar 9.2.1. Tata Letak Pabrik RDX

Keterangan Gambar 9.2.1 :

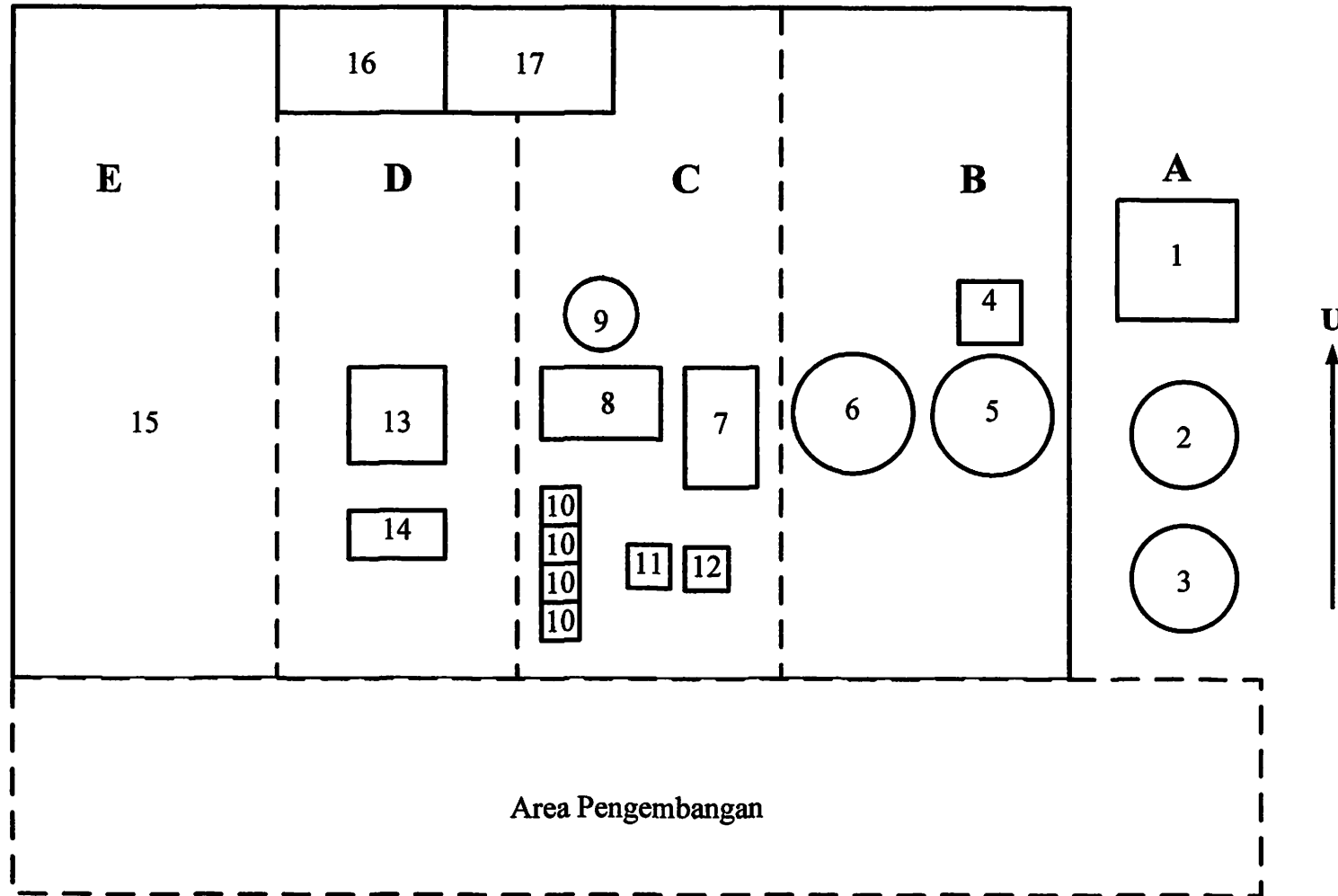
1. Pos keamanan/ penjagaan
2. Taman
3. Parkir tamu
4. Kantor pusat
5. Pos penimbangan
6. Gedung serbaguna (aula)
7. Kantor Penelitian dan Pengembangan (R & D)
8. Dapur
9. Perpustakaan
10. Musholla
11. Kantin
12. Koperasi
13. Poliklinik
14. Pemadam kebakaran
15. Parkir kendaraan operasional dan karyawan
16. Gudang bahan baku
17. Area proses
18. Gudang produk
19. Manager Produksi dan Teknik
20. Departemen Produksi
21. Departemen Teknik
22. Ruang kontrol
23. Garasi
24. Bengkel
25. Laboratorium dan Pengendalian Mutu
26. Generator
27. Ruang bahan bakar
28. Ruang boiler
29. Utilitas
30. Area perluasan pabrik

9.3. Tata Letak Peralatan Proses

Dalam pengaturan peralatan (equipment lay out) beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- Walaupun dalam ruangan penuh alat, harus diusahakan dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
- Letak peralatan harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.

Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.3.1.



Gambar 9.3.1. Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)

Keterangan gambar 9.3.1 :

1. Tangki Pelarut Ammonium Klorida ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ (M-114 A)
2. Tangki Pelarut Natrium Klorida (NaCl) (M-114 B)
3. Reaktor (R-110)
4. Rotary Drum Vacuum Filter (H-122)
5. Evaporator (V-120A/B)
6. Kristalliser (X-130)
7. Centrifuge (H-132)
8. Rotary Dryer (B-140)
9. Cyclone (H-145)
10. Screen (H-147)
11. Bin Penampung (F-148 A)
12. Pengemasan (P-148 B)
13. Gudang Penyimpanan Produk (F-149)

9.4. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas tanah untuk masing-masing bangunan pada pabrik ammonium klorida dapat dilihat pada tabel 9.1.

Tabel 9.1. Perkiraan Luas Pabrik

No	Lokasi	Ukuran (m)	Luas	
			m ²	ft ²
1	Pos Keamanan	(3 × 3) × 2	18	193,75
2	Taman	100 × 3	300	3229,09
3	Parkir Tamu	5 × 3	15	161,45
4	Parkir Karyawan	8 × 5	40	430,55
5	Parkir Truk	25 × 10	250	2690,91
6	Departemen Administrasi	100 × 5	500	5381,82
7	Kantin	5 × 5	25	269,09
8	Perpustakaan	8 × 5	40	430,55
9	Aula	20 × 10	200	2152,73



10	Kantor Divisi Litbang	24 × 5	120	1291,64
11	Departemen Teknik	24 × 5	120	1291,64
12	Departemen Produksi	24 × 5	120	1291,64
13	Mushola	10 × 6	60	645,82
14	Koperasi	6 × 5	30	322,91
15	Poliklinik	6 × 6	36	387,49
16	Bengkel & Garasi	12 × 9	108	1162,47
17	Laboratorium	9 × 5	45	484,36
18	Quality Control	9 × 5	45	484,36
19	Area Proses Produksi	400 × 100	40000	430545,95
20	Ruang Kontrol	9 × 5	45	484,36
21	Gudang Bahan Baku	50 × 17	850	9149,10
22	Gudang Produk	50 × 8	400	4305,46
23	Pos Penimbangan	10 × 8	80	861,09
24	Ruang Bahan Bakar	10 × 10	100	1076,36
25	Ruang Boiler	10 × 10	100	1076,36
26	Ruang Generator	10 × 6	60	645,82
27	Area Pengolahan Air	100 × 75	7500	80727,36
28	Area Pengolahan Limbah	20 × 15	300	3229,09
29	Pemadam Kebakaran	10 × 5	50	538,18
30	Toilet	(2 × 2) × 8	64	688,87
31	Pembuatan Slidge Jalan	-	2000	21527,30
32	Area Perluasan Pabrik	100 × 100	10000	107636,49
Total			63621	684794,09

Kebutuhan tanah = 63621 m²



BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar menciptakan sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksanaannya.

Elemen dasar itu terdiri dari :

- Manusia (man)
- Bahan (Material)
- Mesin (Machine)
- Metoda (Method)
- Uang (Money)
- Pasar (Market)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Lokasi pabrik : **Kawasan Industri Krakatau Steel Desa Gunung Sugih,
Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten,
Jawa Barat**

Kapasitas produksi : 50.000 ton/tahun

Status investasi : Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

10.2. Bentuk Perusahaan

Pabrik Royal Demolition Explosive (RDX) ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.
2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.
5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

10.3. Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal
4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, betapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan “**the right man in the right place**” lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan departementasi. Pada setiap departemen dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap departemen dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.

10.4. Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi (Job Description)

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara

membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

3. Direktur Utama

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan.
- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke Bank, memindah tangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll.

4. Penelitian dan Pengembangan (R&D).

Divisi R&D bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi R&D bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala

aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi dan pemasaran sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

5. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

6. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

7. Departemen Produksi

Kepala Dept. Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi dengan membawahi 3 divisi yaitu :

a. Divisi Proses

Divisi Proses bertanggung jawab kepada kepala Departemen Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

b. Divisi Gudang

Divisi Gudang bertanggung jawab kepada kepala Departemen Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai kebutuhan, serta mencatat dan mengatur distribusi barang yang keluar masuk gudang dan menjaga kondisi gudang sedemikian rupa sehingga barang tidak rusak..

c. Divisi Quality Control dan Laboratorium.

Divisi Quality Control dan Laboratorium bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi dan bertugas mengawasi dan mengendalikan kualitas bahan baku, produk utama dan produk samping, sehingga didapat produk dengan

standard kualitas yang diinginkan dengan melakukan analisa dan pengujian terhadap bahan mentah yang dipasok serta produk ammonium klorida dan produk samping untuk mengetahui kualitasnya.

8. Departemen Teknik

Kepala Departemen Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka dept. teknik langsung mengatasi masalahnya.

a. Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

b. Divisi Bengkel dan Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

9. Departemen Keuangan dan Administrasi

Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca keuangan perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan dan akhir pekan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Dept. Keuangan dan Akuntansi membawahi 3 divisi yaitu :

a. Divisi Pembukuan (Akuntansi)

Divisi ini bertugas membuat neraca keuangan dengan melakukan pencatatan dan pembukuan mengenai semua pemasukan dan pengeluaran keuangan perusahaan.

b. Divisi Administrasi

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

c. Divisi Penjualan dan Pembelian

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Keuangan dan Administrasi mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhan pasar agar dapat dipasok setiap saat, serta melakukan promosi kepada masyarakat

mengenai produk yang dihasilkan serta menangani pembelian bahan baku dan alat-alat yang menunjang proses serta pembiayaan atas perawatannya.

12. Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia.

Kepala Dept. Umum dan SDM bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum dan ketenagakerjaan. Departemen ini mengatur masalah administrasi, keamanan dan keselamatan, lingkungan, logistik serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

a. Divisi Humas dan Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya selain itu juga bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat maupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik dapat menunjang kelangsungan dan kelancaran kegiatan operasional perusahaan.

b. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan bertanggungjawab kepada kepala Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia dan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pemberian ijin orang luar keluar masuk perusahaan, pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

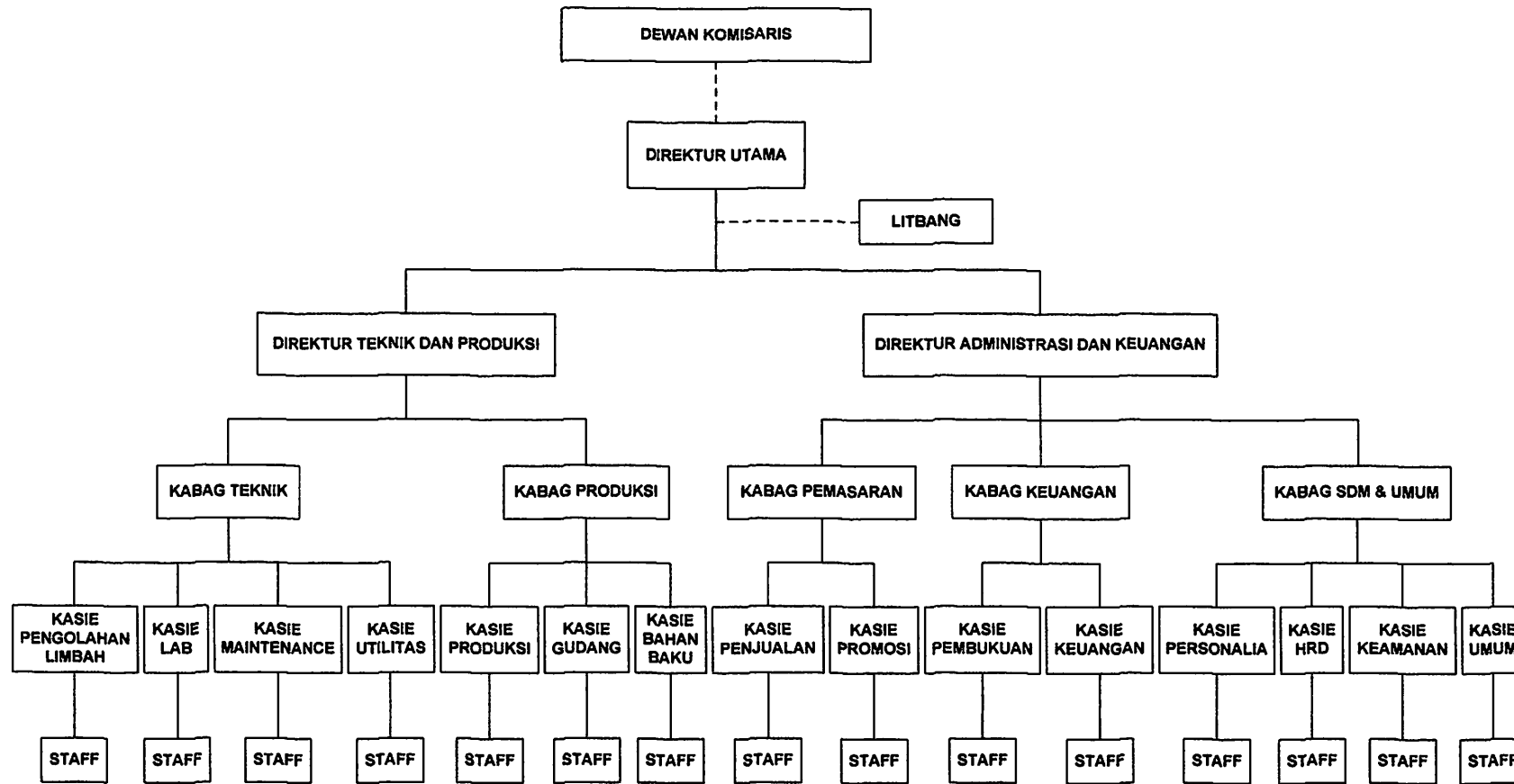
c. Divisi Kebersihan dan Logistik

Divisi Kebersihan dan Logistik bertugas menjaga kebersihan, dan keindahan perusahaan mulai dari ruang perkantoran, taman, toilet sampai gudang dan ruang produksi, serta bertugas menyediakan kebutuhan logistik karyawan perusahaan dan pada kegiatan-kegiatan tertentu pada perusahaan.

d. Divisi Transportasi.

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan dan masalah parkir kendaraan karyawan dan tamu.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.4.1.



Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Royal Demolition Explosive (RDX)

mengenai produk yang dihasilkan serta menangani pembelian bahan baku dan alat-alat yang menunjang proses serta pembiayaan atas perawatannya.

12. Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia.

Kepala Dept. Umum dan SDM bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum dan ketenagakerjaan. Departemen ini mengatur masalah administrasi, keamanan dan keselamatan, lingkungan, logistik serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

a. Divisi Humas dan Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya selain itu juga bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat maupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik dapat menunjang kelangsungan dan kelancaran kegiatan operasional perusahaan.

b. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan bertanggungjawab kepada kepala Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia dan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pemberian ijin orang luar keluar masuk perusahaan, pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

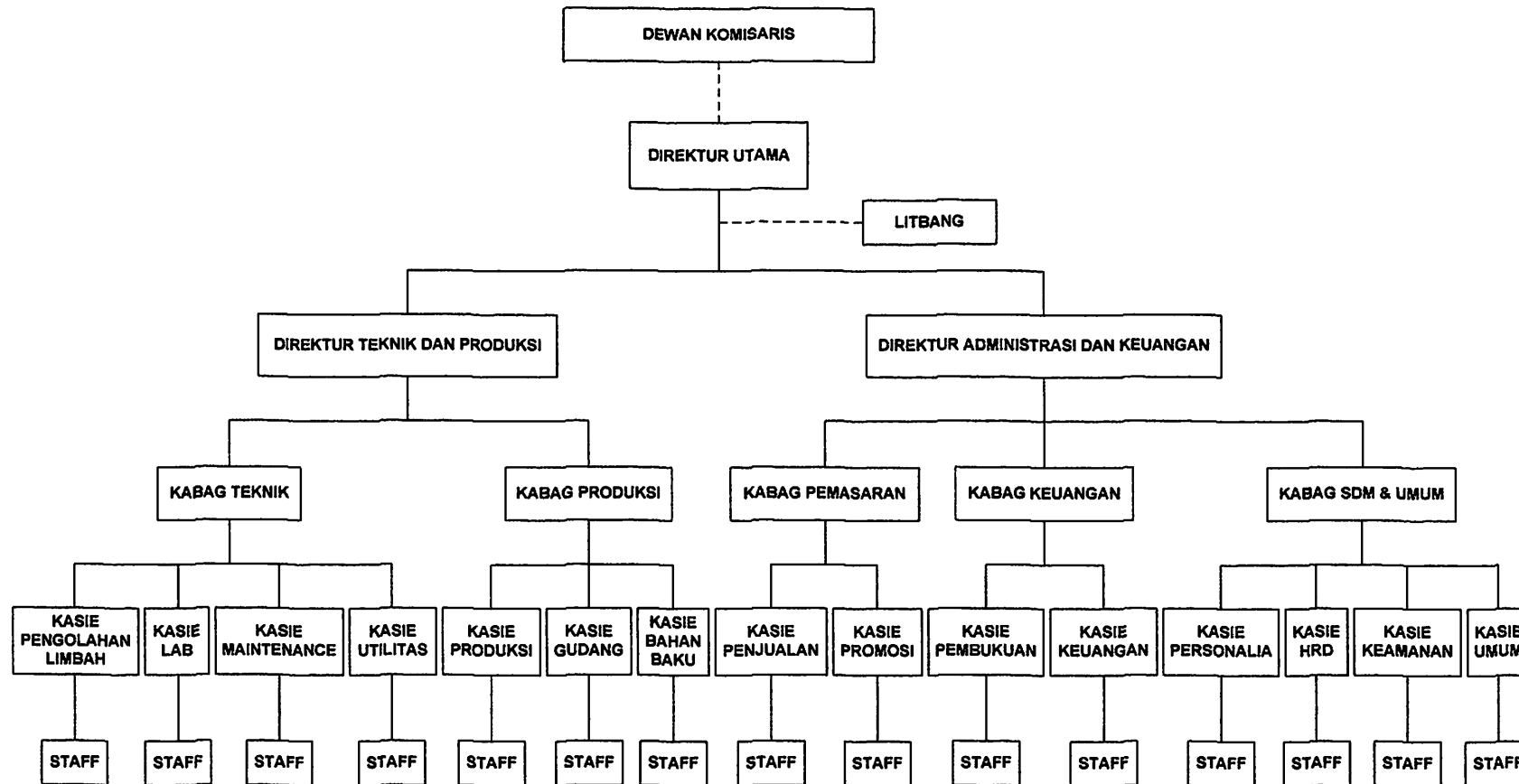
c. Divisi Kebersihan dan Logistik

Divisi Kebersihan dan Logistik bertugas menjaga kebersihan, dan keindahan perusahaan mulai dari ruang perkantoran, taman, toilet sampai gudang dan ruang produksi, serta bertugas menyediakan kebutuhan logistik karyawan perusahaan dan pada kegiatan-kegiatan tertentu pada perusahaan.

d. Divisi Transportasi.

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan dan masalah parkir kendaraan karyawan dan tamu.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.4.1.



Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Royal Demolition Explosive (RDX)

10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk

golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik Ammonium Klorida ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin - Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta

keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I : 07.00 -- 15.00
- Shift II : 15.00 -- 23.00
- Shift III : 23.00 -- 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.6.1.

Tabel 10.6.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

R E G U	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik Royal Demolition Explosive (RDX) (gambar 10.1) yaitu sebagai berikut :

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia
2. Manager
 - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
 - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)

3. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)
4. Kepala Bagian
 - a. Bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Bagian teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - c. Bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
 - d. Bagian keuangan : Sarjana Ekonomi
 - e. Bagian Umum : Sarjana Teknik Industri
5. Kepala divisi
 - a. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin
 - c. Divisi Laboratorium : Sarjana Kimia (MIPA)
 - d. Divisi Proses : Sarjana Teknik Kimia
 - e. Divisi Pemeliharaan : Sarjana Teknik
 - f. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
 - g. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
 - h. Divisi pengelolaan limbah : Sarjana Teknik kimia/MIPA
 - i. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
 - j. Divisi Pembukuan : Sarjana Ekonomi
 - k. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
 - l. Divisi Keamanan : Diploma / SMU / SMK
 - m. Divisi Gudang : Diploma / SMU / SMK
6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK.

10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Step dalam proses = 8 tahap

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi (P)} &= (50.000 \text{ ton/th}) / (330 \text{ hari/tahun}) \\ &= 151,51 \text{ ton/hari.} \end{aligned}$$

Berdasarkan *Vilbrant, fig. 6.35, hal. 235*, didapatkan :

$$M = 15,2 (P)^{0,25} \text{ untuk } \textit{average conditions}$$

$$M = 15,2 \times (151,51)^{0,25}$$

$$M = 53,33 \text{ (orang jam/hari. Tahapan proses)}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 10 tahap, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 53,33 \text{ orang jam/hari.tahapan} \times 10 \text{ tahap} \\ &= 534 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja, maka :

$$\text{Karyawan Proses} = \frac{534 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}} = 178 \text{ orang jam/shift}$$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka :

$$\text{Karyawan proses} = \frac{178 \text{ orang.jam/shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 22,25 \approx 23 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses keseluruhan} &= 23 \text{ orang hari/shift} \times 4 \text{ regu} \\ &= 92 \text{ orang setiap hari (untuk 4 regu)}. \end{aligned}$$

Jumlah karyawan dan staf = 111 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Ammonium Klorida adalah 213 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.8.1.

Tabel 10.8.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja

No.	Jabatan (Tugas)	JUMLAH
1.	Direktur utama	1
2.	Manager produksi dan teknik	1
3.	Manager administrasi dan keuangan	1
4.	Staf LITBANG (R&D)	5
5.	Kepala bagian produksi	1
6.	Kepala bagian teknik	1
7.	Kepala bagian umum	1
8.	Kepala bagian keuangan	1
9.	Kepala bagian pemasaran	1
10.	Kepala seksi proses	1
11.	Kepala seksi laboratorium	1

12.	Kepala seksi bahan baku	1
13.	Kepala seksi utilitas	1
14.	Kepala seksi pemeliharaan	1
15.	Kepala seksi personalia (SDM)	1
16.	Kepala seksi keamanan	1
17.	Kepala seksi pengelolaan limbah	1
18.	Kepala seksi pembukuan	1
19.	Kepala seksi keuangan	1
20.	Kepala seksi penjualan	1
21.	Kepala seksi gudang	1
22.	Kepala seksi iklan dan promosi	1
23.	Karyawan devisi proses	92
24.	Karyawan devisi QC	10
25.	Karyawan devisi bahan baku	8
26.	Karyawan devisi utilitas	25
27.	Staf devisi bengkel & perawatan	10
28.	Karyawan devisi personalia	5
29.	Karyawan devisi keamanan	16
30.	Karyawan devisi administrasi	10
31.	Karyawan devisi pembukuan	4
32.	Karyawan devisi keuangan	6
33.	Karyawan devisi penjualan	10
34.	Karyawan devisi gudang	10
35.	Karyawan devisi kesehatan	6
36.	Karyawan devisi kebersihan	25
37.	Sopir	10
38.	Sekretaris	5
39.	Karyawan pemadam kebakaran	8
40.	Dokter	2
JUMLAH		288

10.9. Status Karyawan dan Sistem upah (Gaji)

Pabrik Royal Demolition Explosive (RDX) ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Tabel 10.9.1. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur Utama	1	30.000.000	30.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	25.000.000	25.000.000
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1	17.500.000	17.500.000
4	Staf Litbang	5	10.000.000	50.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	10.000.000	10.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	10.000.000	10.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	5.000.000	5.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	5.000.000	5.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	5.000.000	5.000.000
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1	5.000.000	5.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	4.500.000	4.500.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	4.500.000	4.500.000
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1	4.500.000	4.500.000
16	Kepala Seksi Keamanan	1	4.500.000	4.500.000
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1	4.500.000	4.500.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	4.500.000	4.500.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	4.500.000	4.500.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	4.500.000	4.500.000
21	Kepala Seksi Gudang	1	4.500.000	4.500.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	4.500.000	4.500.000
23	Karyawan Devisi Proses	92	2.500.000	230.000.000
24	Karyawan Devisi QC	10	2.000.000	20.000.000
25	Karyawan Devisi bahan baku	8	2.000.000	16.000.000
26	Karyawan Devisi Utilitas	25	2.000.000	50.000.000

27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	10	2.000.000	20.000.000
28	Karyawan Devisi Personalia	5	2.000.000	10.000.000
29	Karyawan Devisi Keamanan	16	2.000.000	32.000.000
30	Karyawan Devisi Administrasi	10	2.000.000	20.000.000
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4	2.000.000	8.000.000
32	Karyawan Devisi Keuangan	6	2.000.000	12.000.000
33	Karyawan Devisi Penjualan	10	2.000.000	20.000.000
34	Karyawan Devisi Gudang	10	2.000.000	20.000.000
35	Karyawan Devisi Kesehatan	6	2.000.000	12.000.000
36	Karyawan Devisi Kebersihan	25	2.000.000	50.000.000
37	Sopir	10	2.000.000	20.000.000
38	Sekretaris	5	3.000.000	15.000.000
39	Karyawan pemadam Kebakaran	8	2.000.000	16.000.000
40	Dokter	2	4.000.000	8.000.000
Jumlah		288	Total	796.500.000



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana Pabrik RDX (Royal Demolition eXplosive) ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik RDX tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik RDX adalah sebagai berikut :

1. *Return of Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Internal Rate of Return* (IRR)

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran harga alat

11.1. Faktor - Faktor Penentu

11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

a. Modal Tetap (FCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

a. Direct Cost

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Service Facilities
- Tanah

b. Indirect cost

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi

b. Modal Kerja (WCI)

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik, dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Pengemasan produk
- Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain
- Pajak yang harus dibayar
- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas.

Sehingga : $TCI = FCI + WCI$

11.1.2. Penentuan Biaya Produksi

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

a. Biaya Pembuatan

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

b. Biaya Pengeluaran Umum

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

▪ Biaya tetap

Yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Yang termasuk biaya tetap antara lain :

- Bunga Bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

▪ Biaya semi variabel (SVC)

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain :

- Biaya utilitas
- Biaya bahan baku
- Gaji karyawan
- Supervisor
- Pemeliharaan dan perbaikan

11.1.3. Penaksiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Ammonium Klorida ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (www.che.com - Capital Cost Estimation 2011) dan (<http://www.matche.com/EquipCost/index.htm> - 2012)

A. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Harga peralatan (E)	= Rp	215.756.424.768,-
a. Biaya Langsung (DC)		
- Instrumentasi dan kontrol (20 % E)	= Rp.	38.836.156.458,-
- Isolasi (8% E)	= Rp.	17.260.513.981,-
- Perpipaan terpasang (20 % E)	= Rp.	66.884.491.678,-
- Listrik terpasang (15 %E)	= Rp.	21.575.642.477,-
- Ongkos angkutan kapal laut	= Rp.	198.172.276.149,-
- Biaya asuransi	= Rp.	5.584.855.055,-
- Biaya angkut barang ke Plant	= Rp.	112.814.072.113,-
- Pemasangan alat (45% E)	= Rp.	97.090.391.146,-
- Bangunan pabrik (25% E)	= Rp.	97.090.391.146,-
- Service facilities (50% E)	= Rp.	107.878.212.384,-
- Tanah (5% E)	= Rp.	12.945.385.486,-
Total DC	= Rp.	991.888.812.814,-
b. Biaya Tak Langsung (IC)		
- Engineer dan supervisi (12,5 % DC)	= Rp.	123.986.101.605,-
- Konstruksi (10 % DC)	= Rp.	99.188.881.284,-
Total IC	= Rp.	223.174.982.889,-
c. Fixed Capital Investment (FCI)		
FCI = DC + IC	= Rp.	1.215.063.795.731,-
d. Working Capital Investment (WCI)		
WCI = 15 % × FCI	= Rp.	182.259.569.360,-

e. Total Capital Investment (TCI)

TCI = FCI + WCI = Rp. 1.397.323.365.090,-

f. Modal Perusahaan

Modal sendiri (MS) = 60 % TCI = Rp. 838.394.019.054,-

Modal pinjaman (MP) = 40 % TCI = Rp. 558.929.346.036,-

B. Penentuan Total Capital Investment (TPC)

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

- Bahan baku = Rp. 596.697.622.658,-

- Tenaga kerja (TK) = Rp. 9.558.000.000,-

- Supervisi (15% TK) = Rp. 1.911.600.000,-

- Pemeliharaan & perbaikan (PP) (7% FCI) = Rp. 121.506.379.573,-

- Penyediaan operasi (15% PP) = Rp. 18.225.956.939,-

- Laboratorium (15% PP) = Rp. 24.301.275.915,-

- Patent dan royalti (1% TPC) = Rp. 0,03 TPC

**Total DPC = Rp. 1.778.955.326.317 +
0,03 TPC**

b. Biaya Tetap (FC)

- Depresiasi alat (10% FCI) = Rp. 182.259.569.360,-

- Depresiasi bangunan (10% FCI) = Rp. 182.259.569.360,-

- Pajak kekayaan (20% FCI) = Rp. 97.205.103.658,-

- Asuransi (0,6% FCI) = Rp. 12.150.637.957,-

- Bunga bank (12,5% MP) = Rp. 44.714.347.683,-

Total FC = Rp. 518.589.228.018,-

c. Biaya Overhead Pabrik

Biaya Overhead = 70% TK + PP = Rp. 79.785.587.744,-

d. Biaya pengeluaran umum (GE)

- Administrasi (15% PP) = Rp. 166.879.239,-

- Distribusi dan pemasaran (5% TPC) = Rp. 0,15 TPC

- Litbang (5% TPC) = Rp. 0,15 TPC

**Total GE = Rp. 1.215.063.796 +
0,03 TPC**

e. Biaya produksi total (TPC)

$$\text{TPC} = \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} = \text{Rp } 3.836.363.235.281,-$$

C. Analisa Profitabilitas

Asumsi yang diambil:

- a. Modal yang digunakan terdiri dari :
 - 1. Modal sendiri (60 %)
 - 2. Modal pinjaman (40 %).
- b. Bunga kredit = 12,5 % per tahun
- c. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- d. Umur pabrik 10 tahun
- e. Kapasitas produksi
 - Tahun I = 60 % dari produksi total
 - Tahun II = 80 % dari produksi total
 - Tahun III = 100 % dari produksi total
- f. Pajak penghasilan = 40 % per tahun.

1. Laba Perusahaan

Total penjualan per tahun = Rp. 4.454.999.990.734,- (kapasitas 100 %)

$$\begin{aligned} \text{Laba kotor} &= \text{Total penjualan} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp. } 4.454.999.990.734 - \text{Rp. } 3.836.363.281 \\ &= \text{Rp. } 618.636.755.453,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak penghasilan} &= 40\% \times \text{Laba kotor} \\ &= 40\% \times \text{Rp. } 54.889.257.557,- \\ &= \text{Rp. } 185.591.026.636,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\ &= \text{Rp. } 618.636.755.453 - \text{Rp. } 185.591.026.636 \\ &= \text{Rp. } 433.045.728.817,- \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_A)

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 618.636.755.453 + \text{Rp. } 182.259.569.360 \\ &= \text{Rp. } 800.896.324.812,- \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_A)

$$C_{Aat} = \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp. } 433.045.728.817 + \text{Rp. } 182.259.569.360$$

$$= \text{Rp. } 615.305.298.176,-$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 51 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 36 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari labayang dihitung, dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 1,97 \text{ tahun (App. E)} \end{aligned}$$

4. Break Even Point (BEP)

Merupakan titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3\text{SVC}}{\text{S} - (0,7\text{SVC} - \text{VC})} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{FC} = \text{Rp. } 518.589.228.018,-$$

$$\text{VC} = \text{Rp. } 1.603.452.113.893,-$$

$$\text{SVC} = \text{Rp. } 1.445.776.466.900,-$$

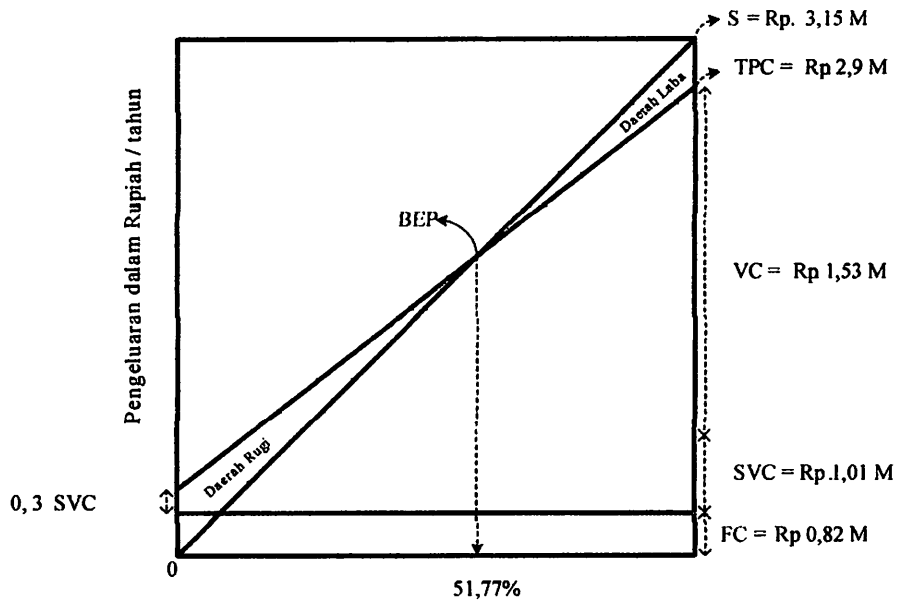
$$\text{S} = \text{Rp. } 4.454.999.990.734,-$$

Maka, didapatkan :

$$\text{BEP} = 51,77 \% \text{ (App. E)}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = $51,77\% \times 50.000 \text{ ton/tahun}$
 = 25.885,3 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Amonium Klorida adala 30% - 60%, sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik 11.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 60% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PBi = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kap = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PBi = \text{Rp } 358.225.846,-$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi} \\ &= \text{Rp } 358.225.846 + \text{Rp } 182.259.569.360 \\ &= \text{Rp } 182.617.795.206 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun II kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PBi = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kap = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PBi = \text{Rp } 3.464.365.831,-$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi} \\ &= \text{Rp } 3.464.365.831 + \text{Rp } 182.259.569.360 \\ &= \text{Rp } 185.723.935.190 \end{aligned}$$

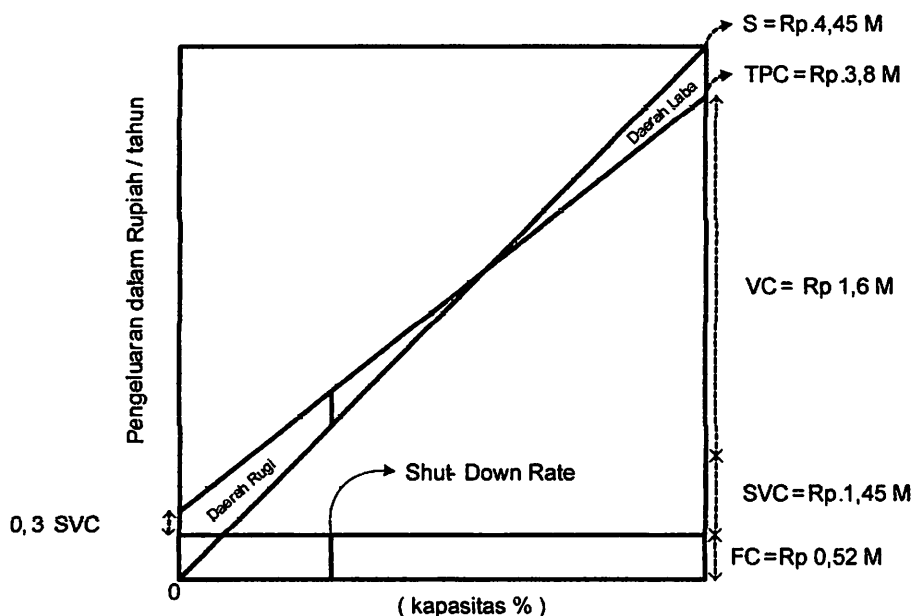
5. Shut Down Point (SDP)

SDP adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} SDP &= \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\% \\ &= 23,58 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas penjualan

$$\begin{aligned} &= 23,58 \% \times \text{Rp. } 589.643.043.759 \\ &= \text{Rp. } 1.050.435.267.512 \end{aligned}$$



Grafik 11.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

- a. Menghitung C_{A_0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$C_{A-2} = 40\% \times FCI \times (1+i)^2$$

$$= \text{Rp } 615.126.046.589,- \text{ (App. E)}$$

$$C_{A-1} = 60\% \times FCI \times (1+i)^1$$

$$= \text{Rp } 820.168.062.118,- \text{ (App. E)}$$

$$C_{A-0} = -(C_{A-1} - C_{A-2}) = - \text{Rp } 1.435.294.108.707,-$$

- b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana : F_d = faktor diskon = $1/(1+i)^n$ C_A = cash flow setelah pajak
 n = tahun ke-n i = tingkat bunga

Tabel 11.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C_A) (Rp)	F_d i = 12.5%	NPV (Rp)
0	-1.435.294.108.707	1	-1.435.294.108.707
1	182.617.795.206	0,8889	162.326.929.072
2	185.723.935.190	0,7901	146.744.837.681
3	615.305.298.176	0,7023	432.148.577.046
4	615.305.298.176	0,6243	384.132.068.485
5	615.305.298.176	0,5549	341.450.727.542
6	615.305.298.176	0,4933	303.511.757.815
7	615.305.298.176	0,4385	269.788.229.169
8	615.305.298.176	0,3897	239.811.759.262
9	615.305.298.176	0,3464	213.166.008.232
10	615.305.298.176	0,3079	189.480.896.207
WCI			182.259.569.360
Total			1.429.527.251.164

Karena harga NPV = (+) maka pabrik RDX layak untuk didirikan.

7. IRR (Internal Rate of Return)

Tabel 11.2 Cash flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) i = 0.22	NPV ₂ (Rp) i = 0.23
0	-1.435.294.108.707	-1.435.294.108.707	-1.435.294.108.707
1	182.617.795.206	149.686.717.382	182.617.795.206
2	185.723.935.190	124.780.929.313	185.723.935.190
3	615.305.298.176	338.852.865.535	615.305.298.176
4	615.305.298.176	277.748.250.439	615.305.298.176
5	615.305.298.176	227.662.500.360	615.305.298.176
6	615.305.298.176	186.608.606.852	615.305.298.176
7	615.305.298.176	152.957.874.469	615.305.298.176
8	615.305.298.176	125.375.306.942	615.305.298.176
9	615.305.298.176	102.766.645.034	615.305.298.176
10	615.305.298.176	84.234.954.946	615.305.298.176
WCI		182.259.569.360	182.259.569.360
Total		517.640.111.925	4.037.749.576.460

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

$$= 21,85 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (12,5 %) maka Pabrik RDX ini layak untuk didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN DAN SARAN

12.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik RDX dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik ini cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek antara lain :

a. Aspek Lokasi

Pabrik ini didirikan di di Kawasan Industri Krakatau Steel Desa Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten, Jawa Barat. Pabrik ini diperkirakan cukup menguntungkan mengingat :

- Tersedianya air kawasandan air PDAM yang cukup sehingga memudahkan pengadaan utilitas
- Penyediaan sumber tenaga listrik yang cukup.

b. Aspek Sosial

Pendirian PabrikRDX ini bila ditinjau dari aspek sosial dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Memberikan kesempatan kepada penduduk untuk mendapatkan penghasilan yang lebih baik dari sebelumnya.

c. Aspek Ekonomi

- Di Indonesia kebutuhan RDX dibutuhkan terutama di bidang militer yaitu sebagai bahan baku peledak dengan komposisi-komposisi tertentu.

Ditinjau dari hal diatas maka pendirian Pabrik RDX di Indonesia sangat penting karena dapat membantu program pemerintah dalam rangka meningkatkan industrialisasi dan juga dapat menambah pendapatan/devisa Negara.

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Royal Demolition eXplosive ini dan dinilai menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut :

$$ROI_{BT} = 51 \%$$

$$ROI_{AT} = 36 \%$$

$$POT_{BT} = 1,52 \text{ tahun}$$

$$POT_{AT} = 1,97 \text{ tahun}$$

$$BEP = 51,77 \%$$

$$IRR = 21,85 \% > \text{bunga bank : } 12,5 \% \text{ (layak untuk didirikan)}$$

d. Aspek Pemasaran

Produksi RDX dalam perencanaan pabrik ini diharapkan dapat memperoleh pemasaran yang baik, ini dikarenakan kebutuhan RDX semakin meningkat baik di dalam maupun di luar negeri.

12.2. Saran

1. Diharapkan agar penggunaan RDX bisa dikembangkan lagi dalam industri kimia lainnya.
2. Dengan adanya perkembangan teknologi yang pesat maka disarankan untuk memproduksi RDX dengan menggunakan jenis bahan baku yang berbeda.
3. Dalam pembuatan laporan skripsi ini kami masih perlu perbaikan agar isi dari laporan skripsi ini lebih baik lagi. Oleh sebab itu, kami menyarankan kepada adik tingkat selanjutnya yang akan meneruskan dan memperbaiki isi laporan skripsi ini agar isi laporan skripsi ini menjadi sempurna. Hal-hal yang dapat kami sarankan, yaitu:
 - a. Suhu bahan pendingin (*brine*) di cooler sebaiknya pada suhu 5°C , karena jika menggunakan suhu ruang (25°C) dibutuhkan jumlah *brine* yang sangat besar untuk menyerap panas.
 - b. Sebaiknya digunakan sistem refrigerator dengan mesin carnot untuk menurunkan suhu *brine* hingga 5°C .
 - c. Contoh perhitungan (TERLAMPIR).



DAFTAR PUSTAKA

Badger, W. L. 1985. *Introduction to Chemical Engineering*, 1st edition. McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*, 1st edition. John Willey and Sons Inc, New York.

Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations* 3rd edition. Prentice Hall of India, New Delhi.

Haryanti, F. 2011. *Perancangan Pabrik Heksamina Dari Amonia dan Formalin dengan Kapasitas 20.000 ton/tahun*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Hesse, H. C. 1945. *Process Equipment Design*, 1st edition. D. Van Nostrand Company, United States of America.

Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*, 1st edition. McGraw-Hill Book Company, Singapore.

McCabe, W. L. Smith, J. C. dan Harriot, P. 1985. *Unit Operations of Chemical Engineering*, 4th edition, McGraw-Hill Book Company, New York.

Othmer, K.E. R. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 9 edition. John Wiley and Sons Inc, New York.

Perry, J. H. 1997. *Perry's Chemical Handbook* 7th edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York.

Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1981. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd edition, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, 1st edition. John Wiley & Sons. United States of America.

Urbanski, T. 1967. *Chemistry and Technology of Explosives*, Vol III. Polish Scientific Publishers, Warsaw.

Vilbrandt, F.C. dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*, 4th edition. McGraw-Hill Book Company, Tokyo

<http://www.surat kabar.com/domain/peledakRDX/htm>

<http://www.hnsa.com/html>

<http://en.wikipedia.org/RDX/htm>

<http://www.tempointeractive.com/index.id.php/htm>