

**PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN
KAPASITAS 40.000 TON / TAHUN**

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

Nama	: Tulus Adi Wibowo	Nama	: Danang Tri Atmaji
No. Mahasiswa	: 07 521 008	No. Mahasiswa	: 07 521 010

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2012**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN
KAPASITAS 40.000 TON/ TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Danang Tri Atmaji
No. Mahasiswa : 07 521 010

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

Yogyakarta, April 2012

Tim Penguji,

Diana, ST., M.Sc
Ketua

Dra., Hj. Kamariah Anwar, MS.
Anggota I

Asmanto Subagyo, M.Sc.
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dra. Hj. Kamariah Anwar, MS.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN
KAPASITAS 40.000 TON/ TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Tulus Adi Wibowo
No. Mahasiswa : 07 521 008

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

Yogyakarta, April 2012

Tim Penguji,

Diana, ST., M.Sc
Ketua

Dra., Hj. Kamariah Anwar, MS.
Anggota I

Asmanto Subagyo, M.Sc.
Anggota II



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



Dra. Hj. Kamariah Anwar, MS.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *ANILIN* DENGAN HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN KAPASITAS 40.000 TON / TAHUN

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama	: Tulus Adi Wibowo	Nama	: Danang Tri Atmaji
No. Mahasiswa	: 07 521 008	No. Mahasiswa	: 07 521 010

Yogyakarta, Maret 2012

Pembimbing,

Diana, ST., M.Sc.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN
KAPASITAS 40.000 TON/ TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tulus Adi Wibowo
No. Mahasiswa : 07 521 008

Nama : Danang Tri Atmaji
No. Mahasiswa : 07 521 010

Yogyakarta, April 2011

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.
Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tulus Adi Wibowo

Danang Tri Atmaji

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 40.000 TON/TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Bapak Gumbolo HS, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dra., Hj. Kamariah Anwar, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Diana, ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Asmanto Subagyo, M.Sc dan Ibu Dra., Hj. Kamariah Anwar, MS selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran dan masukan dalam Tugas Akhir ini.
6. Keluarga yang selalu memberikan dorongan semangat dan motivasi, terlebih anggaran selama mengenyam pendidikan S1 Teknik Kimia di UII.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman – teman Teknik Kimia '07 yang selalu mencerahkan hati dan pikiran dikala gundah.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

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

Wassalamu'alaikum Wr.,Wb.

Yogyakarta, April 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar judul tugas akhir pra rancangan pabrik.....	i
Lembar pernyataan keaslian pra rancangan pabrik.....	ii
Lembar pengesahan dosen pembimbing.....	iii
Lembar pengesahan penguji	iv
Kata pengantar	v
Daftar isi.....	vii
Daftar tabel	ix
Daftar gambar	xi
Abstract.....	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	2
 BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Produk.....	14
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	14
2.3 Pengendalian Kualitas	15
 BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 Uraian Proses.....	18
3.2 Spesifikasi Alat / Mesin Produk.....	21

3.3 Perencanaan Produksi	39
--------------------------------	----

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik.....	44
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	46
4.3 Tata Letak Alat Proses	48
4.4 Alir Proses dan Material.....	51
4.5 Pelayanan Teknik (<i>Maintenance dan Utilitas</i>).....	64
4.6 Organisasi Perusahaan.....	89
4.7 Evaluasi Ekonomi	110

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	125
5.2 Saran.....	126

DAFTAR PUSTAKA	xiii
-----------------------------	-------------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Proses Pembuatan Anilin	8
Tabel 3.1 Kebutuhan Anilin di Indonesia.....	39
Tabel 3.2 Pabrik Nitrobenzen di dunia.....	41
Tabel 3.3 Data pabrik penghasil Anilin di dunia.....	41
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	48
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	51
Tabel 4.3 Neraca Massa Tee-01.....	51
Tabel 4.4 Neraca Massa Tee-02.....	52
Tabel 4.5 Neraca Massa Tee-03.....	52
Tabel 4.6 Neraca Massa Tee-04.....	53
Tabel 4.7 Neraca Massa Vaporizer dan Separator 01.....	54
Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor.....	54
Tabel 4.9 Neraca Massa Separator 02.....	55
Tabel 4.10 Neraca Massa Menara Distilasi 01	55
Tabel 4.11 Neraca Massa Menara Distilasi 02.....	56
Tabel 4.12 Neraca Panas di Vaporizer.....	57
Tabel 4.13 Neraca Panas Separator 01.....	57
Tabel 4.14 Neraca Panas Reaktor.....	57
Tabel 4.15 Neraca Panas di Flash Drum (S-02).....	58
Tabel 4.16 Neraca Panas di Menara Distilasi 01.....	58
Tabel 4.17 Neraca Panas di Menara Distilasi 02.....	59

Tabel 4.18 Neraca Panas di Kompresor (C-01).....	59
Tabel 4.19 Neraca Panas di Heat Exchanger 01.....	60
Tabel 4.20 Neraca Panas di Heat Exchanger 02.....	60
Tabel 4.21 Neraca Panas di Heat Exchanger 03.....	60
Tabel 4.22 Neraca Panas di Heat Exchanger 04.....	61
Tabel 4.23 Neraca Panas di Heat Exchanger 05.....	61
Tabel 4.24 Kebutuhan Air Pendingin.....	73
Tabel 4.25 Kebutuhan Air untuk Steam.....	73
Tabel 4.26 Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi.....	74
Tabel 4.27 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	77
Tabel 4.28 Jumlah <i>Lumen</i> berdasarkan luas bangunan.....	80
Tabel 4.29 Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	82
Tabel 4.30 Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i>	103
Tabel 4.31 Jumlah Karyawan Menurut Jabatannya.....	106
Tabel 4.32 Perincian Golongan dan Gaji Karayawan.....	108
Tabel 4.33 Indeks Harga Alat.....	114
Tabel 4.34 Modal Tetap.....	118
Tabel 4.35 Modal Kerja.....	119
Tabel 4.36 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	119
Tabel 4.37 <i>Indiirect Manufacturing Cost</i>	120
Tabel 4.38 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	120
Tabel 4.39 <i>General Expanse</i>	121
Tabel 4.40 Analisis Kelayakan.....	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Proyeksi Kebutuhan Anilin di Indonesia.....	40
Gambar 4.1	Peta Lokasi Pabrik Anilin.....	44
Gambar 4.2	Tata Letak Pabrik Anilin.....	47
Gambar 4.3	Tata Letak Peralatan.....	50
Gambar 4.4	Diagram Alir Kualitatif.....	62
Gambar 4.5	Diagram Alir Kuantitatif.....	63
Gambar 4.6	Skema Pengolahan Air Sungai.....	72
Gambar 4.7	Skema Pengolahan Limbah dengan Metode biodegradasi..	88
Gambar 4.8	Struktur Organisasi Pabrik Anilin.....	93
Gambar 4.9	<i>Chemical Engineering Cost Index</i>	116
Gambar 4.10	Grafik Analisis Kelayakan.....	124

ABSTRACT

Aniline prepared by reacting hydrogen with nitrobenzen at a temperature of 270 ° C and pressure of 2.3 atm in a *fluidized bed* reactor at isothermal conditions. Nitrobenzen mole ratio: moles of hydrogen is 1: 6. reaction that occurs is exothermic, so as to maintain the temperature of the reactor flow used cooling in the *coil*. Coolant used is DOWTHERM A.

Aniline plant was designed with a capacity of 40,000 tons / year. The raw material required is nitrobenzen 99.8% as much weight tons / year and as much pure hydrogen ton / year. The resulting product of aniline with a purity of 99.94% with the impurity of benzene, water and nitrobenzen. The factory location is planned in Cilegon, Banten and built on land with an area of 20,000 m². plant operates 24 hours and 330 days per year. The amount of labor as much as 180 people.

Existing process equipment such as a *vaporizer*, *separator*, *pump*, *fluidized bed reactors*, distillation towers, and *heat exchanger*.

Support unit was established to support the production process consisting of units of water, *steam*, electricity, fuel supply, and sewage treatment units. That the quality of raw material and product quality under control, then the existence of the laboratory is needed.

The results of the economic analysis of the obtained aniline plant that total capital investment (TCI) of Rp. 517 833 815 122, - and the total cost of production (*Production Cost*) Rp. 1 068 132 870 317, -. Feasibility analysis of the results obtained from the ROI before taxes 52.20% and 39.15% after tax. POT before tax and after tax 1.6 years 2 years, BEP 53.12%, SDP 41.01% and DCF of 29.52%. On economic analysis has been done, it can be concluded that the establishment of aniline plant with a capacity of 40,000 tons / year can be considered for development is realized.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era industrialisasi, pertumbuhan industri di Indonesia khususnya industri kimia, dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Seiring dengan peningkatan tersebut, maka kebutuhan akan bahan baku industri, bahan-bahan kimia maupun tenaga kerja juga akan semakin meningkat. Salah satu bahan baku yang diperlukan itu adalah anilin dan *derivative*-nya.

Anilin merupakan salah satu senyawa intermediate yang digunakan secara luas di berbagai industri kimia dewasa ini, karena itu kebutuhan akan anilin akan meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan program pemerintah dalam pengembangan industri hilir dimana kebutuhannya baru dapat dipenuhi dengan import dari Negara-negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat, Korea, Belgia, Inggris, Australia, dan Jerman.

Kebutuhan anilin di dunia mengalami peningkatan sebesar 4,6% dari 2,117 million ponds di tahun 2004 menjadi 2,210 million ponds di tahun 2005 dan mengalami peningkatan 4,2% sampai tahun 2008.

(www.the-innovation-group.com)

Sedangkan Indonesia sendiri, pada tahun 2008 mengimpor anilin sejumlah 26.822,2 ton dan pada tahun 2015 diperkirakan sejumlah 31.324 ton. Anilin tersebut banyak digunakan di berbagai industri.

Dengan didirikannya pabrik anilin dengan kapasitas 40.000 ton/tahun di tahun 2015, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan anilin di Indonesia dan sebagian di ekspor ke luar negeri. Di samping itu, dengan adanya pabrik anilin dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan memicu berdirinya pabrik lain yang menggunakan bahan baku anilin. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka pabrik anilin ini layak didirikan di Indonesia.

1.1. Tinjauan Pustaka

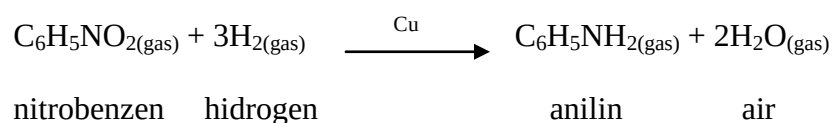
1.1.1. Macam-macam Proses

Anilin dapat diproduksi dengan beberapa macam proses, antara lain :

1. Proses Hidrogenasi Nitrobenzen Fase Uap

Proses hidrogenasi nitrobenzen fase uap adalah proses pembuatan anilin dari nitrobenzen uap yang direaksikan dengan gas hidrogen pada suhu 270°C.

Reaksi :



Sebelum masuk reaktor, nitrobenzen terlebih dahulu diumpankan ke vaporizer untuk diuapkan. Nitrobenzen dalam fase uap meninggalkan vaporizer dan dicampur dengan gas H₂ 200% berlebih. Campuran kemudian masuk ke reaktor *Fluidized bed* yang mengandung katalis *silica supported copper*. Reaksi terjadi pada suhu 270°C dan tekanan 2,3 atm dengan waktu kontak relatif pendek.

Pada proses ini nitrobenzen cair direaksikan dengan gas hidrogen dan dengan adanya asam klorida serta *cast-iron borings* atau *powder* yang bebas dari minyak dan logam *non ferrous*. *Cast iron*, air dan katalis ditambahkan secara bertahap dalam jumlah relatif sedikit ke dalam nitrobenzen. Biasanya 10 – 20% dari *total iron* ditambahkan pada permulaan dan campuran dipanaskan dengan menggunakan *steam* sampai suhu 200°C.

Air dibutuhkan pada reaksi ini pada umumnya dalam bentuk anilin-air dari *recovery* separator maupun kolom distilasi dan ditambahkan ke dalam reaktor. Kurang lebih 30% HCl ditambahkan sebagai katalis. Asam akan bereaksi dengan iron membentuk garam besi.

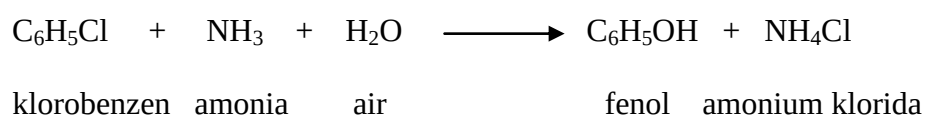
Selanjutnya hasil reaksi dipisahkan melalui tahap pemisahan dan pemurnian. Campuran air–anilin dipisahkan dari *ironoxide–ironhydroxide sludge* dengan menggunakan metode *steam destilation*, *vacum destilation*, filtrasi, centrifugasi ataupun siphoning. Setelah itu, campuran air–anilin dialirkan ke separator dimana anilin sebagai fraksi berat dipisahkan dari air. Lapisan atas yang masih mengandung 3 – 5% selanjutnya didistilasi sampai kadarnya rendah. Residu anilin–air dikembalikan ke reaktor anilin di distilat kemudian dipisahkan dengan dekantasi dan lapisan air diredistilasi. Prosedur alternatif yang lain adalah dengan ekstraksi anilin–air dengan menggunakan nitrobenzen.

Proses aminasi klorobenzen adalah proses pembuatan anilin dengan mereaksikan klorobenzen dengan amonia cair.

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}_{(\text{aq})} + \text{NH}_{3(\text{aq})} \xrightarrow{\text{CuO}} \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_{2(\text{aq})} + \text{HCl}_{(\text{aq})}$$

klorobenzen amonia anilin asam klorida

Proses pembuatan anilin dengan metode ini juga menghasilkan reaksi samping dan untuk mengurangi reaksi samping tersebut digunakan larutan amonia yang berlebih. Reaksi samping yang terjadi adalah :



Produk reaksi selanjutnya didinginkan sampai suhu 100°C dan dialirkan ke separator untuk memisahkan amonia dan komponen lain. Larutan yang bebas amonia dialirkan menuju *absorption* dan *condensing system recovery*. Anilin berada di lapisan bawah dan air berada di lapisan atas. Lapisan bawah mengandung 82% anilin, 5% phenol dan 1% diphenilamin. Sedangkan lapisan atas terdiri dari 5% anilin, 0,5% phenol, 9% NH_4Cl , 3% *cuprous oxide* dan sekitar 14% amonia. Lapisan air yang berada di atas selanjutnya dialirkan menuju *netralizer* dimana akan dinetralkan menggunakan *sodium hydroxide* atau *lime*. Sedangkan lapisan bawah yang mengandung anilin-air dipisahkan melalui dekantasi. Larutan residu yang terdiri dari *sodium phenate* dan *sodium chloride* difiltrasi untuk menghilangkan *copper oxide*.

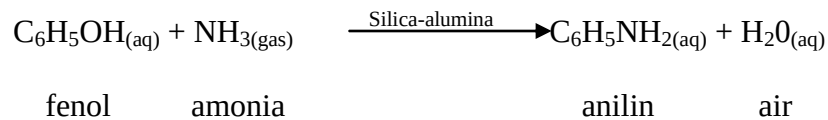
Lapisan anilin dari bagian bawah separator dinetralkan dengan *sodium hydroxide* 50%. Campuran selanjutnya didistilasi. Hasil bawah distilasi adalah diphenilamin dan untuk merecovery phenol menggunakan *acidifier*. Yield yang diperoleh dari proses ini 85 – 90% terhadap klorobenzen.

4. Proses amonia dengan phenol

Pada reaksi amonia dengan phenol merupakan proses pembuatan anilin dengan mereaksikan amonia dengan phenol cair, sebelum direaksikan di dalam reaktor, amonia dan phenol cair

dipanaskan terlebih dahulu dengan *preheater*. Reaksi berlangsung pada suhu 460°C dan tekanan 16 atm.

Reaksi :



Campuran uap masuk reaktor katalitik *fixed bed*, lalu anilin dan air dihasilkan melalui reaksi *ammonolysis*. Keluar reaktor dalam keadaan *partial condensed*. Sedangkan amonia yang tak terkonversi dikompres lalu direcycle. Air hasil reaksi dihilangkan dari *crude aniline* dengan distilasi. Produk anilin dengan kemurnian tinggi direcover melalui destilasi dari fraksi yang lebih berat.

Kunci dari proses ini adalah katalis *silica-alumina* hasil pengembangan Halcon yang dapat mempertinggi yield phenol dan amonia secara kuantitatif sehingga purifikasi berjalan sederhana namun produk dengan kemurnian tinggi jarang di dapat.

(Othmer, 1997)

Dari proses yang telah diuraikan sebelumnya dapat dibuat tabel perbandingan dari keempat macam proses tersebut.

Tabel 1.1 Perbandingan proses Pembuatan Anilin

Parameter	Hidrogenasi Nitrobenzena	Reaksi Larutan	Aminasi klorobenzena	Reaksi amonia dengan phenol
Proses				
-Bahan baku	-Nitrobenzen -Hidrogen	-Nitrobenzen -Hidrogen	-Klorobenzen -Amonia	-Phenol Amonia
-Bahan pembantu	-Cooling Water -Steam	-Cooling Water -Steam	-Cooling Water -Steam	-Cooling Water -Steam
-Impuritas	Sedikit	Banyak	Banyak	Banyak
-By product	Tidak ada	Larutan HCL	Tidak ada	Diphenilamine
-Yield	99 %	95 %	85 – 90 %	85 %
Kondisi				
-Tekanan	2,3 atm	12,3 atm	57,8 atm	16,0 atm
-Suhu	270 °C	200 °C	220 °C	450°C

Berdasarkan uraian-uraian tersebut dapat dilihat proses pembuatan anilin yang paling menguntungkan adalah proses hidrogenasi nitrobenzen fase uap. Sehingga dalam prarancangan ini dipilih proses pembuatan anilin dengan hidrogenasi nitrobenzen fase uap karena menghasilkan yield yang tinggi dengan impuritas yang sedikit dan tidak ada hasil sampingnya.

1.1.2. Kegunaan Produk

Penggunaan anilin di Indonesia dapat dikatakan sebagai pemenuhan bahan kimia menengah. Hal ini akan lebih jelas lagi jika ditinjau dari kegunaan anilin sebagai bahan dalam pembuatan:

- *Rigid polyurethanes* dan *reaction injection model* (RIM)
- *Accelerator* meliputi *mercapto benzenatole*
- Industri karet sintetis
- Industri *pharmaceutical*, khususnya dalam pembuatan *sulfachugs* dan *sweetening agent* sintetik
- Industri kimia fotografi
- Resin dari anilin
- Bahan *corrosion inhibitor*

Berbagai turunan anilin penting untuk industri tekstil, kertas, industri metalurgi, penyediaan *surfactant* untuk *cat* serta *stabilizer* pestisida. Sehingga dilihat dari seluruh kegunaannya, penggunaan anilin cukup mendukung operasional industri kimia di Indonesia.

(Othmer, 1997)

1.1.3. Sifat Fisik dan Kimia

A. Sifat fisik dan kimia bahan baku

1. Nitrobenzen ($C_6H_5NO_2$)

Sifat fisis

- Berat molekul : 123,111 gram/mol

- Temperature kritis : 719 K
- Tekanan kritis : 44 bar
- Volum kritis : 349 cm³/mol
- Titik lebur : 278,91 K
- Titik didih : 483,95 K
- IG *heat of formation* : 67,5 kJ/mol
- IG *Gibbs of formation* : 158 kJ/mol
- *Specific gravity* : 1,2007

(Yaws, 1997)

Sifat Kimia

- Nitrobenzen merupakan pelarut yang baik.
- Nitrobenzen larut pada pelarut organik dengan baik, larut pada air dengan tingkat kelarutan 0,19% pada 20°C.
- Reaksi pada nitrobenzen berupa reaksi substitusi pada cincin aromatik dan pada rantai nitro.
- Reduksi nitrobenzen dengan pereduksi Sn dan H₂O menghasilkan *n-phenyl-hydroxilamine* dan dengan pereduksi Sn dan HCl menghasilkan anilin.
- Kondensasi Nitrobenzen dengan *n-Phenylhidroxilamine* dengan pereduksi Na₂AsO₃ menghasilkan *azoxybenzene*.
- Reduksi *azoxybenzene* dengan pereduksi Zn dan NaOH menghasilkan azobenzen dan hidrazobenzen.

(Othmer, 1997)

2. Hidrogen (H₂)

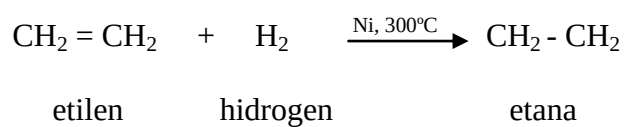
Sifat Fisis

- Berat molekul : 2,061 gram/mol
- Temperature kritis : 33,18 K
- Tekanan kritis : 13,13 bar
- Volum kritis : 64,2 cm³/mol
- Titik didih : 20,39 K
- Panas penguapan : 903,7633 kJ/mol
- *Specific gravity* 60 F : 0,07

(Yaws,1997)

Sifat Kimia

Hidrogen banyak digunakan dalam proses hidrogenasi, misalnya hidrogenasi etilen menjadi etana. Reaksinya sebagai berikut :



(Othmer, 1997)

B. Sifat fisika dan Kimia Produk

Anilin (C₆H₇N)

Sifat fisis

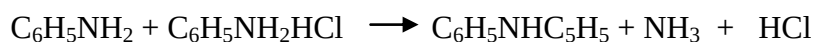
- Berat molekul : 93,128 gram/mol
- Temperature kritis : 699 K
- Tekanan kritis : 53,09 bar

- Volum kritis : 270 cm³/mol
- Titik lebur : 267,13 K
- Titik didih : 457,6 K
- IG *heat of formation* : 86,86 kJ/mol
- IG *Gibbs of formation* : 166,69 kJ/mol
- Panas penguapan : 41,84 kJ/mol
- *Specific gravity* 60 F : 1,023553

(Yaws, 1997)

Sifat kimia

- Anilin larut pada pelarut organik dengan baik, larut pada air dengan tingkat kelarutan 3,5% pada 25°C.
- Anilin adalah basa lemah ($K_b = 3,8 \times 10^{-10}$).
- Halogenasi senyawa anilin dengan brom dalam larutan sangat encer menghasilkan endapan 2,4,6 tribromanilin, sedang halogenasi dengan klorin menghasilkan trikloroanilin.
- Pemanasan anilin hidroklorid dengan senyawa anilin sedikit berlebihan pada tekanan 6 atm menghasilkan senyawa diphenilamida.



anilin anilin hidroklorid diphenilamida amonia asamklorida

- Hidrogenasi katalitik pada fase cair pada suhu 140 °C dan tekanan 250 atm menghasilkan 80% *cyclohexamine* ($\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NH}_2$).

Sedangkan hidrogenasi anilin pada fase uap dengan menggunakan katalis nikel menghasilkan *diclorohexamine*.

- Nitration aniline with nitric acid at -20 °C yields mononitroaniline, and nitration of aniline with liquid nitrogen oxide at 0 °C yields 2,4 dinitrophenol.
- Aniline reacts with glycerol to form *quinoline* in the presence of nitrobenzene and sulfuric acid.
- Aniline reacts with hydrogen peroxide and *acetonitrile* in methanol solution to form *azoxybenzene*.
- Hydrogenation of aniline with bromine yields 2,4,6 tribromoaniline.

(Othmer, 1997)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

- Anilin
 - Rumus Molekul : C_6H_7N
 - Berat Molekul : 93,128 gram/mol
 - Wujud : Cair
 - Titik Didih : 457,6 K
 - Kemurnian : 99,5 %
 - Impuritas : 0,05 % H_2O
2 ppm $C_6H_5NO_2$

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

- Nitrobenzen
 - Rumus Molekul : $C_6H_5NO_2$
 - Berat Molekul : 123,111 gram/mol
 - Wujud : Cair
 - Titik Didih : 483,95 K
 - Kemurnian : 99,8 %
 - Impuritas : 0,1 % H_2O
0,1 % C_6H_6

- Hidrogen

- Rumus Molekul : H_2
- Berat Molekul : 2,016 gram/mol
- Wujud : Gas
- Titik Didih : 20,39 K
- Kemurnian : min 99,999 %
- Impuritas : max 0,001 % CH_4

2.2.1. Spesifikasi Bahan Pembantu

- Katalis

- Jenis : Silica supported Copper
(10-20 % Cu)
- Wujud : serbuk
- Surface area : $> 200 \text{ m}^2/\text{gram}$
- Pore volume : 0,25
- Average pore diameter : $20 \text{ \AA}$
- Particle diameter : $20 - 150 \text{ }\mu\text{m}$

(U.S patent 2,891,094)

2.3. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Anilin* ini meliputi:

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan - bahan pembantu untuk proses pembuatan *Anilin* di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

Bahan-bahan tersebut antara lain :

- ❖ *Dowtherm A*, sebagai pendingin di rector.
- ❖ Air, untuk keperluan utilitas, pendingin dan pemanas.

- ❖ Kapur, sebagai untuk mengurangi/menghilangkan kesadahan karbonat dalam air.
- ❖ Tawas, diumpankan ke tangki fluktuator sebagai koagulan.
- ❖ Pasir, sebagai penyaring di Bak Saringan Pasir.
- ❖ Kaporit, sebagai bahan pembuat larutan desinfektan untuk keperluan rumah tangga.
- ❖ Resin, sebagai pengisi di kation dan anion exchanger.
- ❖ Larutan H_2SO_4 , untuk meregenerasi kation exchanger.
- ❖ Larutan $NaOH$, untuk meregenerasi anion exchanger.
- ❖ *Diesel oil* (Solar), sebagai bahan bakar diesel (Genzet).

c. Pengendalian Kualitas Bahan selama Proses

Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengendalian/pengawasan bahan selama proses berlangsung. Pengendalian tersebut meliputi jumlah Nitrobenzen, Hidrogen, dan perbandingan Nitrobenzen/Hidrogen.

d. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi *Anilin*. Pengendalian Kualitas Produk pada Waktu Pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain). Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama *Anilin* pada saat akan dipindahkan dari *storage tank* ke mobil tangki.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Secara umum reaksi pembuatan anilin dari nitrobenzen dan gas hidrogen dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

- a. Tahap penyiapan bahan baku
- b. Tahap pengolahan
- c. Tahap pemurnian produk (*finishing*)

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Nitrobenzen cair dengan kemurnian 99,8 % dari tangki T-01 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan dengan menggunakan pompa (P-01) menuju HE-01. Pada HE-01, nitrobenzen berfungsi sebagai fluida pendingin bagi gas produk keluaran reaktor. Suhu nitrobenzen keluar HE-01 adalah 212,14°C.. Selanjutnya nitrobenzen keluaran HE-01 dan hasil bawah MD-02 dialirkan menggunakan pompa (P-03) dan bertemu dengan arus *recycle* dari separator (S-01) vaporizer (V-01) untuk diuapkan.

Hasil yang terbentuk dialirkan menuju separator (S-01) untuk ditampung dan dipisahkan antara uap yang terbentuk dan yang masih berwujud cairan. Cairan diumpankan kembali menuju vaporizer sebagai

arus recycle dan uap yang telah dipisahkan selanjutnya dialirkan menuju HE-02.

Gas hidrogen dari tangki penyimpanan T-02 pada kondisi operasi 14 atm dan suhu 30°C diekspansi menjadi 2,35 atm menggunakan Gas Expander (GE-01) dan kemudian dialirkan menuju HE-03 bersama dengan arus gas hidrogen dari flash drum (S-02). Arus gas keluaran HE-02 dan HE-03 bercampur menuju reaktor (R-01) sebagai umpan masuk.

a. Tahap Pengolahan

Bahan baku nitrobenzen dan gas hidrogen masuk reaktor *fluidized bed* dalam fase gas dan dengan 200% gas hidrogen berlebih. Reaktor beroperasi isothermal 270°C dan tekanan 2,3 atm dan katalis yang digunakan Cu dalam silica (silica-supported copper catalyst). Yield yang diperoleh adalah 99% terhadap nitrobenzen.

Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, sehingga untuk mempertahankan kondisi isothermal, perlu dilakukan pengambilan panas. Panas yang dihasilkan dari reaksi diserap oleh media pendingin berupa dowertherm A yang melewati *internal coil*.

c. Tahap Pemurnian Produk (finishing)

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk dengan sisa reaktan maupun impuritas lain sehingga diperoleh spesifikasi produk yang

dinginkan. Pada tahap ini juga dilakukan penyesuaian kualitas produk yang dihasilkan dengan produk serupa yang ada di pasaran.

Gas produk keluaran reaktor pada kondisi 270°C dan tekanan 2,23 atm. Selanjutnya gas tersebut didinginkan di HE-01 dengan fluida pendingin nitrobenzen fresh feed sampai suhu 166,6°C. Dari HE-01, gas selanjutnya dialirkan menuju flash drum (SP-02) untuk dikondensasikan dan sekaligus didinginkan. Gas hidrogen adalah *non condensable gas*, sehingga yang terkondensasi hanya komponen selain gas hidrogen. Keluar dari SP-02. Gas hidrogen selanjutnya dialirkan menuju HE-03.

Hasil bawah dari SP-02 selanjutnya dialirkan dengan pompa (P-05) menuju HE-04 untuk dipanaskan sampai suhu 119,7°C. Pemanas yang digunakan adalah saturated steam pada tekanan 7.446,1 psi. tahap pemurnian selanjutnya adalah proses distilasi. Keluar HE-04, aliran menuju MD-01 untuk memisahkan air dan anilin. Produk atas yang sebagian besar air dibuang dan produk bawah yang sebagian besar anilin selanjutnya didistilasi lagi untuk memperoleh spesifikasi produk yang sesuai dengan pasar. Produk bawah MD-02 yang berupa campuran anilin, nitrobenzen, dan benzen dialirkan dengan pompa (P-12) kembali sebagai arus recycle. Produk atas yang berupa anilin yang komposisinya sudah memenuhi kriteria, selanjutnya didinginkan di HE-05 sampai suhu 35°C. Anilin yang sudah memenuhi spesifikasi produk tersebut, kemudian disimpan dalam tangki T-03 dan siap untuk dipasarkan.

3.2. Spesifikasi Alat/Mesin Produk

Tangki

a. Tangki Nitrobenzen

Kode	: T – 01
Fungsi	: Menyimpan bahan baku nitrobenzen selama 30 hari
Tipe	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas <i>conical roof</i> .
Jumlah	: 4 buah
Kondisi operasi	
• Suhu	: 30 °C
• Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 2.375,7795 m ³
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 grade C
Dimensi	
• Diameter	: 15,2400 m
• Tinggi	: 7,3152 m
• Tebal	
▪ <i>Course 1</i>	: 0,9375 inchi
▪ <i>Course 2</i>	: 0,8750 inchi
▪ <i>Course 3</i>	: 0,7500 inchi
▪ <i>Course 4</i>	: 0,6875 inchi
• Tebal <i>head</i>	: 3/8 inchi
• Tinggi <i>head</i>	: 1,3076 m

- Tinggi total : 8,6228 m

b. Tangki Hidrogen

Kode : T – 02

Fungsi : Menyimpan bahan baku hidrogen selama 2 hari

Tipe : Tangki bola (*spherical vessel*)

Jumlah : 4 buah

Kondisi operasi

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 14 atm

Kapasitas : 15.783,2394 m³

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

- Diameter : 19,6089 m
- Tebal *shell* : 4 inchi

c. Tangki Anilin

Kode : T – 04

Fungsi : Menyimpan produk anilin selama 7 hari

Tipe : Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*)
dan bagian atas *conical roof*

Jumlah : 3 buah

Kondisi operasi

- Suhu : 40 °C

- Tekanan : 1 atm
- Kapasitas : 1.781,1267 m³
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Dimensi

- Diameter : 15,2400 m
- Tinggi : 5,4864 m
- Tebal
 - *Course 1* : 0,0079 inchi
 - *Course 2* : 0,0079 inchi
 - *Course 3* : 0,0063 inchi
- Tebal *head* : 0,0048 inchi
- Tinggi *head* : 3,0547 m
- Tinggi total : 8,5411 m

Separator

a. Separator 1

- Kode : S – 01
- Fungsi : Memisahkan fase *liquid* produk *vaporizer* dengan fase gasnya
- Tipe : *Vertikal drum separator*
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*
- Kondisi operasi
 - Suhu : 251,86 °C

• Tekanan	: 2,4 atm
• L / V	: 0,25
Kapasitas	: 1012,8030 m ³
Dimensi	
• Diameter	: 0,6096 m
• Tinggi	: 2,3054 m
• Tebal <i>shell</i>	: 3/16 inchi
• Tipe <i>head</i>	: <i>Torispherical Dished Head</i>
• Tebal <i>head</i>	: 1/4 inchi
• Tinggi <i>head</i>	: 0,1496 m
Lokasi feed masuk	: 18 inchi diatas permukaan cairan

b. Separator 2

Kode	: S – 02
Fungsi	: memisahkan gas Hidrogen untuk di <i>recycle</i> kembali ke reaktor
Tipe	: <i>Vertikal Flash Drum</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi Operasi	
• Suhu	: 70,88 °C
• Tekanan	: 1,2 atm
Kapasitas	: 3,0956 m ³
Dimensi	

- Diameter : 0,9652 m
- Tinggi : 4,8520 m
- Tebal *Shell* : 7 3/8 inchi
- Tipe *head* : *flanged and standar dished head*
- Tebal *Head* : 7 3/8 inchi
- Tinggi *Head* : 0,3095 m

Lokasi feed masuk : 51,3148 inchi di atas permukaan cairan

Reaktor

Kode : R – 01

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi gas-gas katalis padat

Jenis : *Fluidized bed* dengan siklon internal dan dilengkapi dengan koil pendingin

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

Kondisi operasi

- Tekanan : 2,3 atm
- Suhu : 270 °C

Dimensi

- Diameter (Dt) : 2,1534 m
- Diameter *freeboard* (Df) : 12,7339 m
- *Transport Disengaging Height* (TDH) : 5,3834 m
- Tinggi *freeboard* : 4,6165 m
- Tebal reaktor : 1 1/8 inchi

- Tipe *Head* : *elliptical dished head*
- Tinggi *head* bawah : 0,5922 m
- Tinggi *head* atas : 3,5018 m
- Tebal *head* : 1 1/8 inchi
- Tinggi reaktor total : 15,9949 m

Dimensi koil pendingin

Digunakan stainless steel tube 2 inch schedule 40, dengan spesifikasi :

- OD : 4 ½ inchi
- ID : 3,1520 inchi

	Satuan	Koil 1	Koil 2
Diameter helix	Ft	5,6520	4,2390
Panjang koil	Ft	301,8220	292,8797
Jarak antar koil	Ft	0,16	0,08
Jumlah lilitan	Lilitan	17	22
Tinggi koil	Ft	6,0916	6,1233
Volume koil	Ft ³	9,3196	9,0435

Menara Distilasi

a. Menara Distilasi 1

- Kode : MD – 01
- Fungsi : Untuk memisahkan air dengan anilin
- Tipe : Menara distilasi dengan *plate*

Spesifikasi :

1. Kondisi operasi

- Tekanan : 1,2 atm
- Suhu : 120 °C

2. Kolom / shell

- Diameter : 1,1015 m
- Tinggi : 16,6323 m
- Tebal bagian atas : 3/8 inchi
- Tebal bagian bawah : 13/16 inchi
- Material : *carbon steel SA 283 grade C*

3. Head

- Tipe : torispherical dished head
- Tebal bagian atas : 3/16 inchi
- Tinggi bagian atas : 0,2790 m
- Tebal bagian bawah : 4/16 inchi
- Tinggi bagian bawah : 0,2806 m
- Material : *Carbon steel SA-283 grade C*

4. Isolasi

- Tebal isolasi : 0,2533 m
- Material : Asbestos

5. Plate

- Tipe : *sieve*
- Jumlah *plate* : 22 (tanpa reboiler)

- *Plate spacing* : 0,45 m
- *Feed plate* : Plate ke-13
- *Material* : *Carbon steel SA-283 grade C*

b. Menara Distilasi 2

- Kode : MD – 02
- Fungsi : Untuk memisahkan produk (anilin) dengan nitrobenzen
- Tipe : Menara distilasi dengan *plate*

Spesifikasi :

1. Kondisi operasi

- Tekanan : 1,4 atm
- Suhu : 198 °C

2. Kolom / shell

- Diameter : 1,5076 m
- Tinggi : 41,05 m
- Tebal bagian atas : 1 ¼ inchi
- Tebal bagian bawah : 1 ½ inchi
- Material : *Carbon steel SA-283 grade C*

3. Head

- Tipe : *torispherical dished head*
- Tebal bagian atas : 3/16 inchi

- Tinggi bagian atas : 0,33 m
- Tebal bagian bawah : $\frac{1}{4}$ inchi
- Tinggi bagian bawah : 0,33 m
- Material : *Carbon steel SA-283 grade C*

4. Isolasi

- Tebal isolasi : 0,3848 m
- Material : Asbestos

5. Plate

- Tipe : *Sieve*
- Jumlah *plate* : 73 (tanpa reboiler)
- *Plate spacing* : 0,45 m
- *Feed plate* : Plate ke-68
- Material : *Carbon steel SA-283 grade C*

Vaporizer

- Kode : V - 01
- Fungsi : Menguapkan umpan reaktor
- Tipe : *Shell and tube*
- Jumlah : 1
- Duty* : 6.384.617,737 kJ/jam
- Luas transfer panas : 1082,67 ft²

Spesifikasi

Tube side

- Fluida : *Saturated steam*
- Suhu : 563,15 K (554 °F)
- Kapasitas : 9.525,9913 lb/jam
- OD *tube* : $\frac{3}{4}$ inchi
- BWG : 16
- Susunan : *triangular*
- *Pitch* : $\frac{15}{16}$ inchi
- Panjang : 16 ft
- Jumlah *tube* : 239
- *Passes* : 1
- Material : carbon steel

Shell side

- Fluida : Nitrobenzene
- Suhu : 485,45 K
- ID *shell* : 17,25
- Jarak *baffle* : 0,31 ft
- *Passes* : 1
- Material : Carbon Steel

Kompresor

Kode	: C-01
Fungsi	: Menaikkan tekanan gas hidrogen keluaran FD yang menuju reaktor dari 1,2 atm menjadi 2,35 atm
Tipe	: <i>sentrifugal single stage</i> dengan penggerak motor listrik
Jumlah	: 3 buah
Power	: 19,12 HP
Efisiensi	: 87 %

HEAT EXCHANGER**a. Heat Exchanger 1**

Kode	: HE-01
Fungsi	: Untuk mendinginkan gas dari reaktor menuju flashdrum sekaligus memanaskan nitrobenzen fresh feed
Tipe	: <i>shell and tube heat exchanger</i>
Beban panas	: 1.892.470,68 kJ/jam
Luas perp. panas	: 256,76 ft ²
Bahan	: <i>Carbon Steel SA283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah

b. Heat Exchanger 2

Kode	: HE-02
Fungsi	: Untuk memanaskan gas dari vaporizer sebelum masuk reaktor
Tipe	: <i>shell and tube heat exchanger</i>
Beban panas	: 189.781,43 kj/jam
Luas perp. panas	: 256,76 ft ²
Bahan	: <i>Carbon Steel SA283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah

c. Heat Exchanger 3

Kode	: HE-03
Fungsi	: Untuk memanaskan hidrogen sebelum masuk reaktor
Tipe	: <i>shell and tube heat exchanger</i>
Beban panas	: 2.615.643,77 kj/jam
Luas perp. panas	: 562,99 ft ²
Bahan	: <i>Carbon Steel SA283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah

d. Heat Exchanger 4

Kode	: HE-04
Fungsi	: Untuk memanaskan liquid dari Flash drum menuju MD 1

Tipe	: <i>shell and tube heat exchanger</i>
Beban panas	: 497.589,53 kj/jam
Luas perp. panas	: 256,76 ft ²
Bahan	: <i>Carbon Steel SA283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah

e. Heat Exchanger 5

Kode	: HE-05
Fungsi	: Mendinginkan anilin (produk) dari MD-02 ke tangki penyimpanan
Tipe	: <i>shell and tube heat exchanger</i>
Beban panas	: 1516201,84 kj/jam
Luas perp. panas	: 200,226 ft ²
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah

POMPA

a. Pompa 1

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan bahan baku dari pembelian ke tangki penyimpanan bahan baku
Tipe	: <i>Single stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 357,2507 gpm

Motor penggerak : 2,5 HP
 Bahan : Commercial steel
 Jumlah : 1 buah

b. Pompa 2

Kode : P-02
 Fungsi : Mengalirkan Nitrobenzene fresh feed dari Tangki-01
 ke HE-01
 Tipe : *Single Stage Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 27,2047 gpm
 Motor penggerak : 0,5 HP
 Bahan : Commercial steel
 Jumlah : 1 buah

c. Pompa 3

Kode : P-03
 Fungsi : Mengalirkan nitrobenzene fresh feed dari HE-01 ke
 Vaporizer-01
 Tipe : *Single Stage Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 33,0641 gpm
 Motor penggerak : 5 HP
 Bahan : Commercial steel
 Jumlah : 1 buah

d. Pompa 4

Kode	: P-04
Fungsi	: Mengalirkan hasil bawah toluene fase cair dari Separator-01 ke Vaporizer-01
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 8,7085 gpm
Motor penggerak	: 0,17 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

e. Pompa 5

Kode	: P-05
Fungsi	: Mengalirkan produk bawah Separator-02 ke HE-04 dan MD-01
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 322,3946 gpm
Motor penggerak	: 20 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

f. Pompa 6

Kode	: P-06
Fungsi	: Mengalirkan pendingin keluaran CD-01 ke ACC-01

Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 9,6104 gpm
Motor penggerak	: 1 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

g. Pompa 7

Kode	: P-07
Fungsi	: Mengalirkan refluk dari ACC-01 ke MD-01
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 1,5988 gpm
Motor penggerak	: 0,166 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

h. Pompa 8

Kode	: P-08
Fungsi	: Mengalirkan produk keluaran RB-01 ke MD-02
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 31,65 gpm
Motor penggerak	: 0,75 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

i. Pompa 9

Kode	: P-09
Fungsi	: Mengalirkan pendingin keluaran CD-02 ke ACC-02
Tipe	: Single Stage Centrifugal Pump
Kapasitas	: 88,732 gpm
Motor penggerak	: 0,5 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

j. Pompa 10

Kode	: P-10
Fungsi	: Mengalirkan refluk dari ACC-02 ke MD-02
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 57,437 gpm
Motor penggerak	: 10 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

k. Pompa 11

Kode	: P-11
Fungsi	: Mengalirkan aniline dari HE-05 ke T-03
Tipe	: <i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 26,55 gpm

Motor penggerak : 0,34 HP

Bahan : Commercial steel

Jumlah : 1 buah

l. Pompa 12

Kode	: P-12
Fungsi	: Mengalirkan refluks dari Reboiler-02 ke TEE
Tipe	: Single Stage Centrifugal Pump
Kapasitas	: 2,536 gpm
Motor penggerak	: 0,083 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

m. Pompa 13

Kode	: P-13
Fungsi	: Mengalirkan cairan dari tangki penyimpanan produk ke penjualan
Tipe	: Single Stage Centrifugal Pump
Kapasitas	: 26,073 gpm
Motor penggerak	: 0,5 HP
Bahan	: Commercial steel
Jumlah	: 1 buah

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Pemilihan Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas pabrik anilin ini didasarkan dari beberapa pertimbangan, yaitu Proyeksi kebutuhan anilin di Indonesia.

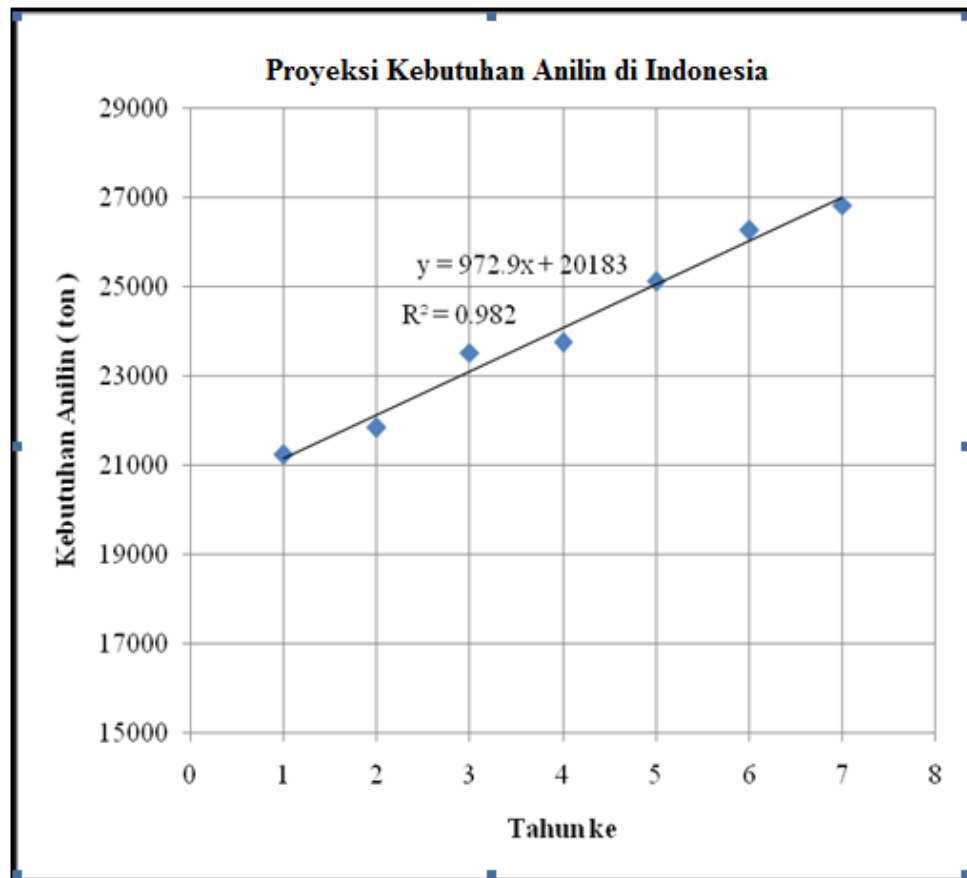
Permintaan akan anilin untuk industri dalam negeri mengalami peningkatan secara kualitatif dari tahun ke tahun. Data mengenai kebutuhan anilin di Indonesia dari tahun ke tahun dapat di lihat dari tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Kebutuhan anilin di Indonesia

Tahun	Tahun ke-	Jumlah impor, ton	Peningkatan (%)
2002	1	21.223,9	-
2003	2	21.835,2	2,880
2004	3	23.519,3	7,713
2005	4	23.750,0	0,983
2006	5	25.107,4	5,713
2007	6	26.264,8	4,610
2008	7	26.822,2	2,122

(Badan Pusat Statistik, 2008)

Sehingga apabila data tersebut diplotkan dalam suatu grafik, maka akan dapat diperkirakan kebutuhan anilin di Indonesia yang terus mengalami peningkatan dari segi kuantitatif. Kurva prediksi kebutuhan anilin di Indonesia dari tahun ke tahun dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 3.1 Proyeksi kebutuhan anilin di Indonesia

Dari grafik tersebut di dapatkan persamaan garis $y = 972,9x + 20183$. Dengan menggunakan persamaan garis tersebut dapat diprediksikan kebutuhan anilin di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 31.324 Ton.

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan anilin yang berupa nitrobenzen cair masih diimpor dari PT. Rubicon, Geismar, La di Amerika dengan kapasitas 1,140 million lb/tahun. Data mengenai produsen, kapasitas dan letak pabrik nitrobenzen di luar negeri dapat di lihat pada tabel 3.2. Sedangkan bahan baku berupa gas hidrogen diperoleh dari PT. Air Liquid yang berlokasi di Cilegon, Banten dengan kapasitas 15.000 Nm³/jam.

Tabel 3.2 Pabrik Nitrobenzen di Dunia

Produsen	Kapasitas, juta lb/tahun
BASF, Geismar, LA	600
Du Pont, Beaumont, Tex	380
First Chemical, Baytown, Tex	340
First Chemical, Pascagoula, Miss	500
Rubicon, Geismar, LA	1.140
Total	2.960

(www.the-innovation-group.com)

Sehingga apabila dilihat dari segi ketersediaan bahan baku, maka bahan baku nitrobenzen cair dan gas hidrogen cukup terpenuhi.

2. Kapasitas minimal pabrik yang telah memproduksi

Data mengenai produsen serta kapasitas penghasil anilin yang telah beroperasi dapat dilihat pada tabel 3.3 .

Tabel 3.3 Data Pabrik penghasil anilin dunia

Produsen	Kapasitas, juta lb/tahun
BASF, Geismar, LA	485
Bayer, New Martinsville, W.Va.	40
Du Pont, Beaumont, Tex	280
First Chemical, Baytown, Tex	250
First Chemical, Pascagoula, Miss	340
Rubicon, Geismar, LA	870
Sunoco, Ironton, Ohio	150
Total	2.385

(www.the-innovation-group.com)

Berdasarkan data data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik anilin yang akan didirikan pada tahun 2015 mempunyai kapasitas 40.000 ton/tahun, karena dimungkinkan pada tahun tersebut juga berdiri pabrik anilin yang lain. Produk anilin tersebut sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya di ekspor.

3.3.2. Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal penting dalam perancangan suatu pabrik karena merupakan salah satu faktor yang menentukan kelangsungan, perkembangan, dan keuntungan pabrik yang akan didirikan secara teknis maupun ekonomis di masa yang akan datang. Oleh karena itu ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain :

1. Sumber bahan baku

Bahan baku merupakan faktor penting dalam penentuan lokasi pabrik. Pabrik sebaiknya didirikan di lokasi dekat dengan sumber bahan baku. Hal ini dapat menghemat biaya transportasi dan penyimpanan bahan baku, dan juga dapat menjaga ketersediaan bahan baku yang berkesinambungan.

2. Pasar

Pabrik yang akan didirikan sebaiknya dekat dengan daerah pemasaran sehingga menghemat biaya transportasi dan memudahkan dalam pengiriman produk ke konsumen.

3. Transportasi

Lokasi pabrik harus dekat dengan fasilitas transportasi sehingga tidak mengalami kesulitan dalam pengangkutan bahan baku maupun produk yang dihasilkan. Sarana transportasi yang diperlukan antara lain jalan raya dan pelabuhan.

4. Tenaga kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan meliputi tenaga kasar (*non skill*) dan tenaga ahli. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam segi tenaga kerja antara lain mudah tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang dibutuhkan, banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan dan tingkat penghasilan tenaga kerja itu sendiri.

5. Utilitas

Sarana penunjang operasi pabrik antara lain air, tenaga listrik dan bahan bakar. Lokasi pabrik yang dekat dengan sarana penunjang operasi tersebut sangat diperlukan untuk menunjang kelancaran operasi pabrik.

BAB IV

4.1 Lokasi Pabrik

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dari faktor di atas, maka dipilih pabrik di daerah di desa Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Kabupaten Cilegon, Banten.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik Anilin

Pendirian pabrik di daerah Cilegon ini dianggap strategis dari segi ekonomis maupun teknis dengan alasan sebagai berikut :

1. Sumber bahan baku

Cilegon dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik anilin karena dekat dengan sumber bahan baku. Bahan baku gas hidrogen dapat diperoleh dari PT. Air Liquid Indonesia, Cilegon, Banten.

2. Pasar

Dipilihnya Cilegon sebagai lokasi pendirian pabrik dengan pertimbangan bahwa sebagian besar industri ada di pulau Jawa yang merupakan sasaran pemasaran produk anilin sehingga memudahkan dalam pemasaran produk.

3. Transportasi

Tersedianya sarana transportasi dan jalan raya memudahkan dalam pendistribusian produk ke konsumen ke berbagai kota di pulau Jawa dan sarana pelabuhan untuk pendistribusian ke luar pulau Jawa dan untuk ekspor.

4. Tenaga kerja

Banten merupakan daerah yang mempunyai kepadatan penduduk cukup tinggi sehingga kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar maupun tenaga ahli dapat terpenuhi.

5. Utilitas

Cilegon dengan daerah pantai dialiri sungai yang cukup besar, sehingga kebutuhan air untuk pabrik maupun untuk karyawan akan mudah terpenuhi. Kebutuhan listrik didapatkan dari generator dan PLN Suralaya sebagai cadangan apabila listrik dari generator mengalami gangguan, dimana bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina.

4.2. Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

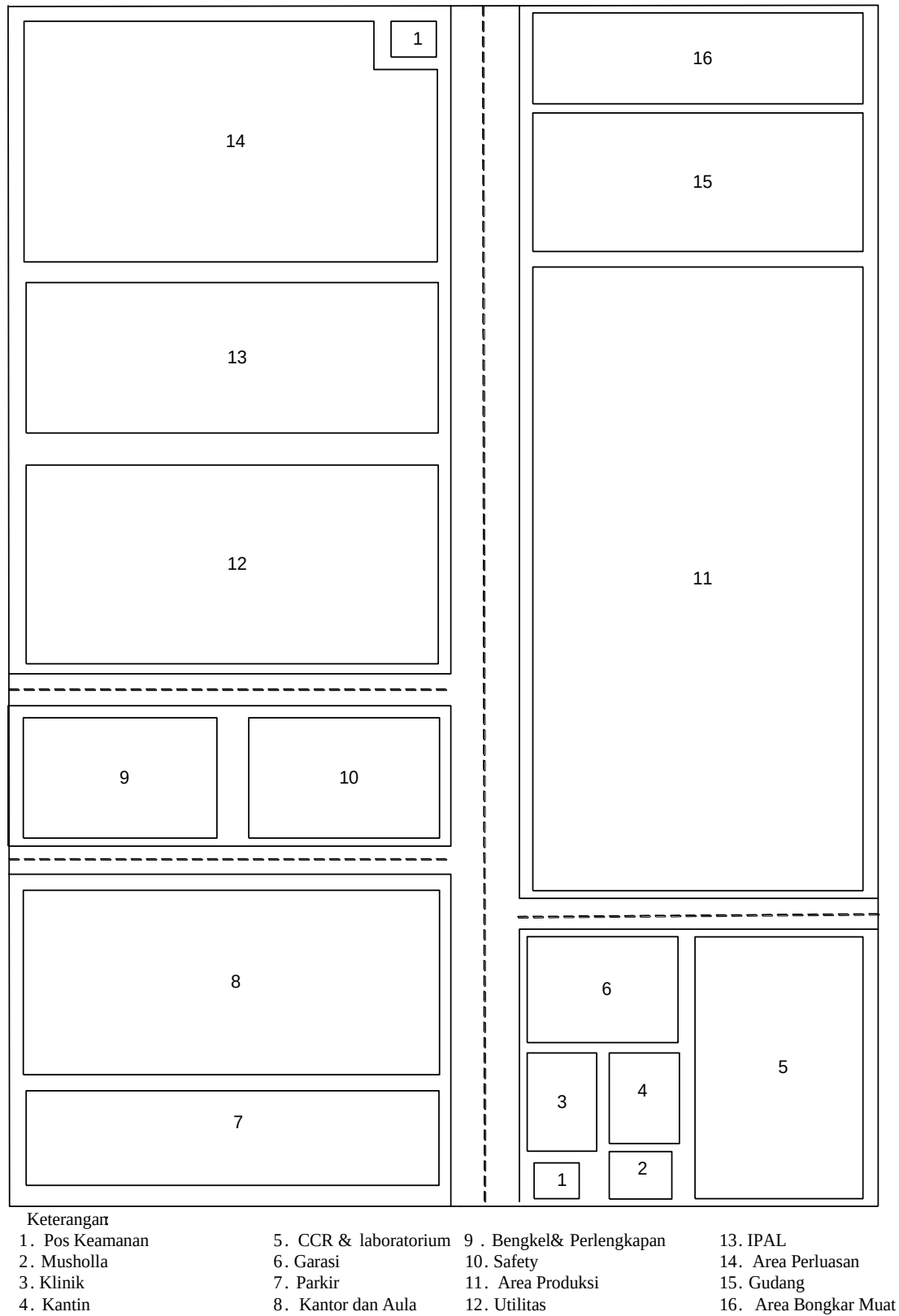
Tata letak pabrik adalah pengaturan dan penyusunan alat proses dan fasilitas pabrik lainnya, sedemikian rupa sehingga pabrik dapat beroperasi secara aman, efektif dan efisien.

Tata letak pabrik disusun dengan baik dengan tujuan :

- a) Mempermudah akses keluar masuk pabrik, baik untuk manusia maupun barang
- b) Mempermudah pemasangan, pemeliharaan perbaikan peralatan
- c) Membuat proses pengolahan dari bahan baku menjadi produk berlangsung secara efisien
- d) Mengantisipasi dampak yang mungkin timbul apabila terjadi musibah, seperti ledakan, kebakaran dan sebagainya
- e) Mengoptimalkan keuntungan

Untuk mencapai tujuan tersebut di atas, maka hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan tata letak pabrik, antara lain :

- a) Pabrik anilin akan didirikan di atas tanah yang masih kosong, sehingga tata letak pabrik tidak dipengaruhi adanya bangunan lain
- b) Perlu disediakan areal untuk kemungkinan perluasan
- c) Area utilitas sebaiknya ditempatkan jauh dari area proses, untuk menjaga agar tidak terjadi kontak antara bahan bakar dengan sumber panas
- d) Fasilitas karyawan seperti masjid, kantin, ditempatkan di lokasi yang mudah terjangkau dan tidak mengganggu proses
- e) Fasilitas bengkel sebaiknya di lokasi yang strategis



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Anilin

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dengan skala 1 : 1500 dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

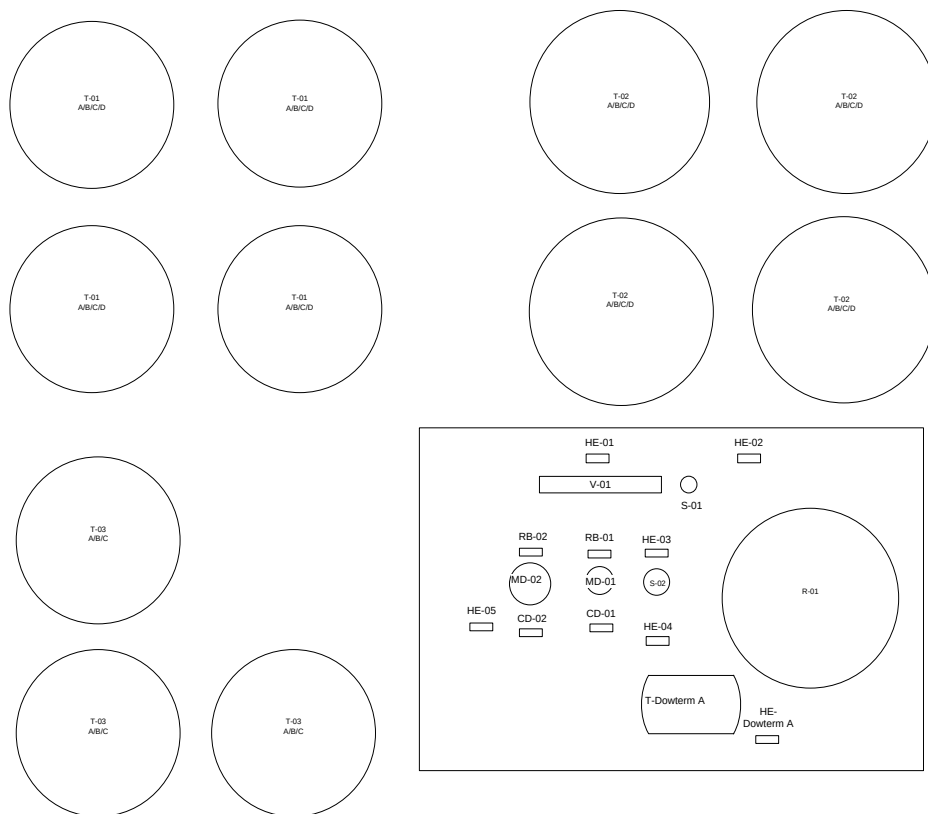
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Bangunan	Luas, m ²	Luas, ft ²
Pos keamanan	30	322.91
Parkir	400	4305.46
Musholla	75	807.27
Kantin	200	2152.73
Kantor dan Aula	1400	15069.11
Poliklinik	300	3229.09
CCR dan Laboratorium	500	5381.82
Proses	3536	38060.26
Utilitas	1300	13992.74
Bengkel dan Perlengkapan	375	4036.37
Garasi	350	3767.28
Gudang	950	10225.47
Safety	375	4036.37
Area perluasan	1700	18298.20
Area Bongkar Muat	875	9418.19
IPAL	1300	13992.74
Jalan dan Taman	2100	22603.66
Jumlah	15766	169699.7

4.3. Tata letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)

Dengan adanya tata letak peralatan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

- a) Peralatan yang sejenis ditempatkan secara berkelompok untuk memudahkan pemeliharaan
- b) Alat kontrol diletakkan di lokasi yang mudah diamati oleh operator
- c) Susunan alat dan pemipaan diusahakan tidak mengganggu operator
- d) Sistem pemipaan sebaiknya diberi warna sedemikian rupa sehingga mempermudah operator untuk mengidentifikasi apabila terjadi masalah.
- e) Tata letak peralatan harus menyediakan minimal dua arah bagi karyawan untuk menyelamatkan diri apabila terjadi ledakan atau kebakaran
- f) Peralatan yang sekiranya rawan terhadap kebakaran seperti tangki penyimpanan, dilengkapi dengan tanggul untuk mengisolir lokasi apabila terjadi kebocoran
- g) Sirkulasi udara yang baik dan cahaya yang cukup merupakan faktor penting yang mempengaruhi semangat dan hasil kerja karyawan



Skala yang digunakan adalah 1 : 450

Keterangan :

R : reaktor

T : Tangki

V : Vaporizer

S : Separator

HE : Heat Exchanger

CD : Kondensor Total

RB : Reboiler

MD : Menara Distilasi

Gambar 4.3 Tata Letak Peralatan

4.4. Aliran Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 1	Arus 5	Arus 12	Arus 14
H ₂	0	333,9403	0	0
C ₆ H ₆	6,1520	0	3,5005	0,0014
H ₂ O	6,1520	0	1.426,8288	2,1435
C ₆ H ₅ NH ₂	0	0	5,0585	5.048,3501
C ₆ H ₅ NO ₂	6.139,6506	0	0,0020	0,0101
Total	6.151,9545	333,9403	1.435,3897	5.050,5051
	6.485,8948		6.485,8948	

4.4.1.2 Neraca Massa Per Alat

1. Neraca massa di Tee-01

Tabel 4.3 Neraca Massa Tee-01

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 15	Arus 2
H ₂	0	0	0
C ₆ H ₆	6,152	0	6,152
H ₂ O	6,152	0	6,152

Tabel 4.3 Neraca Massa Tee-01 (Lanjutan)

$C_6H_5NH_2$	0	5,0534	5,0534
$C_6H_5NO_2$	6.139,6506	68,0905	6,2077
Total	6.151,9545	73,1439	6.225,0985
	6.225,0985		6.225,0985

2. Neraca massa di Tee-02

Tabel 4.4 Neraca Massa Tee-02

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 2	Arus 4	Arus 3
H_2	0	0	0
C_6H_6	6,152	0,1194	6,2714
H_2O	6,152	0,0906	6,2426
$C_6H_5NH_2$	5,0534	0,7190	5,7725
$C_6H_5NO_2$	6207,7	1555,3453	7763,0866
Total	6225,0985	1556,2746	7781,3731
	7781,3731		7781,3731

3. Neraca massa di Tee-03

Tabel 4.5 Neraca Massa Tee-03

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 6	Arus 10	Arus 7

Tabel 4.5 Neraca Massa Tee-03 (Lanjutan)

H ₂	0	674,6268	674,6268
C ₆ H ₆	6,1520	3,3027	6,8045
H ₂ O	6,1520	567,2835	6,8045
C ₆ H ₅ NH ₂	5,0534	89,1889	5,5894
C ₆ H ₅ NO ₂	6,2077	0,5597	6866,2349
Total	6225,0985	1334,9617	7560,0601
	7560,0601		7560,0601

4. Neraca massa di Tee-04

Tabel 4.6 Neraca Massa Tee-04

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 5	Arus 9	Arus 10
H ₂	333,9403	340,6865	674,6268
C ₆ H ₆	0	3,3027	3,3027
H ₂ O	0	567,2835	567,2835
C ₆ H ₅ NH ₂	0	89,1889	89,1889
C ₆ H ₅ NO ₂	0	0,5597	0,5597
Total	333,9403	1001,0214	1334,9617
	1334,9617		1334,9617

5. Neraca massa di Vaporizer dan Separator 01

Tabel 4.7 Neraca Massa Vaporizer dan Separator 01

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
	Arus 2	Arus 6
H ₂	0	0
C ₆ H ₆	6,152	6,152
H ₂ O	6,152	6,152
C ₆ H ₅ NH ₂	5,0534	5,0534
C ₆ H ₅ NO ₂	6,2077	6,2077
Total	6225,0985	6225,0985
	6225,0985	6225,0985

6. Neraca massa di Reaktor

Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
H ₂	674,6268	340,6865
C ₆ H ₆	6,8045	6,8045
H ₂ O	6,8045	1996,2558
C ₆ H ₅ NH ₂	5,5894	5147,6509
C ₆ H ₅ NO ₂	6866,2349	68,6623

Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor (Lanjutan)

Total	7560,0601	7560,0601
	7560,0601	7560,0601

7. Neraca massa di Separator 02

Tabel 4.9 Neraca Massa Separator 02

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 11
H ₂	340,6865	340,6865	0
C ₆ H ₆	6,8045	3,3027	3,5018
H ₂ O	1996,2558	567,2835	1428,9723
C ₆ H ₅ NH ₂	5147,6509	89,1889	5058,4620
C ₆ H ₅ NO ₂	68,6623	0,5597	68,1026
Total	7560,0601	1001,0214	6559,0387
	7560,0601	7560,0601	

8. Neraca massa di Menara Distilasi 01

Tabel 4.10 Neraca Massa Menara Distilasi 01

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
H ₂	0	0	0
C ₆ H ₆	3,5018	3,5005	0,0014

Tabel 4.10 Neraca Massa Menara Distilasi 01 (Lanjutan)

H ₂ O	1428,9723	1426,8288	2,1435
C ₆ H ₅ NH ₂	5058,4620	5,0585	5053,4035
C ₆ H ₅ NO ₂	68,1026	0,0020	68,1006
Total	6559,0387	1435,3897	5123,6490
	6559,0387	6559,0387	

9. Neraca massa di Menara Distilasi 2

Tabel 1.11 Neraca Massa Menara Distilasi 02

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
H ₂	0	0	0
C ₆ H ₆	0,0014	0,0014	0
H ₂ O	2,1435	2,1435	0
C ₆ H ₅ NH ₂	5053,4035	5048,3501	5,0534
C ₆ H ₅ NO ₂	68,1006	0,0101	68,0905
Total	5123,6490	5050,5051	73,1439
	5123,6490	5123,6490	

4.4.2. Neraca Panas

4.4.2.1. Neraca Panas Alat

1. Neraca panas di Vaporizer

Tabel 4.12 Neraca panas di vaporizer

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas masuk (H_1)	514.395,661	
Beban Vaporizer	1.865.179,480	
Panas keluar (H_2)		2.379.575,141
Total	2.379.575,141	2.379.575,141

2. Neraca panas di Separator 01

Tabel 4.13 Neraca panas Separator 01

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan (H_1)	2.379.575,1	
Panas yang dibawa produk (H_2)		2.379.575,1
Total	2.379.575,1	2.379.575,1

3. Neraca panas di Reaktor

Tabel 4.14 Neraca panas di Reaktor

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan (H_1)	4.536.798,3	
Panas reaksi (ΔH_r)	25.206.189	

Tabel 4.14 Neraca panas di Reaktor (Lanjutan)

Panas yang dibawa produk (H_2)		4.194.980,3
Panas yang diserap coil		18.010.986,4
Panas yang Hilang		7.537.020,6
Total	29.742.987,3	29.742.987,3

4. Neraca panas di Flash Drum (S-02)

Tabel 4.15 Neraca panas di Flash Drum (S-02)

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan (H_1)	2.310.194,908	
Panas yang dibawa produk (H_2)		702.578,914
Qvaporization		1.607.615,994
Total	2.310.194,908	2.310.194,908

5. Neraca panas di Menara Distilasi 01

Tabel 4.16 Neraca panas di Menara Distilasi 01

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	1.707.465,9477	
Q reboiler	4.323.387,7871	
Panas distilat		434.450,4078
Panas bottom		2.153.785,105

Tabel 4.16 Neraca panas di Menara Distilasi 01 (Lanjutan)

Q condenser		3.442.618,2221
Total	6.030.853,735	6.030.853,735

6. Neraca panas di Menara Distilasi 02

Tabel 4.17 Neraca panas di Menara Distilasi 02

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	2.166.874,2340	
Q reboiler	2.248.732,7813	
Panas distilat		1.706.171,8530
Panas bottom		25.578,7565
Q condenser		2.683.856,4058
Total	4.415.607,015	4.415.607,015

7. Neraca panas di kompresor (C-01)

Tabel 4.18 Neraca panas di Kompresor (C-01)

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa arus 9	614.106,28	
Panas keluar arus 9		614.106,28
Total	614.106,28	614.106,28

8. Neraca panas di Heat Exchanger 01

Tabel 4.19 Neraca panas di Heat Exchanger 01

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa arus 8	4.195.006,32	
Panas yang dibawa arus 1	47.584,48	
Panas keluar arus 8		2.302.535,64
Panas keluar arus 1		1.940.055,16
Total	4.242.590,80	4.242.590,80

9. Neraca panas di Heat Exchanger 02

Tabel 4.20 Neraca panas di Heat Exchanger 02

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa arus 6	1.959.099,03	
Q steam	189.781,43	
Panas keluar arus 6		2.148.880,46
Total	2.148.880,46	2.148.880,46

10. Neraca panas di Heat Exchanger 03

Tabel 4.21 Neraca panas di Heat Exchanger 03

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa arus 10	75.197,25	
Q steam	2.615.643,77	

Tabel 4.21 Neraca panas di Heat Exchanger 03 (Lanjutan)

Panas keluar arus 10		2.690.841,02
Total	2.690.841,02	2.690.841,02

11. Neraca panas di Heat Exchanger 04

Tabel 4.22 Neraca panas di Heat Exchanger 04

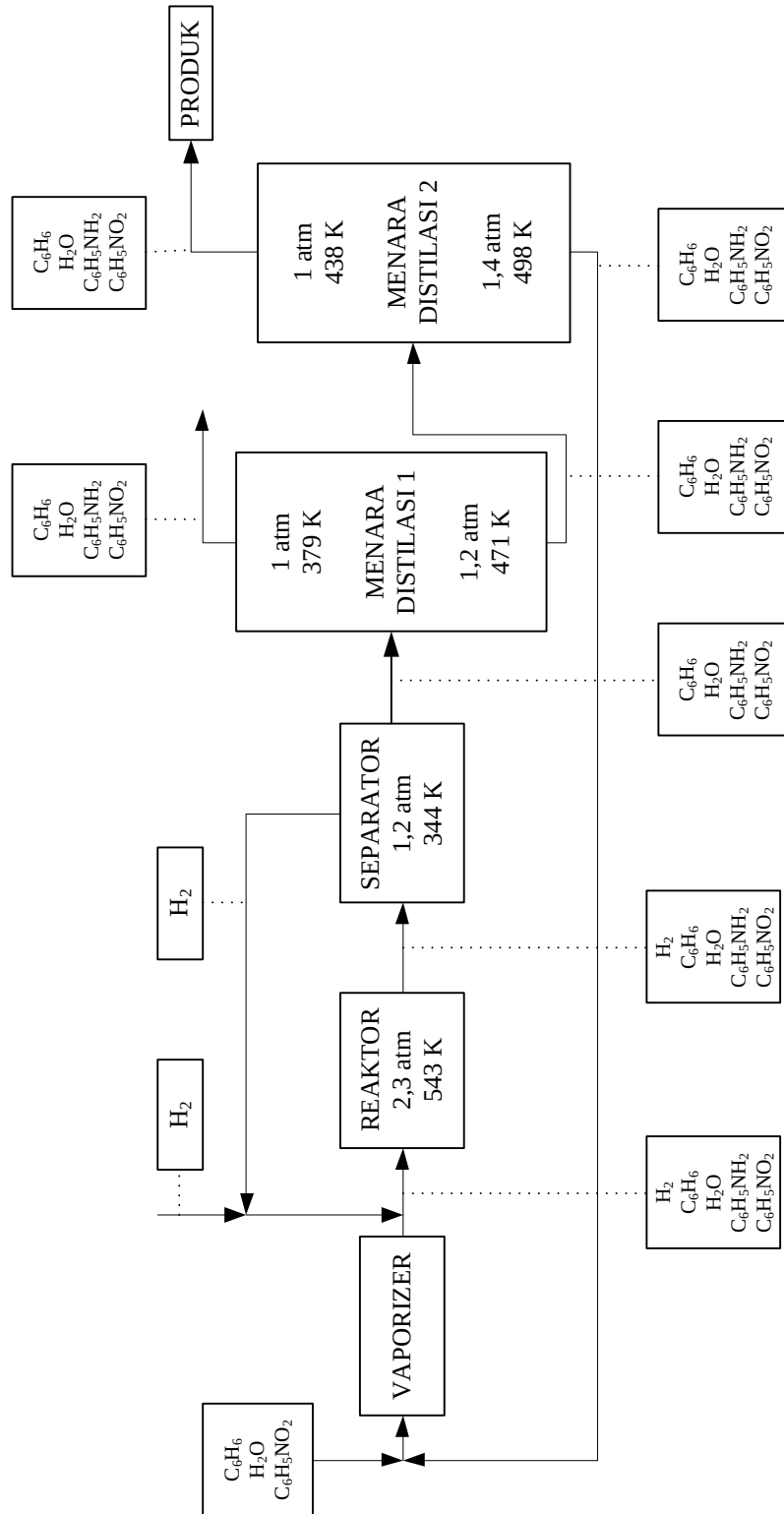
Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa arus 11	427.059,35	
Q steam	497.589,53	
Panas keluar arus 11		924.648,88
Total	924.648,88	924.648,88

12. Neraca panas di Heat Exchanger 05

Tabel 4.23 Neraca panas di Heat Exchanger 05

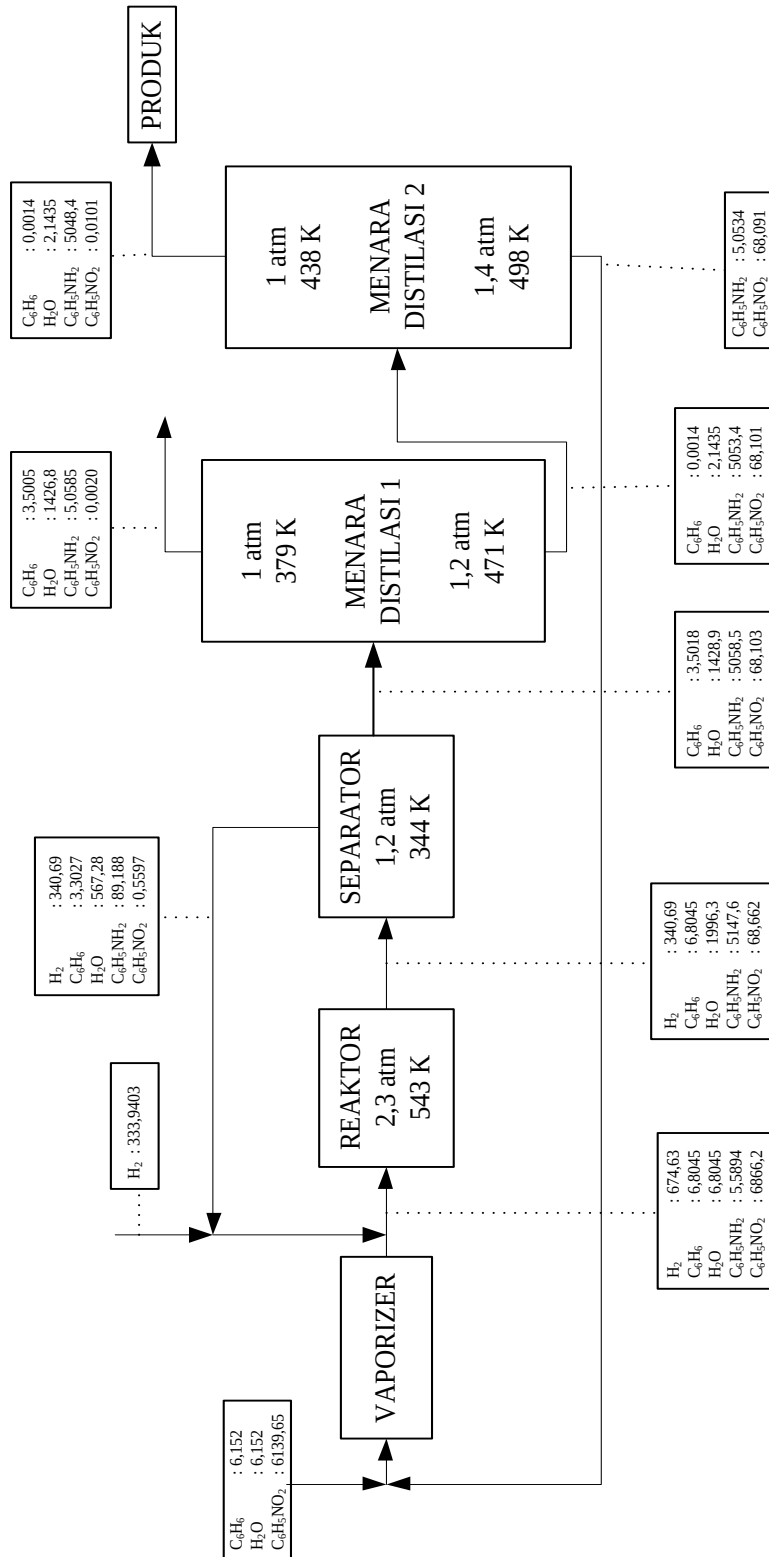
Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus 14	1.516.201,841	
Q air pendingin		1.516.201,841
Total	1.516.201,841	1.516.201,841

4.4.3. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif

4.4.3. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

4.5. Pelayanan Teknik

4.5.1. Perawatan (*Maintenance*)

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

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

Alat - alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan. Perawatan alat - alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1) *Over head* 1 x 1 tahun

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

2) *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

❖ Umur alat

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

❖ Bahan baku

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

❖ Tenaga manusia

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

4.5.2. Utilitas

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi dalam pabrik.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Anilin adalah :

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :

- a. Air pendingin dan air proses
- b. Air umpan *boiler*

c. Air konsumsi umum dan sanitasi

d. Air pemadam kebakaran

2. Unit penyedia media pendingin reaktor

Unit ini bertugas dalam menyediakan media pendingin reaktor yang berupa *dowtherm A* cair. *Dowtherm A* ini digunakan sebagai media pendingin reaktor yang dilewatkan pada koil di dalam reaktor, kemudian didinginkan dengan air pendingin hingga kembali ke kondisi semula dan disimpan di dalam tangki penyimpanan untuk digunakan kembali. Dalam pengoprasian pabrik diasumsikan dalam jangka waktu setahun, sebesar 5% dari total kebutuhan *dowtherm A* perlu ditambahkan sebagai pengganti apabila terjadi kebocoran dalam penyimpanan dan pemipaan.

3. Unit pengadaan *steam*

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas *Vaporizer* (VP-01), *reboiler* (RB-01 dan RB-02) dan *heater* (HE-02, HE-03, HE-04).

4. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, untuk penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum yang lain.

5. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, maupun untuk penerangan. Listrik di-supply dari *generator*

dan dari PLN sebagai cadangan bila listrik dari *generator* mengalami gangguan.

6. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan *generator*.

7. Unit pengolahan limbah

Unit ini bertugas untuk mengolah bahan-bahan buangan atau hasil samping.

Proses pengolahan yang digunakan adalah *biodegradasi* dengan menggunakan *activated sludge*.

4.5.2.1. Unit Pengadaan Air

Air umpan *boiler*, air pendingin, air konsumsi umum dan sanitasi yang digunakan adalah air yang diperoleh dari sungai cidanau yang tidak jauh dari lokasi pabrik.

4.5.2.1.1. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari sungai Cidanau yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Alasan digunakannya air sungai sebagai media pendingin adalah karena faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Air sungai dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah.
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air sungai sebagai pendingin adalah partikel-partikel besar/makroba dan partikel-partikel

kecil/mikroba sungai yang dapat menyebabkan *fouling* pada alat-alat proses. Air pendingin yang diambil dari sungai disaring terlebih dahulu kemudian ditambahkan Klorin. Adapun persyaratan air yang akan digunakan sebagai pendingin adalah :

- Kekeruhan maksimal 3 ppm
- Bukan air sadah
- Bebas bakteri
- Bebas mineral

4.5.2.1.2. Air Umpan Boiler

Untuk kebutuhan air umpan *boiler*, sumber air yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari sungai Cidanau yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- a. Kandungan yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutan - larutan asam dan gas - gas yang terlarut.

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

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

- c. Kandungan yang dapat menyebabkan pembusaan (*foaming*)

Air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* dan alat penukar panas karena adanya zat - zat organik, anorganik,

dan zat - zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

4.5.2.1.3. Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi juga berasal dari air sungai. Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan pertamanan. Air konsumsi dan sanitasi harus memenuhi beberapa syarat, yang meliputi syarat fisik, syarat kimia, dan syarat bakteriologis.

Syarat fisik :

- Suhu di bawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak mempunyai rasa dan tidak berbau

Syarat kimia :

- Tidak mengandung zat organik
- Tidak beracun

Syarat bakteriologis :

- Tidak mengandung bakteri – bakteri, terutama bakteri yang *pathogen*.

4.5.2.1.4. Pengolahan Air

Air yang berasal dari sungai pada umumnya belum memenuhi persyaratan yang diperlukan, biasanya mengandung lumpur atau padatan serta mineral penyebab *foaming*, oksigen bebas dan kadang mengandung asam, sehingga harus

menjalani proses pengolahan terlebih dahulu. Tahapan pengolahan air sungai meliputi:

1. Pengendapan awal, merupakan proses mekanis untuk memisahkan padatan-padatan atau lumpur yang terdapat di dalam air dengan menggunakan gaya gravitasi, pada bak pengendapan dilengkapi dengan penyekat yang berfungsi untuk memisahkan padatan atau lumpur yang telah jatuh sehingga tidak terikut oleh aliran air.
2. Dari bak pengendapan dilanjutkan ke bak koagulasi, pada pengaliran ke bak koagulasi dilakukan penginjeksian :
 - a. Alum, yang berfungsi sebagai flokulan.
 - b. Kalsium hipoklorit yang berfungsi sebagai disinfektan.
3. Flok-flok yang terbentuk kemudian di pisahkan dengan menggunakan *clarifier*. Gumpalan flok pada bagian bawah di *blow down*, sedangkan air jernih pada bagian atas di alirkan ke sand *filter*.
4. Penyaringan, air ini dilewatkan melalui *sand filter* (pada tangki penyaring), untuk menyaring partikel-partikel kotoran halus yang masih tertinggal. Kemudian air tersebut ditampung dalam tangki penampungan air bersih.

Dari sini air kemudian mengalami perlakuan didasarkan pada penggunaanya, yaitu :

➤ **Pengolahan air untuk konsumsi dan sanitasi.**

Ke dalam air produk penyaringan selanjutnya diinjeksikan larutan kalsium hipoklorit untuk mematikan kandungan biologis air. Konsentrasi kalsium

hipoklorit dijaga sekitar 0,8-1,0 ppm. Untuk menjaga pH air minum, ditambah larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga pHnya sekitar 6,8-7,0.

➤ **Pengolahan air sebagai umpan *boiler*.**

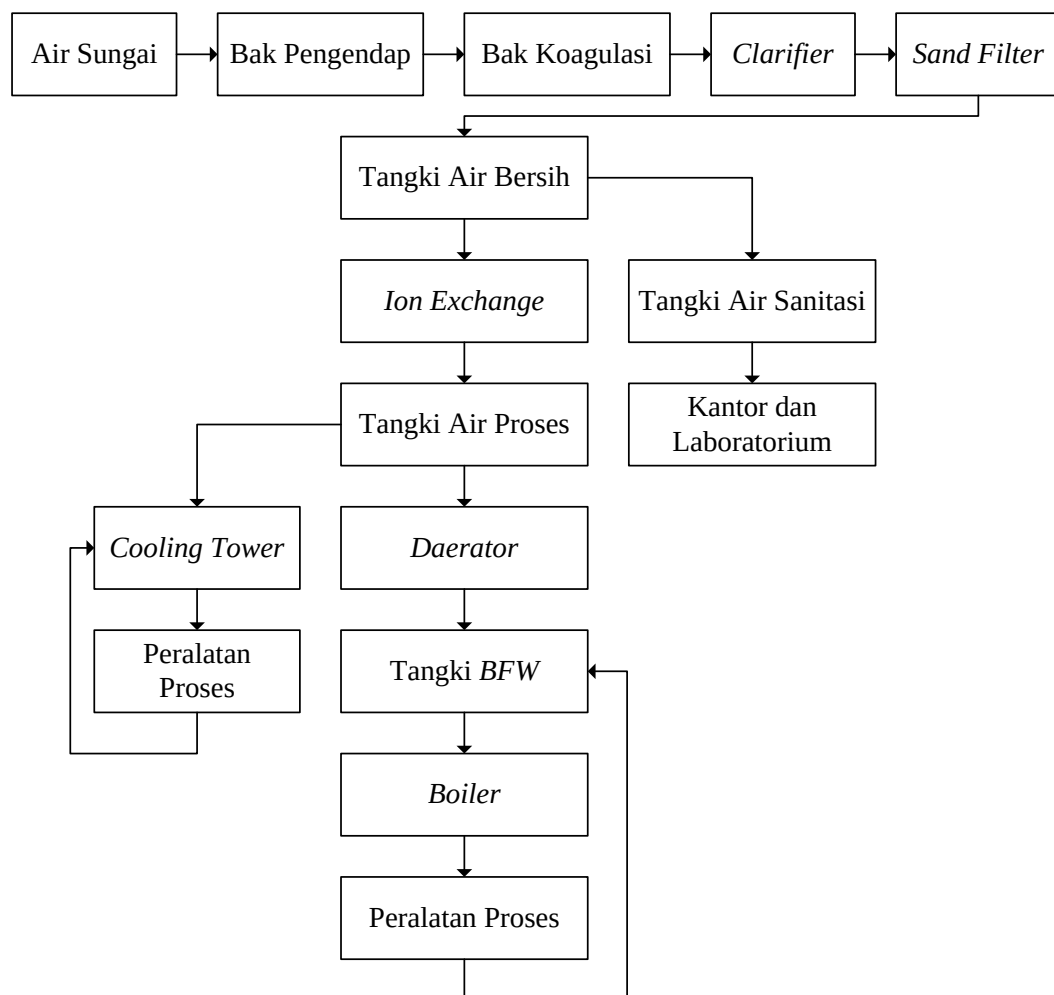
Tahapan pengolahan air menjadi air umpan *boiler* meliputi:

1. Demineralisasi, merupakan unit penukar ion untuk menghilangkan mineral terlarut dalam air yang berupa ion positif (kation) atau ion negatif (anion). Untuk menyerap ion-ion positif dan negatif digunakan resin penukar ion yang berupa campuran resin *amberlite* dan IRA. Resin *amberlite* digunakan untuk menyerap kation sedangkan IRA untuk menyerap anion. Penyerapan kation harus dilakukan terlebih dahulu, dikarenakan ion positif seperti Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang dapat menyebabkan kesadahan pada air sehingga apabila tidak dihilangkan terlebih dahulu, maka akan menyebabkan timbulnya kerak pada *anion exchanger*. Penghilangan anion pada air umpan boiler dimaksudkan agar air tidak korosif.
2. Selanjutnya air dihilangkan gas-gas terlarutnya dengan cara *deaerasi* dengan penambahan *hidrazin* N_2H_2 .
3. Kemudian air tersebut ditampung dalam tangki penampungan. Dari sini, air diinjeksikan bahan-bahan kimia, antara lain :
 - a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
 - b. *Dispersant*, berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan / pengendapan fosfat

➤ **Pengolahan air pendingin.**

air bersih disimpan di tangki penyimpan air bersih, dicampur dengan resirkulasi air pendingin dari cooling tower yang kemudian dapat digunakan kembali sebagai pendingin pada peralatan proses

Pengolahan air secara ringkas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Skema Pengolahan Air Sungai

4.5.2.2. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Kebutuhan air pendingin

No	Kode Alat	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	CD-01	<i>Condenser</i> hasil dari MD-01	82336,8372
2.	CD-02	<i>Condenser</i> hasil dari MD-02	64189,5887
3.	HE-DA	<i>Cooler</i> untuk Dowtherm A	282581,1304
4.	HE-05	<i>Cooler</i> untuk pendingin Produk	36462,8836

Total kebutuhan air pendingin = 465370,4399 kg/jam

b. Kebutuhan Air untuk *Steam*

Kebutuhan air untuk *steam* dapat dilihat pada table 4.25.

Tabel 4.25 Kebutuhan air untuk *steam*

No	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	VP-01	<i>Vaporizer</i>	4249,2220
2.	HE-02	<i>Heater</i>	128,4390
3.	HE-03	<i>Heater</i>	1770,1970
4.	HE-04	<i>Heater</i>	336,7552
5.	RB-01	<i>Reboiler</i>	2925,9528
6.	RB-02	<i>Reboiler</i>	1521,8821

Jumlah air yang digunakan adalah sebesar 10932,4486 kg/jam

Diperkirakan air yang hilang sebesar 20% sehingga kebutuhan *make-up*

air untuk *steam* = 2186,4897 kg/jam

d. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Kebutuhan air konsumsi untuk umum dan sanitasi dapat dilihat pada table 4.26.

Tabel 4.26 Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi

No	Nama Unit	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Perkantoran	10.000
2.	Laboratorium	2.400
3.	Kantin	3.000
4.	<i>Hidran/Taman</i>	1.540
5.	Poliklinik	800
6.	Jumlah air	17.740

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi = 17.740 kg/hari

= 739.1667 kg/jam

Total air yang disuplai dari sungai = air proses + *make-up* air umpan

boiler + air konsumsi + air *blow down* bak = 59.355,2405 kg/jam

4.5.2.3. Unit Pengadaan *Steam*

Steam yang diproduksi pada pabrik Anilin ini digunakan sebagai media pemanas *vaporizer*, *reboiler* dan *heater*. Untuk memenuhi kebutuhan *steam*

digunakan 1 buah *boiler*. *Steam* yang dihasilkan dari *boiler* ini mempunyai suhu 290°C dan tekanan 73,5 atm.

Jumlah *steam* yang dibutuhkan sebesar 10.932,4486 kg/jam. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran *steam* pada saat distribusi dan *make up blowdown* pada *boiler* maka, jumlah *steam* diletakkan sebanyak 20 %. Jadi jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 13.118,9383 kg/jam.

Spesifikasi *boiler* yang dibutuhkan :

Kode	: B-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan <i>steam</i>
Jenis	: <i>Water tube boiler</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan <i>steam</i>	: 1080 psia (73,5 atm)
Suhu <i>steam</i>	: 544 °F (290 °C)
Efisiensi	: 80 % (www.indonesia-property.com)
Bahan bakar	: IDO
Kebutuhan bahan bakar	: 269,9228 L/jam

4.5.2.4. Unit Pengadaan Udara Tekan

Kebutuhan udara tekan untuk prarancangan pabrik Anilin ini diperkirakan sebesar 100 m³/jam, tekanan 100 psi dan suhu 35°C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi *silica gel* untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan :

Kode	: KU-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan udara tekan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 100 m ³ /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 14,7 psi (1 atm)
Tekanan <i>discharge</i>	: 100 psi (6,8 atm)
Suhu udara	: 35 °C
Efisiensi	: 80 %
Daya kompresor	: 15 HP

4.5.2.5. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik Anilin ini dipenuhi oleh PLN dan *generator* pabrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik dengan pertimbangan :

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk penerangan
3. Listrik untuk AC

4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
5. Listrik untuk alat-alat elektronik

Besarnya kebutuhan listrik masing – masing keperluan di atas dapat diperkirakan sebagai berikut :

4.5.2.5.1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
P-01	1	2,5	2,5
P-02	1	5	5
P-03	1	5	5
P-04	1	1	1
P-05	1	1	1
P-06	1	1/6	1/6
P-07	1	1/6	1/6
P-08	1	0,75	0,75
P-09	1	0,5	0,5
P-10	1	5	5
P-11	1	0,5	0,5

Tabel 4.27 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas

(Lanjutan)

P-12	1	0,05	0,05
P-13	1	0.5	0.5
C-01	1	20	20
Jumlah			42,13
Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
PWT-01	1	1	1
PWT-02	1	0,25	0,25
PWT-03	1	3	3
PWT-04	1	3	3
PWT-05	1	3	3
PWT-06	1	0.5	0.5
PWT-07	1	10	10
PWT-08	1	0,25	0,25
PWT-09	1	0,75	0,75
PWT-10	1	0,25	0,25
PU-01	1	1	1
PU-02	1	0,25	0,25
PU-03	1	20	20
PU-04	1	0,75	0,75
CU	1	11	11

Tabel 4.27 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas

(Lanjutan)

TF	1	5	5
CT	2	3	6
Jumlah			65,6667

Jadi jumlah listrik yang dikonsumsi untuk keperluan proses dan utilitas sebesar 107,8000 HP. Diperkirakan kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan sebesar $\pm 20 \%$ dari total kebutuhan. Maka total kebutuhan listrik adalah 129,3600 HP atau sebesar 192,93 kW.

4.5.2.5.2. Listrik untuk penerangan

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan :

$$L = \frac{a.F}{U.D}$$

dengan :

L : *Lumen per outlet*

a : Luas *area*, ft²

F : *foot candle* yang diperlukan (tabel 13 Perry 6th ed)

U : Koefisien utilitas (tabel 16 Perry 6th ed)

D : Efisiensi lampu (tabel 16 Perry 6th ed)

Tabel 4.28 Jumlah *Lumen* berdasarkan luas bangunan

Bangunan	Luas, m ²	Luas, ft ²	F	U	D	F/U.D
Pos keamanan	30	322,91	20	0,42	0,75	63,49
Parkir	500	5.381,82	10	0,49	0,75	27,21
Musholla	300	3.229,09	20	0,55	0,75	48,48
Kantin	150	1.614,55	20	0,51	0,75	52,29
Kantor	1500	16.145,47	35	0,6	0,75	77,78
Poliklinik	400	4.305,46	20	0,56	0,75	47,62
Ruang kontrol	300	3.229,09	40	0,56	0,75	95,24
Laboratorium	300	3.229,09	40	0,56	0,75	95,24
Proses	2836	30.525,71	30	0,59	0,75	67,80
Utilitas	1400	15.069,11	10	0,59	0,75	22,60
Ruang <i>generator</i>	300	3.229,09	10	0,51	0,75	26,14
Bengkel	250	2.690,91	40	0,51	0,75	104,58
Garasi	400	4.305,46	10	0,51	0,75	26,14
Gudang	400	4.305,46	10	0,51	0,75	26,14
Pemadam	250	2.690,91	20	0,51	0,75	52,29
Tangki bahan baku	750	8.072,74	10	0,51	0,75	26,14
Tangki produk	800	8.610,92	10	0,51	0,75	26,14
Jalan dan taman	2400	25.832,76	5	0,55	0,75	12,12
Area perluasan	2500	26.909,12	5	0,57	0,75	11,70
Jumlah	15766	169.699,7				

Jumlah *lumen* :

* untuk penerangan dalam ruangan = 6.061.680,858 lumen

* untuk penerangan bagian luar ruangan = 627.850,892 lumen

Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu *fluorescent* 40 Watt dimana satu buah lampu instant *starting daylight* 40 W mempunyai 1.920 *lumen* (Tabel 18 Perry 6th ed.).

Jadi jumlah lampu dalam ruangan = $6.061.680,858 / 1.920$
= 3.157 buah

Untuk penerangan bagian luar ruangan digunakan lampu *mercury* 100 Watt, dimana *lumen output* tiap lampu adalah 3.000 *lumen* (Perry 6th ed.).

Jadi jumlah lampu luar ruangan = $627.850,892 / 3.000$
= 209 buah

Total daya penerangan = $(40 \text{ W} \times 3.159 + 100 \text{ W} \times 210)$
= 147.213 W
= 147,213 kW

4.5.2.5.3. Listrik untuk AC

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 15.000 Watt atau 15 kW

4.5.2.5.4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 10.000 Watt atau 10 kW

Tabel 4.29 Total kebutuhan listrik pabrik

No.	Kebutuhan Listrik	Tenaga listrik, kW
1.	Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	192,928
2.	Listrik untuk keperluan penerangan	147,213
3.	Listrik untuk AC	15
4.	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	10
	Total	365,141

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga *generator* yang disiapkan harus mempunyai *output* sebesar 456,426 kW.

Dipilih menggunakan *generator* dengan daya 500 kW, sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 43,574 kW.

Spesifikasi *generator* yang diperlukan :

Jenis	: AC <i>generator</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas / Tegangan	: 500 kW ; 220/360 Volt
Efisiensi	: 80 %
Bahan bakar	: IDO

4.5.2.6. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *boiler* dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan

adalah IDO (*Industrial Diesel Oil*). IDO diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan IDO sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan :

1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan

Bahan bakar solar yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

<i>Specific gravity</i>	: 0,8124
<i>Heating Value</i>	: 16.779 Btu/lb
Efisiensi bahan bakar	: 80%
Densitas	: 50,5664 lb/ft ³

a. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler*

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = 258,885 \text{ liter/jam}$$

b. Kebutuhan bahan bakar untuk *generator*

$$\text{Bahan bakar} = \frac{\text{Kapasitas alat}}{\text{eff} \cdot \rho \cdot h}$$

$$\text{Kapasitas generator} = 500 \text{ kW}$$

$$= 1.706.077,05 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = 71,17 \text{ L/jam}$$

4.5.2.7. Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan sangat besar di dalam suatu pabrik untuk memperoleh data – data yang diperlukan. Data – data tersebut digunakan untuk evaluasi unit-unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan untuk pengendalian mutu.

Pengendalian mutu atau pengawasan mutu di dalam suatu pabrik pada hakekatnya dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengendalian mutu dilakukan mulai bahan baku, saat proses berlangsung, dan juga pada hasil atau produk.

Pengendalian rutin dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan pemeriksaan secara rutin juga dapat diketahui apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi.

Laboratorium berada di bawah bidang teknik dan perekayasaan yang mempunyai tugas pokok antara lain :

- a. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan pengontrol kualitas produk
- b. Sebagai pengontrol terhadap proses produksi
- c. Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air umpan *boiler*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

1. Kelompok *shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa – analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu sistem kerja *shift* selama 24 jam dengan dibagi menjadi 3 *shift*. Masing – masing *shift* bekerja selama 8 jam.

2. Kelompok *non-shift*

Kelompok ini mempunyai tugas melakukan analisa khusus yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan di laboratorium. Dalam rangka membantu kelancaran pekerjaan kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain :

- a. Menyediakan *reagent* kimia untuk analisa laboratorium
- b. Melakukan analisa bahan pembuangan penyebab polusi
- c. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi

Dalam menjalankan tugasnya, bagian laboratorium dibagi menjadi :

1. Laboratorium fisik
2. Laboratorium analitik
3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

4.5.2.7.1. Laboratorium Fisik

Bagian ini bertugas mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat – sifat bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan meliputi *specific gravity*, viskositas, dan kandungan air.

4.5.2.7.2. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat – sifat kimianya.

Analisa yang dilakukan, yaitu :

- Analisa komposisi bahan baku
- Analisa komposisi produk utama
- Analisa komposisi produk samping

4.5.2.7.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- diversifikasi produk
- perlindungan terhadap lingkungan

Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non rutin, misalnya penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian guna mendapatkan alternatif lain terhadap penggunaan bahan baku.

Alat analisa penting yang digunakan antara lain :

1. *Hidrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.
2. *Viscometer*, untuk mengukur viskositas cairan.
3. *X-Ray Defragtometer* (XRD), alat yang digunakan untuk analisa kuantitatif untuk material padat.
4. *Gas Liquid Chromathogarphy*, alat yang digunakan untuk analisa konsentrasi material cair.
5. *Water content tester*, untuk menganalisa kadar air.

4.5.2.7.4. Analisa Air

Air yang dianalisis antara lain:

1. Air baku
2. Air proses
3. Air demineralisasi
4. Air umpan *boiler*
5. Air limbah

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan Klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, sulfat, silika, dan konduktivitas air.

Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisa air ini antara lain:

1. pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaan air.
2. Spektrofotometer, digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air.
3. *Spectroscopy*, digunakan untuk mengetahui kadar silika, sulfat, hidrazin, turbiditas, kadar fosfat, dan kadar sulfat.
4. Peralatan titrasi, untuk mengetahui jumlah kandungan klorida, kesadahan dan alkalinitas.
5. *Conductivity meter*, untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air umpan *boiler* yang dihasilkan unit demineralisasi juga diuji oleh laboratorium ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO_2), kandungan Mg^{2+} , Ca^{2+} .

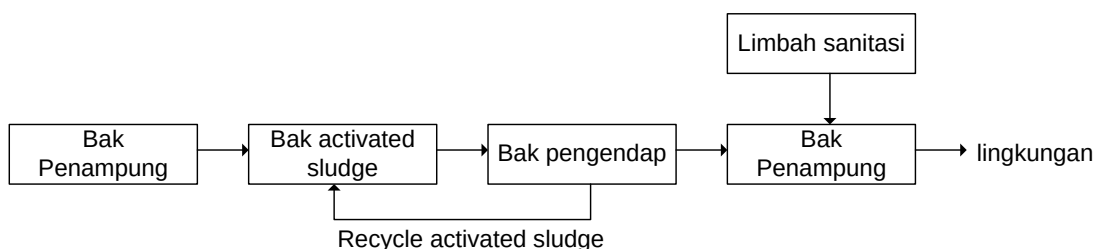
4.5.2.8. Unit Pengolahan Limbah

Limbah cairan yang dibuang masih mengandung C_6H_6 , H_2O , $C_6H_5NH_2$, dan $C_6H_5NO_2$. Limbah ini dibuang dan untuk proses pengolahannya, limbah direaksikan dengan bahan *active sludge* di dalam sebuah bak, selanjutnya hasil keluaran dari bak *active sludge* dialirkan ke bak pengendap untuk memisahkan limbah yang sudah diolah dengan *active sludge* yang terikut, kemudian *active sludge* yang terendapkan dipompa kembali ke bak *active sludge*. Pada tahap awal sebelum limbah diolah, limbah ditampung di dalam bak penampung limbah.

Active sludge yang digunakan merupakan mikroorganisme berupa bakteri dari jenis *pseudomonas*. Yaitu antara lain : *pseudomonas pseudoalkaligenesis*, *pseudomonas putida*, *pseudomonas pickettii*, *pseudomonas cepacia*, *pseudomonas mendosina*. Bakteri ini dapat menguraikan limbah secara biodegradasi dalam jangka waktu 24 – 72 jam hingga cukup aman untuk dibuang ke lingkungan, dalam proses penguraiannya bakteri ini melepaskan amonia ke udara.

(www.chem-is-try.org)

Skema pengolahan limbah yang digunakan di pabrik anilin dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 skema pengolahan limbah dengan metode biodegradasi

4.6. Organisasi Perusahaan

4.6.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik Anilin yang akan didirikan, direncanakan mempunyai :

- Bentuk : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan Usaha : Industri Anilin
- Lokasi Perusahaan : Cilegon, Jawa Barat

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa faktor, yaitu (Widjaja, 2003) :

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan Perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.

6. Lapangan usaha lebih luas

Suatu Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.

4.6.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain (Zamani, 1998) :

- a) Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b) Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi
- c) Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi
- d) Adanya kesatuan arah (*unity of direction*) dan perintah (*unity of command*)
- e) Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab
- f) Adanya pembagian tugas (*distribution of work*)
- g) Adanya koordinasi
- h) Struktur organisasi disusun sederhana
- i) Pola dasar organisasi harus relatif permanen
- j) Adanya jaminan jabatan (*unity of tenure*)
- k) Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya
- l) Penempatan orang harus sesuai keahliannya

Dengan berpedoman pada azas tersebut maka diperoleh struktur organisasi yang baik yaitu *Sistim Line and Staff*. Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga

seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Untuk kelancaran produksi, perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu (Zamani, 1998) :

1. Sebagai garis atau lini yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

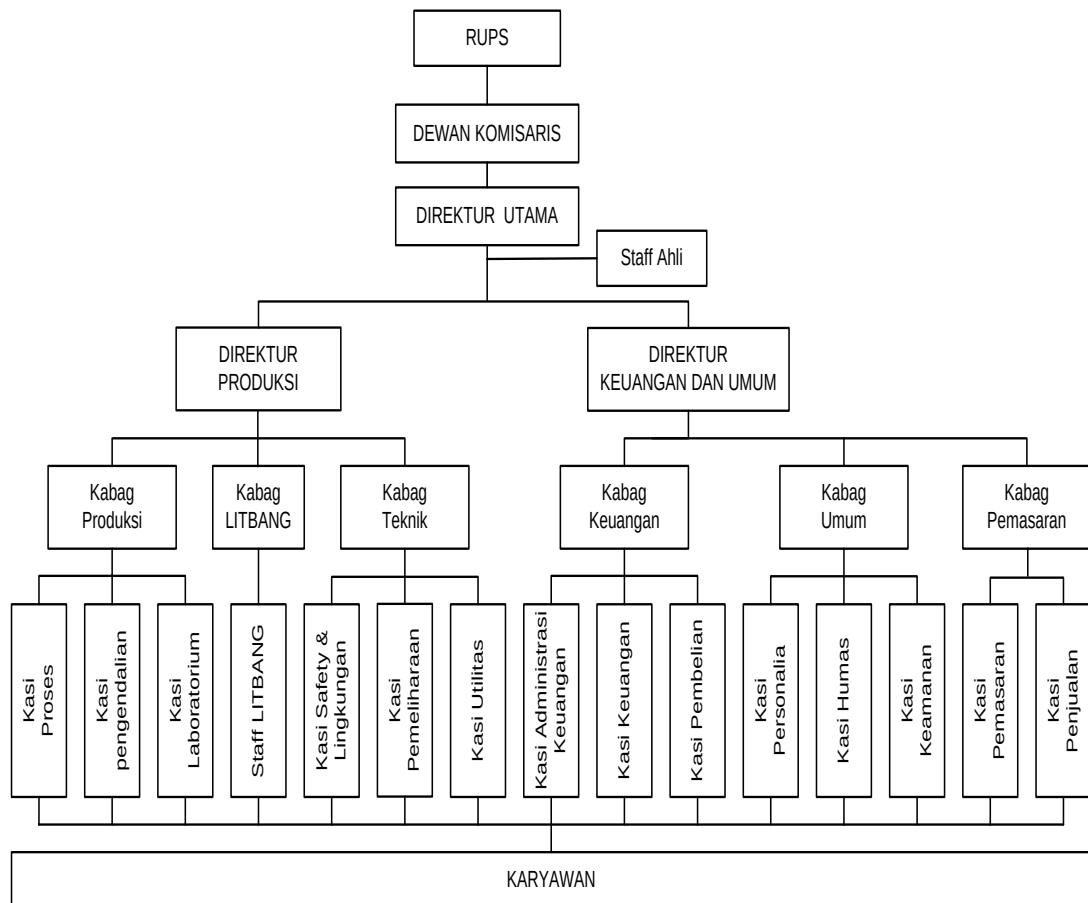
Dewan Komisaris mewakili para pemegang saham (pemilik perusahaan) dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan-Umum. Direktur Produksi membawahi bidang produksi dan teknik, sedangkan direktur keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, keuangan, dan bagian umum. Kedua direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang

dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing - masing seksi (Widjaja, 2003).

Manfaat adanya struktur organisasi adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat di dalamnya
- b. Penempatan tenaga kerja yang tepat
- c. Pengawasan, evaluasi dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien.
- d. Penyusunan program pengembangan manajemen
- e. Menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
- f. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Struktur organisasi pabrik Anilin disajikan pada Gambar 4.8.



(Widjaja, 2003)

Gambar 4.8 Struktur Organisasi Pabrik Anilin

4.6.3. Tugas dan Wewenang

4.6.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

Pada RUPS tersebut, para pemegang saham berwenang (Widjaja, 2003) :

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

4.6.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi (Widjaja, 2003) :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber - sumber dana dan pengarahannya
2. Mengawasi tugas - tugas direksi
3. Membantu direksi dalam tugas - tugas penting

4.6.3.3. Dewan Direksi

Direksi Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi direktur produksi dan direktur keuangan-umum.

Tugas direktur umum, antara lain (Djoko, 2003) :

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (direktur produksi) dan bagian keuangan dan umum (direktur keuangan dan umum).

Tugas dari direktur produksi antara lain :

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang produksi, teknik, dan rekayasa produksi.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas dari direktur keuangan antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang pemasaran, keuangan, dan pelayanan umum.
2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.6.3.4. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga - tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahlian masing - masing.

Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

1. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
2. Memberi masukan - masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
3. Memberi saran - saran dalam bidang hukum.

4.6.3.5. Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Litbang terdiri dari tenaga - tenaga ahli sebagai pembantu direksi dan bertanggung jawab kepada direksi. Litbang membawahi 2 departemen, yaitu Departemen Penelitian dan Departemen Pengembangan

Tugas dan wewenangnya meliputi :

1. Memperbaiki mutu produksi
2. Memperbaiki dan melakukan inovasi terhadap proses produksi
3. Meningkatkan efisiensi perusahaan di berbagai bidang

4.6.3.6. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan

garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staf direktur. Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama.

Kepala bagian terdiri dari:

1. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian produksi membawahi seksi proses, seksi pengendalian, dan seksi laboratorium.

Tugas seksi proses antara lain :

- a. Mengawasi jalannya proses produksi
- b. Menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum diambil oleh seksi yang berwenang.

Tugas seksi pengendalian :

Menangani hal - hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

Tugas seksi laboratorium, antara lain:

- a. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu
- b. Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
- c. Mengawasi hal - hal yang berhubungan dengan buangan pabrik
- d. Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.

2. Kepala Bagian Teknik

Tugas kepala bagian teknik, antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan dan utilitas
- b. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya

Kepala Bagian teknik membawahi seksi pemeliharaan, seksi utilitas, dan seksi keselamatan kerja-penanggulangan kebakaran.

Tugas seksi pemeliharaan, antara lain :

- a. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik
- b. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik

Tugas seksi utilitas, antara lain :

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.

Tugas seksi keselamatan kerja antara lain :

- a. Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal - hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja
- b. Melindungi pabrik dari bahaya kebakaran

3. Kepala Bagian Keuangan

Kepala bagian keuangan ini bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang administrasi dan keuangan dan membawahi 2 seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

Tugas seksi administrasi :

Menyelenggarakan pencatatan utang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.

Tugas seksi keuangan antara lain :

- a. Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang, dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan
- b. Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan

(Djoko, 2003)

4. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi, serta membawahi 2 seksi yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

Tugas seksi pembelian, antara lain :

- a. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan dalam kaitannya dengan proses produksi
- b. Mengetahui harga pasar dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

Tugas seksi pemasaran :

- a. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi
- b. Mengatur distribusi hasil produksi

5. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian imim membawahi seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

Seksi personalia bertugas :

- a. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- b. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.
- c. Melaksanakan hal - hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

Seksi humas bertugas :

Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

Seksi keamanan bertugas :

- a. Mengawasi keluar masuknya orang - orang baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik.
- b. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan
- c. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

4.6.3.7. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.6.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Anilin ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.

4.6.4.1. Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta karyawan yang berada di kantor.

Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

- Hari Senin – Jum'at : Jam 08.00 – 17.00

Jam Istirahat :

- Hari Senin – Kamis : Jam 12.00 – 13.00
- Hari Jum'at : Jam 11.00 – 13.00

4.6.4.2. Karyawan Shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian - bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung dan bagian - bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian selama 24 jam sebagai berikut :

Shift Pagi : Jam 06.00 – 14.00

Shift Sore : Jam 14.00 – 22.00

Shift Malam : Jam 22.00 – 06.00

Untuk karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 kelompok (A / B / C / D) dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga kelompok yang masuk, sehingga ada satu kelompok yang libur. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang bertugas tetap harus masuk. Jadwal pembagian kerja masing-masing kelompok ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.30

Tabel 4.30 Jadwal Pembagian Kelompok *Shift*

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8
A	L	P	P	P	L	S	S	S
B	P	L	S	S	S	L	M	M
C	S	S	L	M	M	M	L	P
D	M	M	M	L	P	P	P	L

Hari	9	10	11	12	13	14	15	16
A	L	M	M	M	L	P	P	P
B	M	L	P	P	P	L	S	S
C	P	P	L	S	S	S	L	M
D	S	S	S	L	M	M	M	L

Hari	17	18	19	20	21	22	23	24
A	L	S	S	S	L	M	M	M
B	S	L	M	M	M	L	P	P
C	M	M	L	P	P	P	L	S
D	P	P	P	L	S	S	S	L

Keterangan : P : Pagi

M : Malam

S : Siang

L : Libur

Jadwal untuk tanggal selanjutnya berulang ke susunan awal.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan (Djoko, 2003).

4.6.5. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada pabrik Anilin ini sistem upah karyawan berbeda - beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

2. Karyawan harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.6.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

4.6.6.1. Penggolongan Jabatan

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1. Direktur Utama | : Sarjana Ekonomi/Teknik/Hukum |
| 2. Direktur Produksi | : Sarjana Teknik Kimia |
| 3. Direktur Keuangan dan Umum | : Sarjana Ekonomi |
| 4. Kepala Bagian Produksi | : Sarjana Teknik Kimia |
| 5. Kepala Bagian Teknik | : Sarjana Teknik Mesin |
| 6. Kepala Bagian Pemasaran | : Sarjana Teknik Kimia/Ekonomi |
| 7. Kepala Bagian Keuangan | : Sarjana Ekonomi |
| 8. Kepala Bagian Umum | : Sarjana Sosial |
| 9. Kepala Seksi | : Ahli Madya |
| 10. Operator | : STM/SLTA/SMU |
| 11. Sekretaris | : Akademi Sekretaris |
| 12. Dokter | : Sarjana Kedokteran |
| 13. Perawat | : Akademi Perawat |
| 14. Lain-lain | : SD/SMP/Sederajat |

4.6.6.2. Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan harus ditentukan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien.

Tabel 4.31 Jumlah Karyawan menurut Jabatannya

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Produksi dan Teknik	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	2
5	Litbang	2
6	Sekretaris	3
7	Kepala Bagian Produksi	1
8	Kepala Bagian Litbang	1
9	Kepala Bagian Teknik	1
10	Kepala Bagian Umum	1
11	Kepala Bagian Keuangan	1
12	Kepala Bagian Pemasaran	1
13	Kepala Seksi Proses	1
14	Kepala Seksi Pengendalian	1
15	Kepala Seksi Laboratorium	1
16	Kepala Seksi <i>Safety</i> & lingkungan	1
17	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
18	Kepala Seksi Utilitas	1
19	Kepala Seksi Administrasi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Keuangan	1

Tabel 4.31 Jumlah Karyawan menurut Jabatannya (Lanjutan)

21	Kepala Seksi Pembelian	1
22	Kepala Seksi Personalia	1
23	Kepala Seksi Humas	1
24	Kepala Seksi Keamanan	1
25	Kepala Seksi Penjualan	1
26	Kepala Seksi Pemasaran	1
27	Karyawan Proses	33
28	Karyawan Pengendalian	8
29	Karyawan Laboratorium	8
30	Karyawan Penjualan	8
31	Karyawan Pembelian	6
32	Karyawan Pemeliharaan	8
33	Karyawan Utilitas	10
34	Karyawan Administrasi	5
35	Karyawan Personalia	5
36	Karyawan Humas	5
37	Karyawan Keamanan	20
38	Karyawan Pemasaran	8
39	Karyawan <i>Safety & Lingkungan</i>	6
40	Dokter	2

Tabel 4.31 Jumlah Karyawan menurut Jabatannya (Lanjutan)

41	Perawat	2
42	Sopir	4
43	Pesuruh	7
T O T A L		180

Tabel 4.32 Perincian Golongan dan Gaji Karyawan

Gol.	Jabatan	Gaji/Bulan	Kualifikasi
I	Direktur Utama	Rp. 50.000.000,00	min. S2 Pengalaman 10 tahun
II	Direktur	Rp. 30.000.000,00	min. S1 Pengalaman 10 tahun
III	Staff Ahli	Rp. 20.000.000,00	min. S1 pengalaman 5 tahun
IV	Litbang	Rp. 15.000.000,00	min. S1 pengalaman
V	Kepala Bagian	Rp. 8.000.000,00	min. S1/D3 pengalaman
VI	Kepala Seksi	Rp. 6.500.000,00	min. S1/D3 pengalaman
VII	Sekretaris	Rp. 5.000.000,00	min. S1/D3 pengalaman
VIII	Karyawan Biasa	Rp. 1.500.000,00 – Rp. 3.000.000,00	SMP/SLTA/D1/D3/S1

4.6.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan, antara lain

(Mas'ud, 1989) :

1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

2. Cuti

Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun. Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan Dokter.

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan pada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Asuransi Tenaga Kerja

Asuransi tenaga kerja diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang atau dengan gaji karyawan lebih besar dari Rp. 1.000.000,00 per bulan.

4.7. Evaluasi Ekonomi

Pada prarancangan pabrik Anilin ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang ini menguntungkan dari segi ekonomi atau tidak. Bagian terpenting dari prarancangan ini adalah estimasi harga dari alat-alat, karena harga digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisis ekonomi, di mana analisis ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan atau estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dalam titik impas. Selain itu, analisis ekonomi juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan.

Untuk itu pada prarancangan pabrik Anilin ini, kelayakan investasi modal pada sebuah pabrik akan dianalisis meliputi :

a. Profitability

Adalah selisih antara total penjualan produk dengan total biaya produksi yang dikeluarkan.

$$\text{Profitability} = \text{Total penjualan produk} - \text{total biaya produksi}$$

(Aries & Newton, 1955)

b. Percent Return on Investment (%ROI)

Adalah rasio keuntungan tahunan dengan mengukur kemampuan perusahaan dalam mengembalikan modal investasi.

ROI membandingkan laba rata – rata terhadap *Fixed Capital Investment*.

$$P_{rb} = \frac{P_b \cdot 100\%}{I_F} \quad P_{ra} = \frac{P_a \cdot 100\%}{I_F}$$

P_{rb} = % ROI sebelum pajak

P_{ra} = % ROI setelah pajak

P_b = Keuntungan sebelum pajak

P_a = Keuntungan setelah pajak

I_F = *Fixed Capital Investment*

(Aries & Newton, 1955)

c. Pay Out Time (POT)

adalah jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* berdasarkan profit yang diperoleh.

$$POT = \frac{I_F}{P + D}$$

POT = *Pay Out Time*, tahun

P = Profit

D = *Depreciation*

I_F = *Fixed Capital Investment*

(Aries & Newton, 1955)

d. Break Event Point (BEP)

Adalah titik impas, suatu keadaan dimana besarnya kapasitas produksi dapat menutupi biaya keseluruhan. Suatu keadaan dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan, tetapi tidak menderita kerugian.

$$r_a = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra}$$

r_a = Annual production rate

Fa = Annual fixed expense at max production

Ra = Annual regulated expense at max production

Sa = Annual sales value at max production

Va = Annual variable expense at max production

(Peters & Timmerhause, 2003)

e. Shut Down Point (SDP)

Adalah suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *Fixed Cost* yang menyebabkan pabrik harus tutup.

$$r_a = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra}$$

(Peters & Timmerhause, 2003)

f. Discounted Cash Flow (DCF)

Discounted Cash Flow dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atas investasi yang tak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

$$(FC + WC) (1 + i)^n = (WC + SV) + [(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + 1] \times c$$

dengan cara coba ralat diperoleh nilai $i = \%$.

Untuk meninjau faktor-faktor tersebut perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran – pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas – fasilitas produktif dan untuk menjalankannya.

Capital Investment meliputi :

- *Fixed Capital Investment* (Modal tetap)

Adalah investasi yang digunakan untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembantunya.

- *Working Capital* (Modal kerja)

Adalah bagian yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal dalam operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu dengan harga lancar.

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Costs*), terdiri dari :

- a. Biaya pengeluaran (*Manufacturing Costs*)

Manufacturing Costs merupakan jumlah *direct*, *indirect*, dan *Fixed manufacturing costs* yang bersangkutan dengan produk.

- *Direct Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran yang bersangkutan langsung dalam pembuatan produk.

- *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung dari operasi pabrik.

- *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost merupakan harga yang berkenaan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

b. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)

General Expense adalah pengeluaran yang tidak berkaitan dengan produksi tetapi berhubungan dengan operasional perusahaan secara umum.

3. Total pendapatan penjualan produk Anilin

Yaitu keuntungan yang didapat selama satu periode produksi.

4.7.1. Penaksiran Harga Peralatan

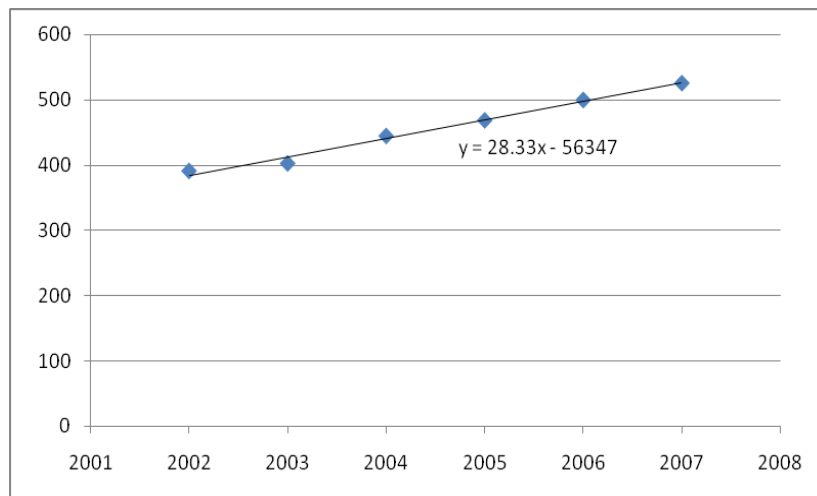
Harga peralatan pabrik dapat diperkirakan dengan metoda yang dikonversikan dengan keadaan yang ada sekarang ini. Karena data yang diperoleh adalah data pada tahun 2007, maka penentuan harga peralatan dilakukan dengan menggunakan data indeks harga.

Tabel 4.33 Indeks Harga Alat

Cost Index, Tahun	Chemical Engineering Plant Index
1987	324
1988	343
1989	355
1990	357.6
1991	361.3

Tabel 4.33 Indeks Harga Alat (Lanjutan)

1992	358.2
1993	359.2
1994	368.1
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
2000	394.1
2001	394.3
2002	390.4
2003	402
2004	444.2
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4



Gambar 4.9 *Chemical Engineering Cost Index*

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$Y = 7,254 X - 14092$$

Dengan : Y = Indeks harga

X = Tahun pembelian

Dari persamaan tersebut diperoleh harga indeks di tahun 2013 adalah 510.3.

Harga alat dan lainnya diperkirakan pada tahun evaluasi (2013) dan dilihat dari grafik pada referensi. Untuk mengestimasi harga alat tersebut pada masa sekarang digunakan persamaan :

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

Dengan :

E_x : Harga pembelian pada tahun 2013

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Indeks harga pada tahun 2013

N_y : Indeks harga tahun referensi

4.7.2. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

Asumsi-asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam perhitungan analisis ekonomi :

1. Pengoperasian pabrik dimulai tahun 2015.
2. Proses yang dijalankan adalah proses kontinyu.
3. Kapasitas produksi adalah 40.000 ton/tahun.
4. Jumlah hari kerja adalah 330 hari/tahun
5. *Shut down* pabrik dilaksanakan selama 35 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik.
6. Umur alat - alat pabrik diperkirakan 10 tahun.
7. Nilai rongsokan (*Salvage Value*) adalah nol
8. Situasi pasar, biaya dan lain - lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi
9. Upah buruh asing US \$ 8,5 per *manhour* (www.pajak.net)
10. Upah buruh lokal Rp. 10.000,00 per *manhour*
11. Perbandingan jumlah tenaga asing : Indonesia = 5% : 95%
12. Harga bahan baku Hidrogen US\$ 0,826 / kg
13. Harga bahan baku Nitrobenzene US\$ 0,1572 / kg
14. Harga produk Anilin US\$ 1.7884 / kg
15. Kurs rupiah yang dipakai Rp. 9.165,00 (Kurs pada 28/01/2012, Menteri Keuangan RI)

4.7.2.1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Tabel 4.34 Modal Tetap

No	Keterangan	US \$	Rp.	Total Harga (Rp)
1	Harga pembelian peralatan	6.507.771	-	59.643.723.059
2	Instalasi alat - alat	602.926	3.080.496.600	8.606.312.447
3	Pemipaan	2.344.712	3.749.286.869	25.238.569.441
4	Instrumentasi	1.162.786	577.592.842	11.234.522.771
5	Insulation	143.554	506.660.388	1.822.330.749
6	Listrik	478.513	506.660.388	4.892.228.260
7	Bangunan	1.435.538	-	13.156.703.616
8	Tanah dan perbaikan lahan	717.769	29.136.000.000	35.714.351.808
9	Utilitas	2.495.500	-	22.871.254.501
<i>Physical Plant Cost</i>		15.889.067	37.556.697.086	183.179.996.654
10.	<i>Engineering & Construction</i>	3.177.813	7.511.339.417	36.635.999.331
<i>Direct Plant Cost</i>		19.066.880	45.068.036.503	219.815.995.984
11.	<i>Contractor's fee</i>	1.906.688	4.506.803.650	21.981.599.598
12.	<i>Contingency</i>	4.766.720	11.267.009.126	54.953.998.996
<i>Fixed Capital Invesment (FCI)</i>		25.740.289	60.841.849.279	296.751.594.579

4.7.2.2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Tabel 4.35 *Modal Kerja*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Persediaan bahan baku	1.377.870	-	12.628.179.814
2.	Persediaan bahan dalam proses	20.340	14.973.589	201.386.565
3.	Persediaan Produk	5.369.670	3.953.027.554	53.166.053.082
4.	<i>Extended Credit</i>	11.120.627	-	101.920.548.000
5.	<i>Available Cash</i>	5.369.670	3.953.027.554	53.166.053.082
Working Capital Investment (WCI)		23.258.177	7.921.028.697	221.082.220.543

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$= \text{Rp } 517.833.815.122, -$$

4.7.3. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

4.7.3.1. *Manufacturing Cost*

4.7.3.1.1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Tabel 4.36 *Direct Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Harga Bahan Baku	1.377.870	-	12.628.179.814
2.	Gaji Pegawai	-	2.994.000.000	2.994.000.000
3.	Supervisi	-	1.584.000.000	1.584.000.000
4.	<i>Maintenance</i>	1.801.820	4.258.929.450	20.772.611.621

Tabel 4.36 *Direct Manufacturing Cost* (Lanjutan)

5.	<i>Plant Supplies</i>	270.273	638.839.417	3.115.891.749
6.	<i>Royalty & Patent</i>	6.672.376	-	61.152.328.800
7.	<i>Utilitas</i>	-	26.458.321.375	26.458.321.375
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		10.122.340	35.934.090.242	128.705.333.352

4.7.3.1.2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Tabel 4.37 *Indirect Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	<i>Payroll Overhead</i>	-	598.800.000	598.800.000
2.	<i>Laboratory</i>	-	598.800.000	598.800.000
3.	<i>Plant Overhead</i>	-	2.395.300.000	2.395.300.000
4.	<i>Packaging</i>	50.710.060	-	-
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		50.710.060	3.592.800.000	468.350.498.882

4.7.3.1.3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Tabel 4.38 *Fixed Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	<i>Depresiasi</i>	2.574.029	6.084.184.928	29.675.159.458
2.	<i>Property Tax</i>	514.806	1.216.836.986	5.935.031.892
3.	<i>Asuransi</i>	514.806	608.418.493	5.326.613.399
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		3.603.640	7.909.440.406	40.936.804.748

Total Manufacturing Cost (TMC)

$$= \text{DMC} + \text{IMC} + \text{FMC}$$

$$= \text{Rp } (128.705.333.352 + 468.350.498.882 + 40.936.804.748)$$

$$= \text{Rp } 637.992.636.982, -$$

4.7.3.2. General Expense (GE)Tabel 4.39 General Expense

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Administrasi	-	4.981.000.000	4.981.000.000
2.	<i>Sales</i>	40.034.258	-	366.913.972.801
3.	<i>Research</i>	3.736.531	-	34.245.304.128
4.	<i>Finance</i>	2.387.870	2.115.123.384	23.999.956.405
General Expense (GE)		46.158.659	7.096.123.384	403.140.233.335

Biaya Produksi Total (TPC)

$$= \text{TMC} + \text{GE}$$

$$= \text{Rp } 637.992.636.982 + \text{Rp } 403.140.233.335$$

$$= \text{Rp. } 1.068.132.870.317, -$$

4.7.4. Keuntungan Produksi

➤ Penjualan selama 1 tahun :

$$\text{Anilin} = \text{US \$ } 133.447.526$$

$$= \text{Rp. } 1.223.046.576.005, -$$

$$\text{➤ Biaya produksi total} = \text{Rp. } 1.068.132.870.317, -$$

➤ Keuntungan sebelum pajak = Rp 154.913.705.687

➤ Pajak = 25 % dari keuntungan = Rp 38.728.426.422

(www.pajak.go.id 2010)

➤ Keuntungan setelah pajak = Rp 116.185.279.266, -

4.7.5. Analisa Kelayakan

1. % *Profit on Sales* (POS)

POS sebelum pajak = 12,67 %

POS setelah pajak = 9,5 %

2. % *Return on Investment* (ROI)

ROI sebelum pajak = 52,20 %

ROI setelah pajak = 39,15 %

3. *Pay Out Time* POT

POT sebelum pajak = 1,6 tahun

POT setelah pajak = 2 tahun

4. *Break Event Point* (BEP)

Besarnya BEP untuk pabrik Anilin ini adalah 53,12 %

5. *Shut Down Point* (SDP)

Besarnya SDP untuk pabrik Anilin ini adalah 41,01 %

6. *Discounted Cash Flow* (DCF)

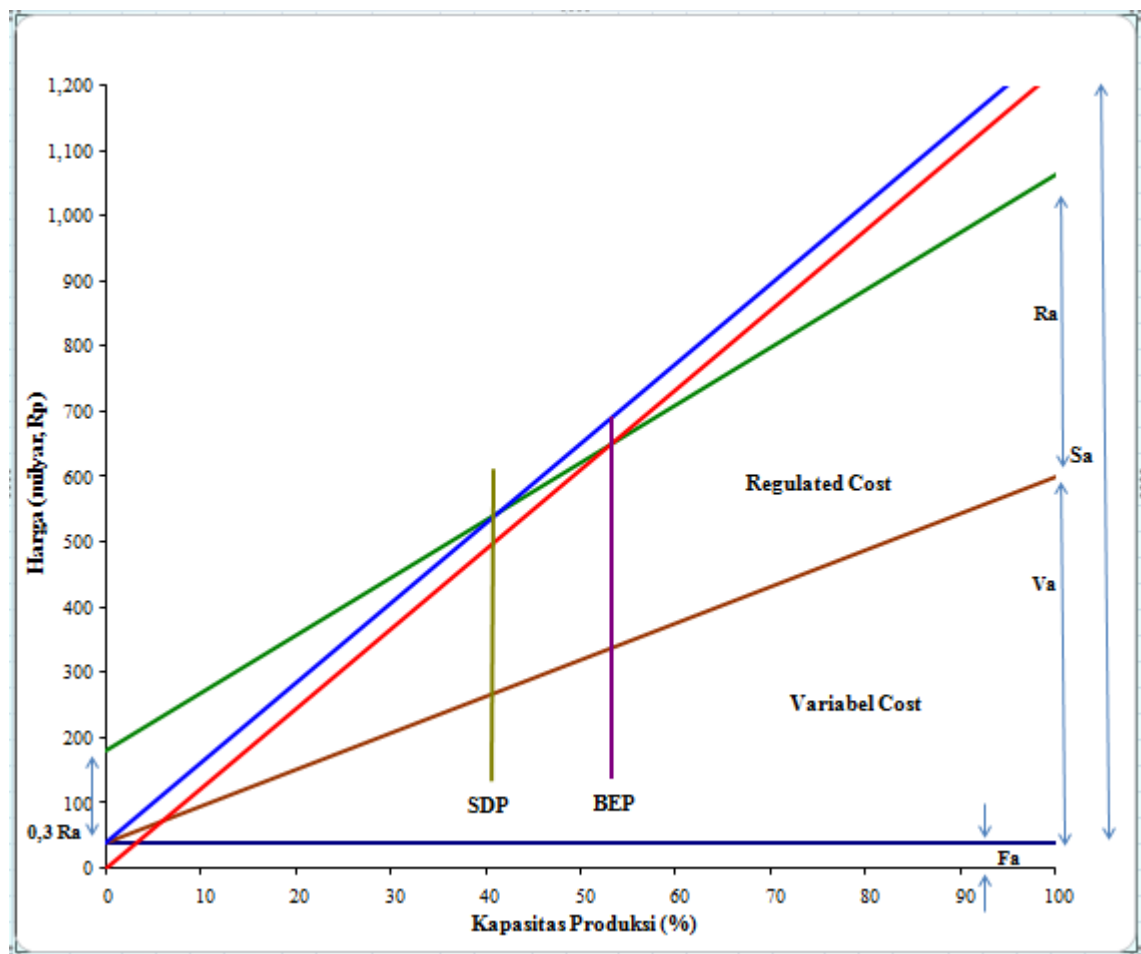
Tingkat bunga simpanan di Bank Mandiri adalah 6,5 %

(www.bankmandiri.co.id, 2012), dari perhitungan nilai DCF yang diperoleh adalah 29,52 %.

Tabel 4.40 Analisis kelayakan

No.	Keterangan	Perhitungan	Batasan
1.	<i>Return On Investment</i> (% ROI)		
	ROI sebelum pajak	52,20 %	ROIb pabrik beresiko tinggi min. 44% (Aries Newton, 1955)
	ROI setelah pajak	39,15 %	
2.	<i>Pay Out Time</i> (POT)		
	POT sebelum pajak	1,6 tahun	POTb pabrik beresiko tinggi max. 2 th (Aries Newton, 1955)
	POT setelah pajak	2 tahun	
3.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	53,12 %	40 – 60 %
4.	<i>Shut Down Point</i> (SDP)	41,01 %	
5.	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	29,52 %	min. 6,5 % (Bunga simpanan di Bank Mandiri)

Dari analisis ekonomi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pendirian pabrik Anilin dengan kapasitas 40.000 ton/tahun layak dipertimbangkan untuk direalisasikan pembangunannya.



Keterangan gambar :

Fa : Fixed manufacturing cost

Va : Variable cost

Ra : Regulated cost

Sa : Penjualan (Sales)

SDP : Shut down point

BEP : Break even point

Gambar 4.10 Grafik Analisis Kelayakan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pabrik *Anilin* dari Nitrobenzen dan Hidrogen dengan kapasitas 40.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi karena :

Berdasarkan tinjauan proses, yang berlangsung pada suhu 270 °C dan tekanan 2,3 atm, sifat-sifat bahan baku Nitrobenzen dan Hidrogen yang mudah menguap, terbakar, beracun serta meledak dan sifat produk Anilin yang mudah terbakar dan juga bersifat toxic, serta lokasi pabrik, maka pabrik *Anilin* dari Nitrobenzen dan Hidrogen ini tergolong pabrik beresiko tinggi.

2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

- 1) Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp 154.913.705.687 /tahun, dan keuntungan setelah pajak (25%) sebesar Rp 116.185.279.266 /tahun.

- 2) *Return On Investment* (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 52,20%, dan ROI setelah pajak sebesar 39,15%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).

- 3) *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 1,6 tahun dan POT setelah pajak selama 2 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan

resiko tinggi maksimum adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

4) *Break Event Point* (BEP) pada 53,12 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 41,01 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 29.52 %. Suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 6,5 % (www.bi.go.id, 28 februari 2012). Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank ($1,5 \times 6,5\% = 9,8\%$).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *Anilin* dari Nitrobenzen dan Hidrogen dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses/ alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

3. Produk *Anilin* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Air Liquide, 2011, *Hydrogen (H_2)*, www.uk.airliquide.com
- Aries, R.S., Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Book Company, New York
- Austin, G.T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industrial*, 3rd ed., Mc.Graw Hill Book Company Inc., Singapore
- Badan Pusat Statistik, 2008, *Statistics Indonesia*, www.bps.go.id
- Bank BNI, 2011, *Info Kurs*, www.bni.co.id
- Bank Mandiri, 2011, *Suku Bunga Deposito Mandiri*, www.bankmandiri.co.id
- Branan, C.R., 1994, *Rules of Thumb for Chemical Engineers*, Gulf Publishing Company, Houston
- Brown, G.G, 1978, *Unit Operation*, 3rd ed., McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Brownell, L.E., Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design : Vessel Design*, John Wiley and Sons Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Pergamon Press, Oxford
- Departemen Keuangan, 2010, *Keputusan Dirjen Pajak*, www.pajak.net
- Dirjen Pajak, 2010, *Tarif dan PTKP*, www.pajak.go.id, Indonesia
- Doraiswamy, L.K., and Sharma, M.M., 1984, *Heterogeneous Reaction Analysis, Example and Reactor Design*, vol 1, John Wiley & Sons Inc. New York

- Faith, W.L., and Keyes, D.B. 1961, *Industrial Chemical*, John Wiley & Sons Inc.
London
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operations*, 2nd ed., Allyn
and Bacon Inc., Boston
- Geiringer, P.L. 1962, *Handbook of Heat Transfer Media*, Reinhold Publishing Co.
New York
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book
Company, Singapore
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1997, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, 4th
ed., The Interscience Encyclopedia Inc, New York
- Kunii, D., and Levenspiel, O., 1991, *Fluidization Engineering*, 2nd ed,
Butterworth Heineman Inc., London
- Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd ed., John Wiley and
Sons Inc., New York
- March, J., 1988, *Advanced Organic Chemistry, Reaction, Mechanism, and
Structure*, 3rd ed, Wiley Eastern Limired, India
- Mc Ketta, J.J. and Cunningham, W.A., 1997, *Encyclopedia of Chemical
Processing and Design*, Vol A2, Marcel Dekker Inc., New York
- Perry, R.H., Green, D., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th ed.,
McGraw Hill Companies Inc., USA.
- Perry, R.H., Green, D., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed.,
McGraw Hill Companies Inc., USA.
- Pertamina, 2011, *Our Product*, www.pertamina.com

- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed., Mc-Graw Hill, New York.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.H., 1984, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th ed., McGraw Hill International Book Company, Singapore
- Treybal, R.E., 1984, *Mass Transfer Operation*, 3rd ed., McGraw Hill International Book Company, Japan
- U.S. Patent. 2,891,094 (June 16th, 1959), Karkalits
- U.S. patent. 3,472,897 (Oct 14th, 1969), Priyor, J.N.
- U.S. Patent. 4,265,834 (May 5th, 1981), Kenstock, B.
- U.S. Patent. 5,616,806 (April 1st, 1997), Teruyuki, N.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, New York
- Vilbrandt , F.C and Dryden,C.E., 1959, *Chemical Engineering Plant Design*, 4th ed., McGraw Hill Kogakusha Company Limited, Tokyo
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., Butterworths Series in Chemical Engineering, USA
- Widjaja, G., dan Yani, A., 2003, *Perseroan Terbatas*, Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies Inc., New york
- Zamani, 1998, *Manajemen*, Badan Penerbit IPWI, Jakarta

www.alibaba.com

www.chemistry.org

www.indonesia-property.com

www.springerlink.com

www.the-innovation-group.com/chemprofile.htm

LAMPIRAN - LAMPIRAN

LAMPIRAN

REAKTOR (R – 01)

Fungsi : Tempat Berlangsungnya reaksi pembentukan Anilin

Kode : R – 01

Fase Reaksi : gas – gas

Tipe : *Fluidized Bed Catalitic Reactor* dengan siklon internal

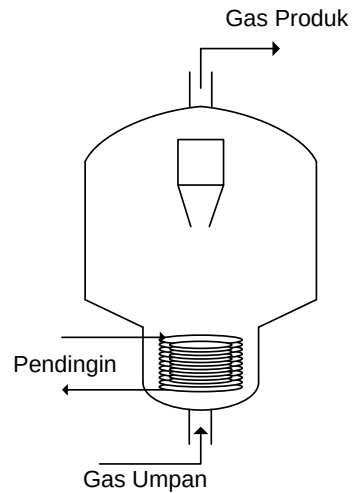
Menentukan Jenis Reaktor

Reaktor yang dipilih adalah jenis *Fluidized Bed Catalitic Reactor* dengan siklon internal dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Reaksi yang terjadi adalah reaksi gas-gas pada katalis padat
- b. Katalis yang digunakan berukuran kecil $20 \text{ \AA}$ ($< 0,1 \text{ mm}$)
- c. Diperlukan pemisahan katalis dari fluida keluar reaktor
- d. Reaksi bersifat eksotermis sehingga memerlukan pendingin untuk menjaga suhu tetap pada kondisi operasinya

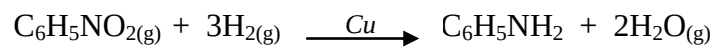
Tujuan Perancangan :

1. Menghitung dimensi reaktor
2. Menghitung dimensi *freeboard*
3. Menentukan tebal reaktor
4. Menghitung *pressure drop*
5. Menghitung dimensi distributor
6. Menghitung kebutuhan dan konstruksi pendingin



Gambar 1 Reaktor *fluidized bed*

Reaksi :



Data yang diketahui :

- Konversi $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 = 99\%$ (Othmer, Vol 2, hal 493)

- Konstanta kecepatan reaksi (reaksi orde 1)

$$k = 8,77 \exp (-2631 / (R * T)) \quad (\text{Doraismamy, Vol 1, hal 363 })$$

- Kalor yang dilepaskan pada reaksi standar

$$\Delta H_{298} [\text{eksotermis}] = 132.000 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol}} = 552.000 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \quad (\text{Coulson, hal 817 })$$

- Kondisi Operasi

$$T_1 = T \text{ umpan masuk} = 270 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 2,3 \text{ atm}$$

$$T_2 = T \text{ hasil reaksi} = 270 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Excess Hidrogen} = 200 \%$$

(Othmer, Vol 2, hal 493)

• Data Katalis

$$\text{Katalis} = \text{Silica supported copper catalyst (10 – 20 \% Cu)}$$

$$\text{Surface area} = \pm 200 \text{ m}^2 / \text{gram}$$

$$\text{Pore volume} = 0,25 \text{ cc}$$

$$\text{Avg pore diameter} = 20 \text{ \AA}$$

$$\text{Particle diameter} = 20 - 150 \text{ }\mu\text{m}$$

(U.S Patent 2,891,094)

Grading

$$20 - 40 \text{ }\mu\text{m} : 3 \% \text{ wt}$$

$$40 - 60 \text{ }\mu\text{m} : 7 \% \text{ wt}$$

$$60 - 80 \text{ }\mu\text{m} : 12 \% \text{ wt}$$

$$80 - 100 \text{ }\mu\text{m} : 19 \% \text{ wt}$$

$$100 - 120 \text{ }\mu\text{m} : 25 \% \text{ wt}$$

$$120 - 140 \text{ }\mu\text{m} : 24 \% \text{ wt}$$

$$140 - 150 \text{ }\mu\text{m} : 10 \% \text{ wt}$$

$$\text{Voidage at min Fluidization} = 0,45$$

$$\text{Shape Factor} = 0,95$$

$$\rho \text{ bulk at min fluidization} = 800 \text{ kg / m}^3$$

$$\rho \text{ solid} = 2000 \text{ kg / m}^3$$

(Coulson, hal 817)

Dari data ukuran partikel di atas dapat dihitung diameter partikel katalis rata-rata, yaitu sebesar : 103,1 μm setara dengan $1,031 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

- Data aliran gas

Masuk reaktor

- Densitas gas (ρ_{gas}) = $0,9972 \text{ kg/m}^3$ = $9,9723 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$
- Viskositas (μ) = $1,3392 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$
- Laju alir gas (Q) = $7560,0601 \text{ kg/jam}$

Keluar reaktor

- Densitas gas (ρ_{gas}) = $1,1642 \text{ kg/m}^3$ = $1,1642 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$
- Viskositas (μ) = $1,46 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$
- Laju alir gas (Q) = $7560,0601 \text{ kg/jam}$

- Percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$

- *Minimum vapor velocity*

$$U_{mf} = 0,02 \text{ m/s} \quad (\text{Doraiswamy, Vol 1, hal 363})$$

- Spesifikasi senyawa

Nitrobenzen ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$)

$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$: 99,8 % w

C_6H_6 : 0,1 % w

H_2O : 0,1 % w

Anilin($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$)

$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$: 99,9 % w

H_2O : max 0,05 %

$C_6H_5NO_2$: max 20 ppm

$$D_t = \left[\frac{4.A}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,9576 \text{ m}$$

Diambil faktor keamanan sebesar 20%, sehingga :

$$D_t = 1,2 \times 1,9576 \text{ m} = 2,1534 \text{ m}$$

Menghitung TDH (*Transport Disengaging Height*)

$$TDH = D_t \left(\frac{TDH}{D_t} \right)$$

Dengan : $D_t = 2,1534 \text{ m}$

Dari Kunii Levenspiel fig 6, hal 94, didapat $TDH / D_t = 2,5$

$$\text{Maka } TDH = 2,1534 \times 2,5 = 5,3835 \text{ m}$$

Menghitung Tinggi Head Bawah (*Lh*)

Diambil *head elliptical dish*, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{tinggi head bawah (} L_h \text{)} &= 0,25 D_t \\ &= 0,25 \cdot 2,1534 \text{ m} \\ &= 0,5383 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi *Freeboard*

Menentukan diameter *Freeboard* (*Df*)

$$D_{\text{freeboard}} = \sqrt{\frac{4.A_o}{\pi}}$$

Dimana : A_o = Luas permukaan saat terjadi sludging

$$A_o = \frac{Q}{Umf}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2,5019 \text{ m}^3/\text{s}}{0,02 \text{ m/s}} \\
 &= 105,2929 \text{ m}^2 \\
 D_{\text{freeboard}} &= \sqrt{\frac{4 \cdot 105,2929}{3,14}} \\
 &= 11,5762 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diambil faktor keamanan 10% sehingga

$$D_{\text{freeboard}} = 12,3779 \text{ m}$$

Menghitung tinggi *freeboard* (Tf)

Dari Mc. Ketta vol. 23 hal. 126 untuk perancangan yang memadai dipakai tinggi 6 – 10 m diatas permukaan *bed* (Lmf)

Direncanakan tinggi *freeboard* Tf = 10 m (diambil maksimal agar katalis yang hilang mendekati nol)

Tinggi *freeboard* dihitung dari TDH

$$\begin{aligned}
 T_f &= 10 - \text{TDH} \\
 &= 8 \text{ m} - 5,3835 \text{ m} \\
 &= 4,6165 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bubble Gas

Frekuensi *Bubble*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume alir} &= 7581,0867 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 2105857,4050 \text{ cm}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{g^{3,5}}{1,138.v^{1,5}} \\
 &= 8,4724 \text{ s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Diameter *Bubble*

Dari figure 14, Kunii Levenspiel, hal 122 diperoleh $Db \text{ maks} / Dp$

$$\text{Untuk } Dp = 0,0103 \text{ cm}$$

$$\text{Dan } (\rho_s - \rho_g) = 2,199 \text{ gram / cm}^3$$

$$\text{Diperoleh } Db \text{ maks} / Dp = 300$$

Sehingga diameter *bubble* maksimum sebesar 3,093 cm

Sedangkan :

$$\begin{aligned}
 Db &= \frac{1,5}{n} \cdot (U_o - U_{mf}) \\
 &= \frac{1,5}{8,4727 \text{ s}^{-1}} \cdot (70 \text{ cm/s} - 2 \text{ cm/s}) \\
 &= 2,9716 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung Dimensi Reaktor

Kecepatan minimum Fluidisasi (U_{mf})

Dari Doraiswamy, vol 1, hal 363 diperoleh nilai

$$U_{mf} = 2 \text{ cm/s}$$

Kecepatan minimum Operasi

Dari Kunii, tabel 5.1 diperoleh kisaran U_o sebesar 4,6 – 64 U_{mf}

Diambil nilai $U_o = 35 U_{mf}$

Sehingga $U_o = 70 \text{ cm/s} = 0,7 \text{ m/s}$

Menghitung kecepatan terminal (U_t)

$$U_t = \left\{ \frac{4 \cdot (\rho_s - \rho_g)^2 \cdot g^2}{225 \cdot \rho_g \cdot \mu} \right\}^{\frac{1}{3}} \cdot dp$$

$$= 87,9354 \text{ cm/s}$$

Agar partikel dapat jatuh, maka kecepatan gas fluidisasi (U_o) harus lebih kecil dari kecepatan terminalnya (U_t). Dari hasil perhitungan terlihat persyaratan tersebut telah terpenuhi.

Menghitung diameter Zona Reaksi

$$U_{mf} = 2 \text{ cm/s}$$

$$U_t = 87,9354 \text{ cm/s}$$

$$U_o = 70 \text{ cm/s}$$

$$Q = \text{massa alir} / \rho_g$$

$$= 7560,0601 \text{ kg/jam} / 0,9972 \text{ kg/m}^3$$

$$= 7581,0866 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$A = Q / U_o$$

$$= 7581,0866 \text{ m}^3/\text{jam} / 2520 \text{ m/jam}$$

$$= 3,0084 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa *bubble* yang terbentuk dengan kecepatan alir uap sebesar 70 cm/s masih dibawah diameter *bubble* maksimum. Sehingga kecepatan alir ini memenuhi syarat.

Menghitung tinggi zona reaksi (Lf)

Persamaan yang digunakan :

$$\left(\begin{matrix} \text{overall} \\ \text{disapperance} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \text{reaction} \\ \text{in bubble} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{transfer to the} \\ \text{cloud and wake} \end{matrix} \right)$$

$$\left(\begin{matrix} \text{transfer to the} \\ \text{cloud and wake} \end{matrix} \right) \cong \left(\begin{matrix} \text{reaction in the} \\ \text{cloud and wake} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{transfer to} \\ \text{the emulsion} \end{matrix} \right)$$

$$\left(\begin{matrix} \text{transfer to} \\ \text{the emulsion} \end{matrix} \right) \cong \left(\begin{matrix} \text{reaction in} \\ \text{the emulsion} \end{matrix} \right)$$

Untuk orde pertama reaksinya tidak dapat diubah lagi, sehingga :

$$-\frac{dC_{Ab}}{dt} = -u_b \frac{dC_{Ab}}{dl} = (K_r)_b C_{Ab}$$

$$= \gamma_b K_r C_{Ab} + (K_{bc})_b (C_{Ab} - C_{Ac})$$

$$(K_{bc})_b (C_{Ab} - C_{Ac}) \cong \gamma_c K_f C_{Ac} + (K_{ce})_b (C_{Ac} - C_{Ae})$$

$$(K_{ce})_b(C_{AC} - C_{Ae}) \cong \gamma_c K_r C_{Ae}$$

$$Xf = \frac{Lf(Kr)b}{Ub} = \left(\frac{Lf.Kr}{Ub} \right) \left[b + \frac{1}{\frac{Kr}{(Kbc)b} + \frac{1}{\gamma_c + \frac{1}{\frac{Kr}{(Kbc)b} + \frac{1}{\gamma_c}}}} \right]$$

$$C_{Ab} = C_{Ai} \exp \left[-Xf \left(\frac{l}{Lf} \right) \right]$$

$$1-X_A=\frac{C_{Abo}}{C_{Ai}}=e^{-Xf}$$

$$C_A = C_{Ao} (1-X_A)$$

$$\frac{C_{Ao}}{C_A} = \frac{1}{(1-X_A)}$$

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_A} = \ln \frac{1}{(1-X_A)}$$

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = \left[\gamma_b \cdot k + \frac{1}{\frac{1}{\delta \cdot K_{bc}} + \frac{1}{\gamma_c \cdot k + \frac{1}{\frac{1}{\delta \cdot K_{ce}} + \frac{1}{\gamma_e \cdot k}}}} \right] \cdot \frac{L_f}{U_o}$$

diketahui

$$k = 8,77 \exp(-2631 / (R \cdot T))$$

$$\text{untuk } T = 543,15 \text{ K}$$

$$k = 8,2672 \text{ s}^{-1}$$

Menghitung konstanta yang ada :

$$1. \text{ Ubr} = 0,711 (g \cdot db)^{1/2} \quad (\text{Kunii, hal 133})$$

Ubr = kecepatan naiknya sebuah *bubble*

dimana : db = diameter *bubble* yang terbentuk = 2,9716 cm

maka,

$$\text{Ubr} = 0,711 (980 \text{ cm/s}^2 \cdot 2,9716 \text{ cm})^{1/2}$$

$$\text{Ubr} = 39,1447 \text{ cm/s}$$

$$2. \text{ Ub} = \text{Uo} - \text{Umf} + \text{Ubr} \quad (\text{Kunii, hal 133})$$

Ub = kecepatan naiknya *bubble, clouds* dan *wakes*

dimana : $\text{Uo} = 70 \text{ cm/s}$

$$\text{Umf} = 2 \text{ cm/s}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } \text{Ub} &= (70 - 2 + 39,1447) \text{ cm/s} \\ &= 107,1447 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$3. \delta = (\text{Uo} - \text{Umf}) / \text{Ub} \quad (\text{Kunii, hal 201})$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= \text{fraksi bed dalam bubble} \\
 &= (70 \text{ cm/s} - 2 \text{ cm/s}) / 107,1447 \text{ cm/s} \\
 &= 0,6347
 \end{aligned}$$

$$4. \gamma_b = \frac{(1 - \epsilon_{mf})(1 - \delta) \cdot 0.015}{\delta} \quad (\text{Kunii, hal 202})$$

$$\gamma_b = \text{volume of solid dispersed in bubble / volume of bubbles}$$

$$\gamma_b = 0,0047$$

$$5. \gamma_c = (1 - \epsilon_{mf}) \cdot \left[\frac{3 \cdot U_{mf} / \epsilon_{mf}}{U_{br} - U_{mf} / \epsilon_{mf}} + \alpha \right] \quad (\text{Kunii, hal 202})$$

$$\gamma_c = \text{volume of solid within clouds and wakes / volume of bubbles}$$

$$\alpha = 0,4 \quad (\text{Kunii, fig 5.9})$$

$$\gamma_c = 0,3088$$

$$6. \gamma_e = \frac{(1 - \epsilon_{mf})(1 - \delta)}{\delta} - \gamma_c - \gamma_b \quad (\text{Kunii, hal 201})$$

$$\gamma_e = \text{volume of solid in rest of emulsion / volume of bubble}$$

$$\gamma_e = 0,0030$$

$$7. K_{bc} = 4,5 \left(\frac{U_{mf}}{db} \right) + 5,85 \left(\frac{\rho^{1/2} \cdot g^{1/4}}{db^{5/4}} \right) \quad (\text{Kunii, hal 312})$$

$$K_{bc} = \text{Mass Transfer coefficient between bubbles and cloud}$$

$$\text{Dari Doraiswamy diperoleh nilai } D = 9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$= 0,9 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$K_{bc} = 10,4800$$

$$8. \quad K_{ce} = 6,78 \left[\frac{(\epsilon m f \cdot \phi \cdot U_b)}{d b^3} \right]^{1/2} \quad (\text{Kunii, hal 312})$$

K_{ce} = Mass transfer coefficient between cloud and emulsion

$$K_{ce} = 8,2106$$

$$L_f = 172,5014 \text{ cm}$$

Diambil faktor keamanan 10% sehingga :

$$L_f = 190,09 \text{ cm}$$

$$= 1,9009 \text{ m}$$

Menghitung Tebal Shell

Dari Brownell, hal 251, dipilih bahan dengan spesifikasi :

- Carbon Steel
- Plate Steel = SA – 283 grade C
- T desain = 543,15 K
- P operasi = 2,3 atm
= 33,81 psia
- P desain = 1,1 x 33,81 (faktor keamanan 10 %)
= 37,18 psia
- Tekanan maksimum diperbolehkan (f) = 12.650 psi
- Efisiensi pengelasan = 80 %
- Faktor korosi (C) = 0,125
- ID shell = 12,734 m = 521,3288 inchi

Persamaan :

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

$$t_s = 1,0331 \text{ inchi}$$

Menghitung tebal *head*

$$t_h = \left[\frac{P \cdot d}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} \right] + C$$

$$t_h = 1,1221 \text{ inchi}$$

Digunakan tebal head standar = 1 1/8 inchi

Menghitung tinggi *head* bawah

Dipilih *elliptical dished head*

$$L_{hb} = 0,25 \times D_t$$

$$= 0,25 \times 2,1533 \text{ m}$$

$$= 0,5922 \text{ m}$$

Menghitung tebal *head* atas

$$L_{ha} = 0,25 \times D_f$$

$$= 0,25 \times 12,3379 \text{ m}$$

$$= 3,5018 \text{ m}$$

Menghitung Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi reaktor} &= \text{tinggi head bawah} + \text{tinggi zona reaksi} + \text{tinggi TDH} \\
 &\quad + \text{tinggi } freeboard + \text{tinggi head atas} \\
 &= L_{hb} + L_f + TDH + T_f + L_{ha} \\
 &= 15,9949 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Katalis

$$W = A_t \times L_{mf} \times (1 - \epsilon_{mf}) \times \rho_s \quad (\text{Kunii, hal 335})$$

$$W = \text{Massa katalis (gram)}$$

$$L_{mf} = (1 - \delta) \cdot L_f$$

$$= 0,6313 \text{ m} = 63,13 \text{ cm}$$

Dengan :

$$L_{mf} = \text{tinggi } bed \text{ statik}$$

$$A_t = \text{luas zona reaksi}$$

$$\epsilon_{mf} = \text{fraksi kosong pada } bed \text{ statik}$$

$$\rho_s = \text{densitas katalis}$$

$$W = 2780,7434 \text{ Kg}$$

Dengan asumsi *loss* katalis selama beroperasi sebesar 20 %, sehingga kebutuhan total katalis adalah sebesar :

$$W = 3,34 \text{ ton}$$

Karena katalis ini mempunyai umur yang singkat, maka katalis ini dapat diregenerasi dengan bantuan alat yang bernama *Regenerator*.

Menghitung *Entrainment* Reaktor

Rumus yang digunakan :

$$E = 0,514 \left[\frac{U_o}{g \cdot z} \right]^{1,53} D t^{0,75} \left[\frac{\mu_c}{\mu_o} \right]^{1,75} \left[\frac{1}{\rho_s} \right]^{2,5} \left[\frac{1}{U_{mf}} \right]^{1,5}$$

$$= 1,1335 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{Kecepatan gas} = 7560,0601 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Entrainment} = E \times \text{kecepatan gas}$$

$$= 8,57 \cdot 10^{-5} \text{ kg/jam}$$

Menghitung *Pressure Drop*

$$\frac{\Delta P}{L_{mf}} = (1 - \epsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g) \left(\frac{g}{gc} \right)$$

$$\rho_s = 2200 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_g = 1,0026 \text{ kg/m}^3$$

$$\epsilon_{mf} = 0,45$$

$$g/gc = 1$$

$$\Delta P = 763,5680 \text{ kgf/m}^2$$

$$= 0,0739 \text{ atm}$$

$$= 1,0862 \text{ psia}$$

Menghitung Dimensi distributor

Menghitung ΔP melalui distributor

$$\Delta P = 10 \% \times \Delta P \text{ reaktor}$$

$$= 0,1086 \text{ psia}$$

Menghitung koefisien *orrifice* (Cd)

$$\text{Re} = \frac{D t \cdot \rho_g U_o}{\mu}$$

$$\text{Re} = 11265,3149$$

Dari fig. 3 -12, hal 88, Kunii, untuk $N_{re} > 10.000$, maka $C_d = 0,6$

Menghitung U_{or}

Dari Kunii Levenspiel, persamaan 35, hal 88

$$U_{or} = C_d \left[2 \cdot g_c \cdot \frac{\Delta P}{\rho g} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$U_{or} = 2772,3099$$

Menghitung jumlah lubang (N_{or})

$$N_{or} = \frac{4 \cdot U_o}{\pi \cdot D_{or}^2 \cdot U_{or}}$$

Dipilih $D_{or} = 0,2$

Alasan pemilihan $D_{or} = 0,2\text{cm}$

- Bila diameter *orrifice* terlalu besar, maka kemungkinan terjadi *bubbling* dengan ukuran yang besar karena distribusi gas tidak sempurna
- Untuk menjaga *orrifice* yang kecil menyebabkan *pressure drop* yang besar yang menyebabkan kebutuhan *driving force* yang besar pula

Untuk dapat menjaga agar partikel katalis tidak terikut keluar di atas, maka *orrifice* dipasang *cap*

$$\text{Nor} = 0,8 / \text{cm}^2$$

$$\text{Jumlah lubang} = 1 \text{ lubang} / \text{cm}^2$$

Menghitung Ukuran Pipa Pemasukan dan Pengeluaran

Ukuran pipa pemasukan

Gas Input Reaktor

$$T = 270 \text{ }^{\circ}\text{C} = 543,15 \text{ K}$$

$$P = 2,3 \text{ atm}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 0,9972 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,0623 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 133 \text{ micropoise}$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-04} \text{ kg/m.s}$$

$$Q = 7560,0601 \text{ kg/jam}$$

$$= 7581,0867 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 74,3668 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Pipa Pemasukan umpan

$$di = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 18,9 \text{ in} = 0,48 \text{ m}$$

Digunakan pipa standar dengan ukuran 20 inchi

Ukuran pipa pengeluaran

Gas Output Reaktor

$$T = 270\text{ }^{\circ}\text{C} = 543,15\text{ K}$$

$$P = 2,3\text{ atm}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 1,1642\text{ kg/m}^3$$

$$= 0,0727\text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 146\text{ micropoise}$$

$$= 1,46 \cdot 10^{-04}\text{ kg/m.s}$$

$$Q = 7560,0601\text{ kg/jam}$$

$$= 7581,0867\text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 74,3668\text{ ft}^3/\text{s}$$

Pipa Pengeluaran Produk Reaktor

$$di = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 17,99\text{ in} = 0,46\text{ m}$$

Digunakan pipa standar dengan ukuran 20 inchi

Luas Permukaan Reaktor

Zona unexpanded bed

$$ID = 2,1534\text{ m} = 7,0649\text{ ft} = 84,7792\text{ in}$$

$$ts = 1\text{ }1/8\text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \cdot ts$$

$$= 2,2105\text{ m} = 7,2524\text{ ft} = 87,0293\text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 r &= OD / 2 \\
 &= 1,1052 \text{ m} \quad = 3,6262 \text{ ft} \quad = 43,5146 \text{ in} \\
 L &= 1,9008 \text{ m} \quad = 6,2364 \text{ ft} \quad = 74,8370 \text{ in} \\
 icr &= 6 \% OD \text{ shell} \\
 icr &= 0,1301 \text{ m} \quad = 0,1302 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

(Brownell, tabel 5.7)

Shell

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \pi . Dt . L \\
 &= 138,3480 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Head

$$a = ID / 2 = 42,3896 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - \sqrt{(r - icr)^2 - (a - icr)^2} \\
 &= 34,289 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Luas permukaan *head* dihitung berdasarkan rumus bola

$$\begin{aligned}
 A_2 &= \frac{4}{3} . a . b \\
 &= 1938 \text{ in}^2 \\
 &= 13,4583 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Freeboard

$$\begin{aligned}
 ID &= 12,73 \text{ m} \quad = 41,7777 \text{ ft} \quad = 501,3328 \text{ in} \\
 ts &= 1 \frac{1}{8} \text{ in} \\
 OD &= ID + 2 * ts \\
 &= 12,79 \text{ m} \quad = 41,9652 \text{ ft} \quad = 503,5828 \text{ in} \\
 r &= OD / 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,3955 \text{ m} \quad = 20,9826 \text{ ft} \quad = 251,7914 \text{ in} \\
 L &= 10 \text{ m} \quad = 32,8084 \text{ ft} \quad = 393,7008 \text{ in} \\
 icr &= 6 \% \text{ OD shell} \\
 icr &= 0,1326 \text{ m} \quad = 0,4351 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

(Brownell, tabel 5.7)

Shell

$$\begin{aligned}
 A_3 &= \pi \cdot Dt \cdot L \\
 &= 4303,8740 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Head

$$a = ID / 2 = 250,6664 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{(r - icr)^2 - (a - icr)^2}$$

$$b = 228,2658 \text{ in}$$

Luas permukaan head dihitung berdasarkan rumus bola

$$\begin{aligned}
 A_4 &= \frac{4}{3} \cdot a \cdot b \\
 &= 76291,4346 \text{ in}^2 \\
 &= 529,8016 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\
 &= 4985,4820 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Heat loss pada dinding tanpa isolasi*Asumsi*

- Suhu dinding dalam reaktor = suhu operasi reaktor

- K shell >>> sehingga suhu dinding luar reaktor = suhu dinding dalam keadaan *steady state*

Dengan asumsi

$$T_{\text{udara}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 86\text{ }^{\circ}\text{F} = 546\text{ R}$$

$$T_{\text{dinding}} = 270\text{ }^{\circ}\text{C} = 518\text{ }^{\circ}\text{F} = 978\text{ R}$$

$$\varepsilon_{\text{shell}} = 0,79$$

koefisien konveksi udara

$$\begin{aligned} h_c &= 0,19 (\Delta T)^{1/3} \\ &= 1,43631 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} \end{aligned}$$

Koefisien radiasi dinding reaktor – udara

$$\begin{aligned} h_r &= \frac{0.173 \cdot \varepsilon_{\text{shell}} \cdot \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_u}{100} \right)^4 \right\}}{T - T_u} \\ &= 2,6131 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} \end{aligned}$$

Fluks panas dari dinding reaktor ke udara

$$\begin{aligned} Q/A &= (h_c + h_r) (T - T_u) \\ &= 1749,36439 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} \end{aligned}$$

Panas yang hilang ke lingkungan bila dinding reaktor tidak diisolasi

$$\begin{aligned} Q &= \text{fluks panas} \cdot A_{\text{total}} \\ &= 8,7214\text{E}^{+06} \text{ Btu / hr} \end{aligned}$$

NERACA PANAS PADA REAKTOR

Neraca Panas Total

$$Q_1 + Q_{\text{reaksi}} = Q_2 + Q_3$$

Keterangan

Q_1 = Panas Umpan masuk reaktor, KJ / jam

Q_2 = Panas Produk keluar reaktor, KJ / jam

Q_3 = Panas yang dilepas ke dinding pendingin, KJ / jam

Q_{reaksi} = Panas reaksi, KJ / jam

a. Panas umpan masuk reaktor

$$T_{\text{input}} = 270\text{ }^{\circ}\text{C} = 543,15\text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15\text{ K}$$

$$\int_{543,15}^{298,15} Cp \cdot dt = AT + \frac{B}{2} \cdot T^2 + \frac{C}{3} \cdot T^3 + \frac{D}{4} \cdot T^4 + \frac{E}{5} \cdot T^5$$

Komponen	$\int Cp \cdot dt$	Input	Q (KJ / jam)
H ₂	-7135,85862	334,6363	-2387917,306
C ₆ H ₆	-28987,4985	0,0871	-2525,108437
H ₂ O	-8459,65676	0,3777	-3195,24816
C ₆ H ₅ NH ₂	-36684,7964	0,0600	-2201,784807
C ₆ H ₅ NO ₂	-38387,2046	55,7727	-2140958,67
total		390,933847	-4536798,117

$$Q_1 = -4536798,12 \text{ kJ/jam}$$

$$= -4300054,93 \text{ Btu/jam}$$

b. Panas umpan keluar reaktor

$$T_{\text{output}} = 270 \text{ }^{\circ}\text{C} = 543,15 \text{ K} = 518 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K} = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\int_{543,15}^{298,15} C_p \cdot dt = AT + \frac{B}{2} \cdot T^2 + \frac{C}{3} \cdot T^3 + \frac{D}{4} \cdot T^4 + \frac{E}{5} \cdot T^5$$

Komponen	$\int C_p \cdot dt$	Output	Q (KJ / jam)
H ₂	7135,85862	168,9913	1205898,239
C ₆ H ₆	28987,4985	0,0871	2525,108437
H ₂ O	8459,656756	110,8077	937394,9581
C ₆ H ₅ NH ₂	36684,7964	55,2750	2027752,415
C ₆ H ₅ NO ₂	38387,20464	0,5577	21409,5867
total		335,718858	4194980,308

$$Q_2 = 4194980,308 \text{ kJ/jam}$$

$$= 3976074,154 \text{ Btu/jam}$$

c. Panas reaksi

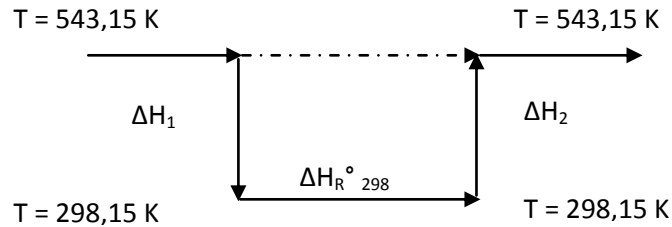
$$\Delta H_{R \ 298} = -464128 \text{ KJ / kmol}$$

$$= -439908,464 \text{ Btu / kmol}$$

Anilin yang dihasilkan pada saat reaksi sebesar 55,2750 kmol / jam

$$Q_{298} = -25654678,9 \text{ KJ / jam}$$

$$= -24315943,9 \text{ Btu / hr}$$



ΔH_1 = Perubahan entalpi karena proses pendinginan reaktan dari suhu masuk hingga 298,15 K

ΔH_2 = Perubahan entalpi karena proses pemanasan produk dari suhu 298,15 K hingga suhu keluar

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = -341817,809 \text{ kJ/jam}$$

Panas Reaksi pada suhu 543,15 K sebesar :

$$\begin{aligned} Q_{\text{reaksi } 543,15 \text{ K}} &= \Delta H_1 + Q_{\text{reaksi } 298 \text{ K}} + \Delta H_2 \\ &= -4536798,12 + -25654678,9 + 4194980,308 \\ &= -25996497 \text{ kJ/jam} \\ &= -24639925 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Tanda (-) menunjukkan bahwa reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas ke lingkungan)

$$\begin{aligned} Q &= 25996497 \text{ kJ/jam} \\ &= 24639925 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{input}} &= Q_{\text{umpan}} + Q_{\text{reaksi}} \\ &= 30191477,05 \text{ kJ/jam} \\ &= 28615998,82 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{output}} &= Q_{\text{produk}} \\
 &= 4194980,308 \text{ kJ/jam} \\
 &= 3976074,154 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

Suhu selama reaksi berlangsung dijaga menggunakan koil pendingin.

Beban panas yang harus diambil media pendingin adalah Q_{total} dikurangi Q yang hilang ke lingkungan melalui dinding reaktor.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{coil}} &= Q_{\text{total}} + Q_{\text{loss}} \\
 &= 1,6795\text{E}+07 \text{ kJ/jam} \\
 &= 1,5919\text{E}+07 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

Sebagai pendingin digunakan *Dowtherm A*

$$T_{\text{input}} = 75\text{ }^{\circ}\text{C} = 348,15 \text{ K} = 167\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{output}} = 175\text{ }^{\circ}\text{C} = 448,15 \text{ K} = 347\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Penentuan sifat fisis senyawa diambil pada suhu rerata :

$$T_{\text{avg}} = \frac{T_{\text{input}} + T_{\text{output}}}{2} = 257\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = 250,305\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Kebutuhan *dowtherm A*

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{Q}{C_p \cdot dt} \\
 &= 144668,82 \text{ lb/jam} \\
 &= 65620,67 \text{ kg/jam} \\
 &= 17618,49 \text{ gallon/jam}
 \end{aligned}$$

Data – data sifat fisis *Dowtherm A* diambil dari *Handbook of Heat Tranfer Media*: Paul L. Geirenger

$$\rho = 61,424 \text{ lb/ft}^3 = 0,9839 \text{ kg/L}$$

$$\mu = 0,885 \text{ cP} = 2,1417 \text{ lbm/(ft.jam)}$$

$$C_p = 0,4396 \text{ Btu/lb.F}$$

$$k = 0,0745 \text{ Btu/ft.F.jam}$$

Digunakan pipa *stainless steel standard* dengan ukuran :

NPS 4 in, sch 160xx

$$\text{OD} = 4,5 \text{ in} = 0,19833 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,152 \text{ in} = 0,17225 \text{ ft}$$

$$a't = 7,8 \text{ in}^2 = 0,023264 \text{ ft}^2$$

$$a''t = 1,178 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

dipakai 2 buah koil dengan dimensi yang sama, yang masing-masing menyerap setengah dari panas reaktor.

Diameter koil 1 = 80% diameter reaktor

Diameter koil 2 = 60% diameter reaktor

Panas yang diserap masing-masing koil :

$$Q_i = \frac{Q_{coil}}{2} = 7,79593\text{E}+06 \text{ Btu/jam}$$

Perhitungan untuk koil 1

$$m = \frac{Q}{C_p \Delta T} = 72334,4087 \text{ lb/jam}$$

$$v = \frac{m}{\rho \cdot a' t} = 50620,0363 \text{ ft/jam}$$

$$= 14,0611 \text{ ft/s}$$

$$G = \frac{m}{a'' t} = 61404,4217 \text{ /ft}^2 \cdot \text{jam}$$

Digunakan koil dengan diameter 80% dari diameter reaktor

$$DH = 1,7227 \text{ m} = 5,6519 \text{ ft}$$

$$Re = \frac{ID \cdot G}{\mu} = 162046,3863$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} = 12,6375$$

- Koefisien transfer panas dalam koil

$$hi = 0,027 \frac{k}{ID} \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$hi = 457,5698 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

- Koreksi untuk koil berbentuk *helix*

$$hi_c = hi \left(1 + \frac{3,5 ID}{DH} \right)$$

$$= 506,3772 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

- Koefisien transfer panas pada bagian dalam coil

$$hi_o = hi_c \frac{ID}{OD}$$

$$= 439,7896 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

- Proses dalam reaktor

$$m = 7560,0601 \text{ kg/jam} = 16667,0795 \text{ lb/jam}$$

$$T = 270 \text{ }^{\circ}\text{C} = 518 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\rho = 0,9972 \text{ kg/m}^3 = 0,0623 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 1,33\text{E-}04 \text{ kg/m.s} = 0,0323 \text{ lb/ft.jam}$$

$$C_p = 6330,9635 \text{ J/kg.K} = 1,5121 \text{ Btu/lb.F}$$

$$k = 0,2310 \text{ W/m}^2.\text{K} = 0,0407 \text{ Btu/ft}^2.\text{F.jam}$$

$$ID_{\text{reaktor}} = 2,1534 \text{ m} = 7,0650 \text{ ft}$$

$$G = \frac{m}{a''t} = 4578,7108 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}$$

$$Re = \frac{ID.G}{\mu} = 1002139$$

$$Pr = \frac{C_p.\mu}{k} = 1,2$$

$$ho = 0,87 \frac{k}{ID} . Re^{\frac{2}{3}} . Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$= 116,1227 \text{ Btu/ft}^2.\text{F.jam}$$

- Koefisien transfer panas *clean*

$$U_c = \frac{ho.hio}{ho + hio} = 91,8662 \text{ Btu/ft}^2.\text{F.jam}$$

- Koefisien transfer panas *dirty*

$$R_d = 0,0005$$

$$h_d = 1/R_d = 2000$$

$$U_d = \frac{U_c.h_d}{U_c + h_d} = 87,8318 \text{ Btu/ft}^2.\text{F.jam}$$

- Tinggi reaktor bagian *bottom*

$$= 1,9008 \text{ m} = 6,236 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak koil dari dasar reaktor} = 2 \text{ in}$$

- Volume coil

$$V_c = \frac{\eta}{4} \cdot (OD)^2 \cdot L_c$$

$$= 9,3196 \text{ ft}^3$$

$$= 0,2639 \text{ m}^3$$

Analog dengan perhitungan diatas dengan mengambil diameter *helix*

sebesar 60% dari diameter reaktor ($ID_{\text{helix}} = 3,3853 \text{ ft}$) dan konstruksi

koil yang sama dengan di atas sehingga dapat disimpulkan :

Dimensi Koil

- Luas perpindahan panas koil

$$A_{c1} = \frac{Q}{Ud \cdot \Delta T} = 3,6204\text{E}+02 \text{ ft}^2$$

$$A_{c2} = \frac{Q}{Ud \cdot \Delta T} = 3,3322\text{E}+02 \text{ ft}^2$$

- Panjang koil

$$L_{c1} = \frac{Ac}{\alpha''t} = 307,3303 \text{ ft}$$

$$L_{c2} = \frac{Ac}{\alpha''t} = 282,8652 \text{ ft}$$

- Keliling koil

$$Y = \text{jarak antar lilitan koil} = 0,2 \text{ ft}$$

$$kl_{c_1} = 3,14(DH^2 + y^2)^{\frac{1}{2}} = 17,7542 \text{ ft}$$

$$kl_{c_2} = 3,14(DH^2 + y^2)^{\frac{1}{2}} = 13,3127 \text{ ft}$$

- Jumlah lilitan

$$N_{C_1} = \frac{Lc}{klc} = 16,9 \text{ lilitan}$$

$$= 17 \text{ lilitan}$$

$$N_{C_2} = \frac{Lc}{klc} = 21,6 \text{ lilitan}$$

$$= 22 \text{ lilitan}$$

Koreksi

$$L_{C_1} \text{ Koreksi} = 301,8219 \text{ ft}$$

$$L_{C_2} \text{ Koreksi} = 292,8796 \text{ ft}$$

$$A_{C_1} \text{ Koreksi} = 355,5462 \text{ ft}^2$$

$$A_{C_2} \text{ Koreksi} = 345,0123 \text{ ft}^2$$

$$U_{d_1} \text{ Koreksi} = 89,4348 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

$$U_{d_2} \text{ Koreksi} = 92,165 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

- Tinggi lilitan koil

$$tc_1 = Ns(y + ODC) = 6 \text{ ft}$$

$$tc_2 = Ns(y + ODC) = 6 \text{ ft}$$

- Dimensi Pipa

Digunakan pipa *stainless steel standard* dengan ukuran :

NPS 4 in, sch 160xx

$$OD = 4,5 \text{ in} = 0,19833 \text{ ft}$$

$$ID = 3,152 \text{ in} = 0,17225 \text{ ft}$$

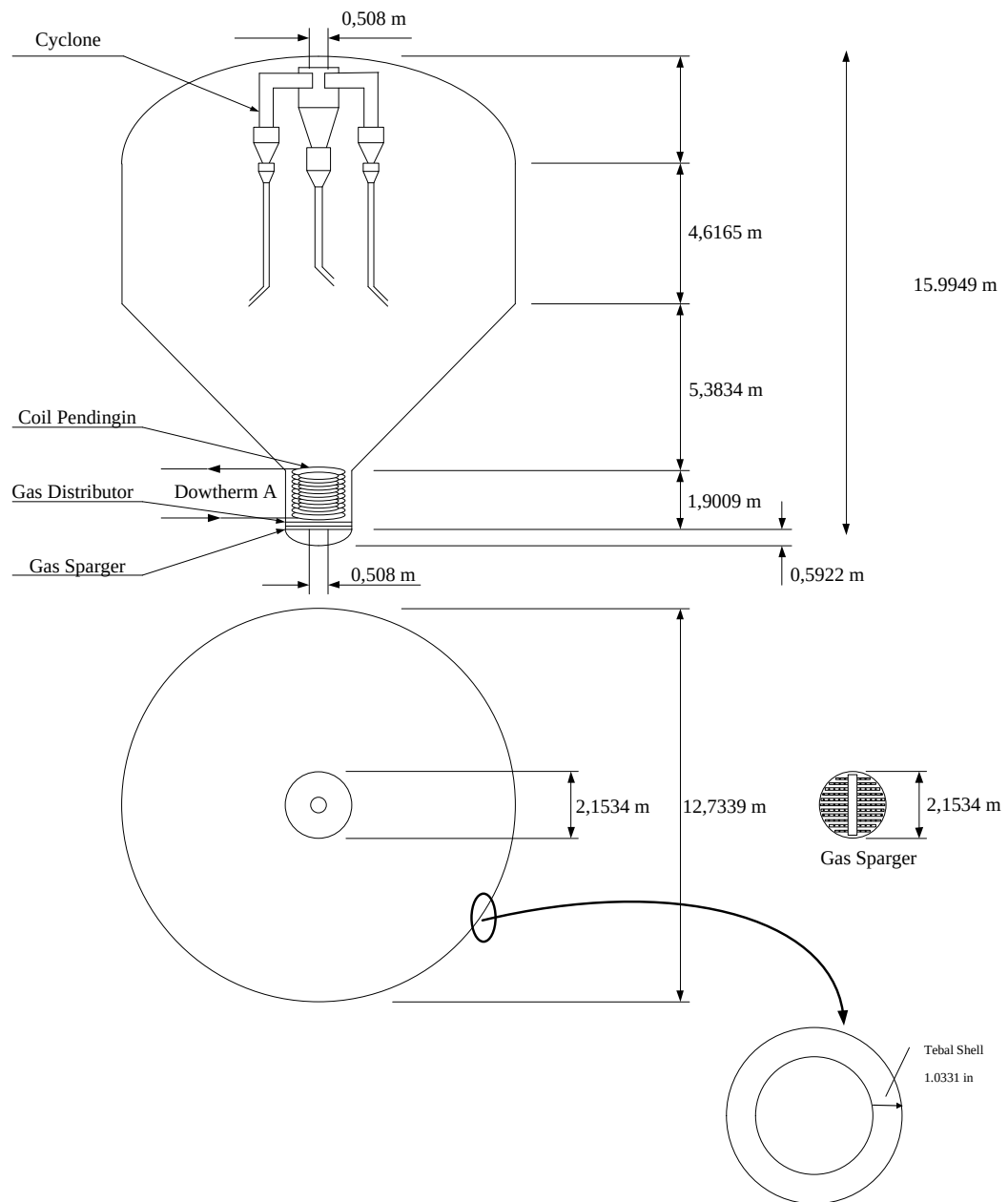
$$a't = 7,8 \text{ in}^2 = 0,023264 \text{ ft}^2$$

$$a''t = 1,178 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

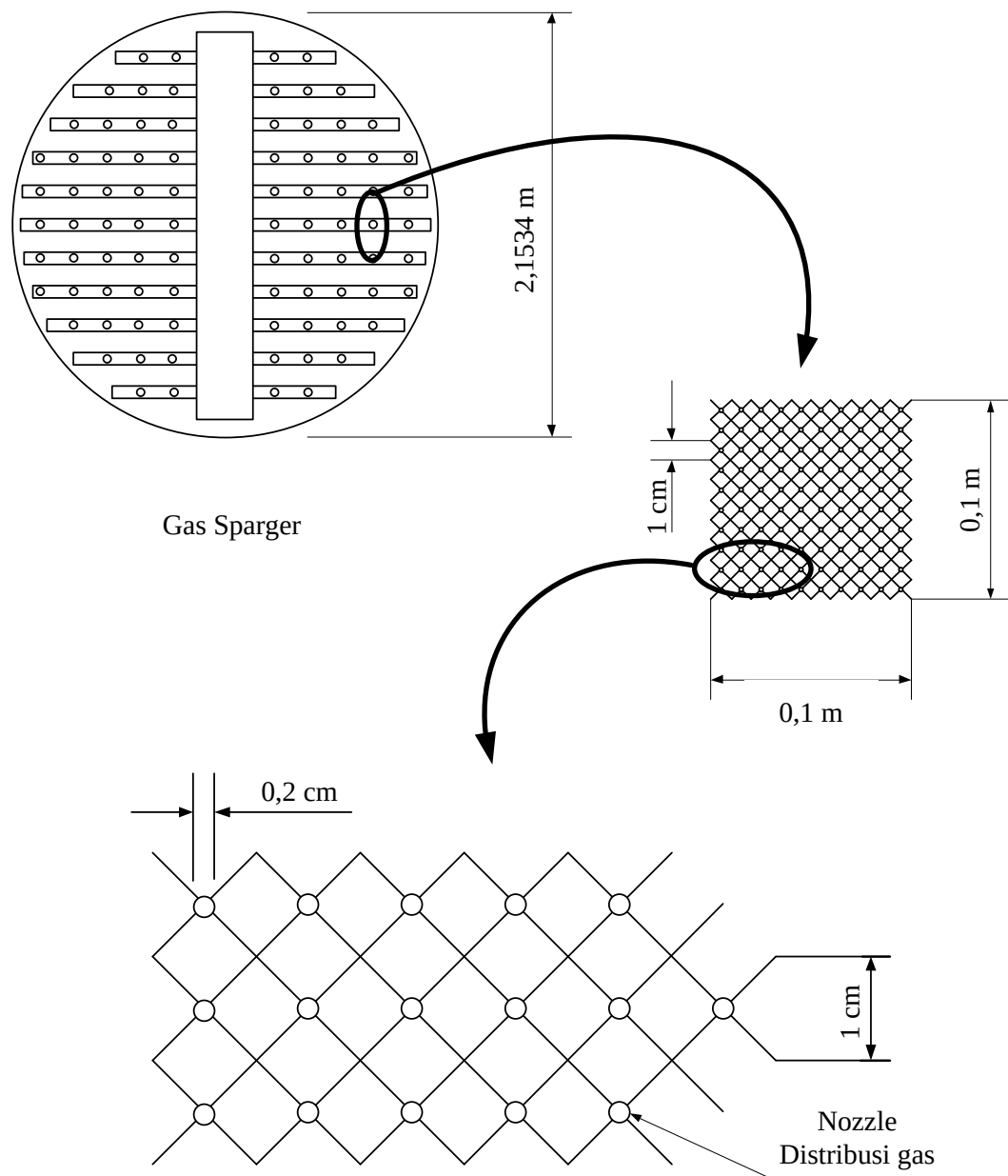
Layout Coil

	Satuan	Coil 1	Coil 2
Diameter <i>Helix</i>	ft	5,652	4,239
Panjang <i>Coil</i>	ft	301,8220	292,8797
Jarak antar <i>Coil</i>	ft	0,16	0,08
Jumlah lilitan	Lilitan	17	22
Tinggi <i>Coil</i>	ft	6,0916	6,1233
Volume <i>Coil</i>	ft ³	9,3196	9,0435

Dowtherm A yang telah digunakan sebagai pendingin pada reaktor, kemudian didinginkan dengan menggunakan air sehingga suhunya kembali seperti semula, setelah itu disimpan dalam tangki penyimpanan *dowtherm A* (T-03) agar dapat digunakan kembali.

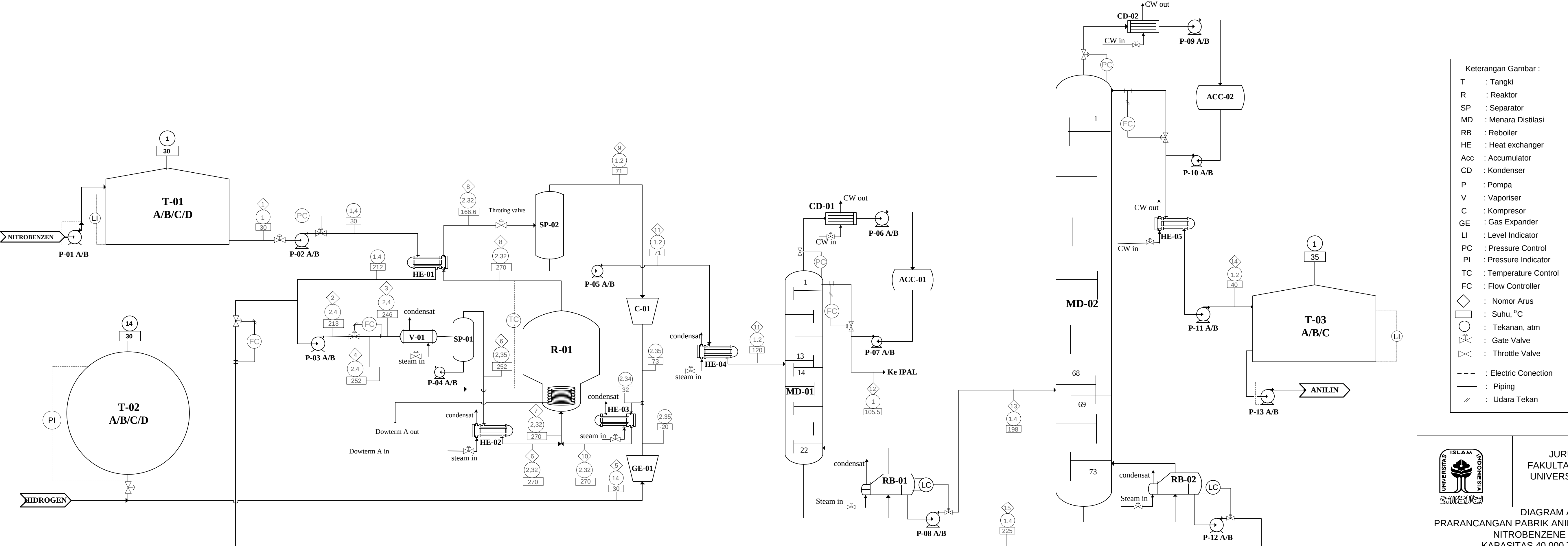


Gambar 2 Penampang Reaktor



Gambar 3 Detail Gas Distributor (Baffle Space)

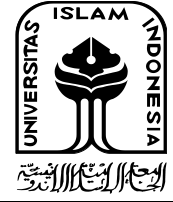
DIAGRAM ALIR
PRARANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP
KAPASITAS 40.000 TON / TAHUN



- Keterangan Gambar :
- T : Tangki
 - R : Reaktor
 - SP : Separator
 - MD : Menara Distilasi
 - RB : Reboiler
 - HE : Heat exchanger
 - Acc : Accumulator
 - CD : Kondenser
 - P : Pompa
 - V : Vaporiser
 - C : Kompresor
 - GE : Gas Expander
 - LI : Level Indicator
 - PC : Pressure Control
 - PI : Pressure Indicator
 - TC : Temperature Control
 - FC : Flow Controller
 - ◇ : Nomor Arus
 - : Suhu, °C
 - : Tekanan, atm
 - ◇ : Gate Valve
 - ◇ : Throttle Valve
 - : Electric Conection
 - : Piping
 - : Udara Tekan

Komponen	Arus (kg/jam)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H2					333.940		674.6268	340.687	340.687	674.627					
C6H6	6.152	6.152	6.271	0.119		6.152	6.8045	6.805	3.303	3.303	3.502	3.500	0.001	0.001	
H2O	6.152	6.152	6.243	0.091		6.152	6.8045	1996.256	567.284	567.284	1428.972	1426.829	2.143	2.143	
C6H5NH2		5.053	5.772	0.719		5.053	5.5894	5147.651	89.189	89.189	5058.462	5.058	5053.404	5048.350	5.053404
C6H5NO2	6139.651	6207.741	7763.087	1555.345		6207.741	6866.2349	68.662	0.560	0.560	68.103	0.002	68.101	0.010	68.09054
Total	6151.955	6225.098	7781.373	1556.275	333.940	6225.098	7560.0601	7560.060	1001.021	1334.962	6559.039	1435.390	5123.649	5050.505	73.14395

Gambar Diagram Alir Proses



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

DIAGRAM ALIR
PRARANCANGAN PABRIK ANILIN DARI HIDROGENASI
NITROBENZENE FASE UAP
KAPASITAS 40.000 TON / TAHUN

Dikerjakan Oleh :

1. Tulus Adi Wibowo07521008

2. Danang Tri Atmaji07521010

Dosen Pembimbing :

Diana, ST., M.Sc

NIP.