

NO : TA/TK/2017/04

PRA RANCANGAN
PABRIK *FORMALDEHYDE* PROSES *SILVER CATALYST*
KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Nama : Vaisal Darusman Nama : Pepy Imeraldi
No. Mahasiswa : 12521142 No. Mahasiswa : 12521148

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

2017

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PERANCANGAN PABRIK**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Vaisal Darusman Nama : Pepy Imeraldi
No. Mahasiswa : 12521142 No. Mahasiswa : 12521148

Yogyakarta, Maret 2017

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

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

Td. Tangan

Td. Tangan


Vaisal Darusman




Pepy Imeraldi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN
PABRIK *FORMALDEHYDE* PROSES *SILVER CATALYST*
KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Disusun Oleh:

Nama : Vaisal Darusman

Nama : Pepy Imeraldi

No. Mahasiswa : 12521142

No. Mahasiswa : 12521148

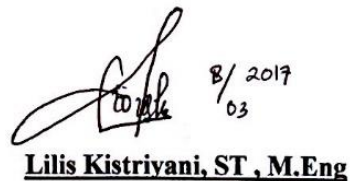
Yogyakarta, Maret 2017

Pembimbing I,



Sutarno, Ir, M.Sc

Pembimbing II,



Lilis Kistriyani, ST, M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN
PABRIK *FORMALDEHYDE* PROSES *SILVER CATALYST*
KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**

Oleh:

Nama : Vaisal Darusman

No. Mahasiswa : 12521142

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Maret 2017

Tim Penguji,
SUTARNO, Ir. M.Sc
Ketua

ARIANY ZULKANIA, S.T., M.Eng.
Anggota I

TINTIN MUTIARA, S.T., M.Eng.
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Vaisal R. M., Ir., M.SIE., Ph.D

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul Pra Rancangan Kimia *Formaldehyde* Proses *Silver Catalyst* dari *Methanol* dan Udara dengan Kapasitas 130.000 Ton/Tahun ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat dibangku kuliah, dan sebagai satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Atas terselesainya laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan semua kemudahan yang dihadapi.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan tauladan dari ajaran-ajaran yang menjadi pedoman dalam setiap langkah kehidupan.
3. Keluarga besar penulis yang selalu mendukung baik dalam bentuk do'a ataupun semangat.
4. Faisal R.M., Ir., MSIE., Ph.D selaku ketua jurusan teknik kimia FTI UII.
5. Bapak Sutarno, Ir, M.Sc., selaku pembimbing I yang penuh kesabaran dan kebijaksanaan dalam membimbing hingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang penuh kesabaran dan kebijaksanaan dalam membimbing hingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

8. Teman-teman Teknik Kimia 2012 yang selalu memberikan dukungan semangat serta do'a.
9. Kakak angkatan yang banyak memberi masukan-masukan yang sangat bermanfaat.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

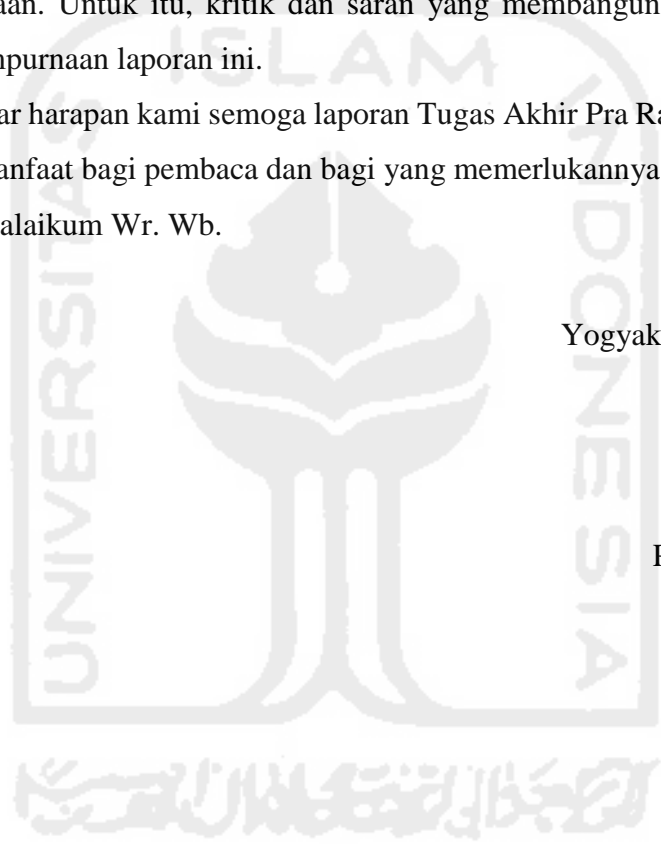
Kami menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi yang memerlukannya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2017

Penyusun



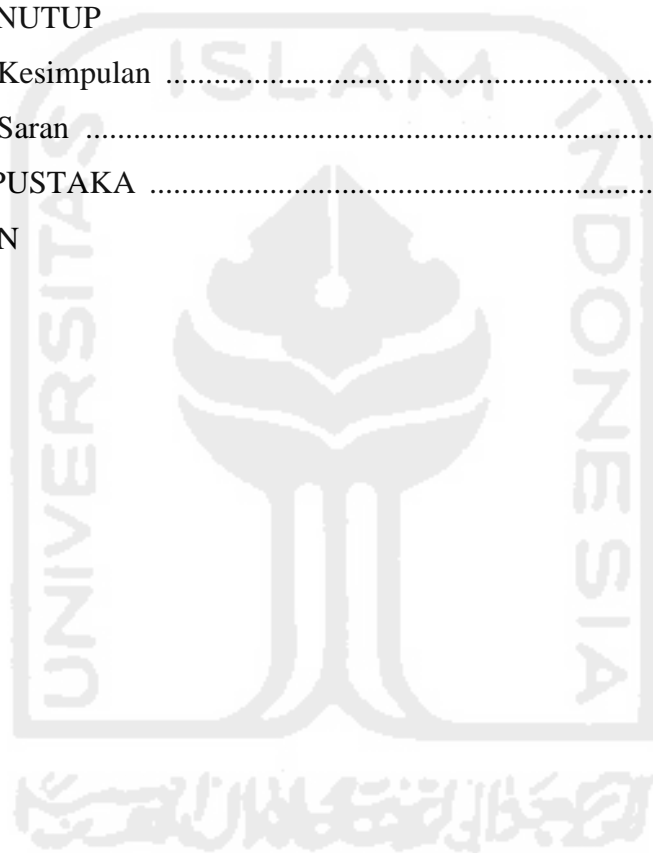
DAFTAR ISI

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	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiv
Abstrak	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan	3
1.2.1 Prediksi Kebutuhan Formaldehid di Indonesia.....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	6
1.3 Tinjauan Pustaka.....	6
1.3.1 Macam-macam Proses	6
1.3.2 Tinjauan Proses Secara Umum	8
1.4 Lokasi Pabrik	9
1.4.1 Faktor Primer	9
1.4.2 Faktor Sekunder	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Produk	13
2.1.1 <i>Formaldehyde</i>	13
2.1.2 <i>methanol 33%</i>	14
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	14
2.2.1 <i>Methanol</i>	14
2.2.2 Udara.....	15
2.3 Pengendalian Kualitas	15
2.4 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	15
2.5 Pengendalian Proses Produksi	16

2.5.1 Alat Sistem Kontrol Keadaan Tertentu.....	16
2.5.2 Aliran Sistem Kontrol Proses Produksi	16
2.6 Pengendalian Kualitas Produk	16
BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 Uraian Proses	16
3.2 Spesifikasi Alat Proses	17
3.3 Perencanaan Produksi	28
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku	28
3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses	29
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	
4.1 Lokasi Pabrik	30
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	30
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	32
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	33
4.3 Tata Letak Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	35
4.4 Aliran Proses dan Material	38
4.4.1 Neraca Massa	38
4.4.2 Neraca Panas	40
4.4.3 Diagram Alir Kualitatif.....	43
4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif.....	44
4.5 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	45
4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)	46
4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	46
4.6.1.1 Unit Penyediaan Air.....	46
4.6.1.2 Unit Pengolahan Air.....	48
4.6.1.3 Kebutuhan Air.....	51
4.6.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>).....	51
4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	53
4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	55
4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	55
4.6.5 Unit Penyediaan Dowtherm	55
4.7 Organisasi Perusahaan	57

4.7.1 Bentuk Organisasi Perusahaan.....	57
4.7.2 Struktur Organisasi	58
4.7.3 Tugas dan Wewenang	62
4.7.3.1 Pemegang Saham	62
4.7.3.2 Dewan Komisaris.....	62
4.7.3.3 Dewan Direksi	62
4.7.3.4 Staff Ahli.....	63
4.7.3.5 Kepala Bagian	64
4.7.3.6 Kepala Seksi.....	67
4.7.3.7 Status Karyawan	68
4.7.4 Catatan Cuti	68
4.7.4.1 Cuti Tahunan.....	68
4.7.4.2 Hari Libur Nasional	68
4.7.4.3 Kerja Lembur (<i>Overtime</i>).....	68
4.7.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan	69
4.7.5.1 Sistem Gaji Karyawan	69
4.7.5.2 Jam Kerja Karyawan.....	71
4.7.5.3 Penggolongan Jabatan dan Keahlian	72
4.7.6 Manajemen Produksi	75
4.8 Evaluasi Ekonomi	77
4.8.1 Harga Peralatan	78
4.8.2 Dasar Perhitungan	81
4.8.3 Perhitungan Biaya	82
4.8.3.1 <i>Capital Investment</i>	82
4.8.3.2 <i>Manufacturing Cost</i>	82
4.8.3.3 <i>General Expense</i>	83
4.8.4 Analisa Kelayakan	83
4.8.4.1 <i>Percent Return On Investment (ROI)</i>	83
4.8.4.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	83
4.8.4.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	84
4.8.4.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	85
4.8.4.5 <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	85

4.8.5 Hasil Perhitungan	86
4.8.6 Analisa Keuntungan.....	90
4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi	90
4.8.7.1 <i>Percent Return on Investment (ROI)</i>	90
4.8.7.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	91
4.8.7.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	91
4.8.7.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	91
4.8.7.5 <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	91
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Formaldehid di Indonesia	3
Tabel 1.2 Data Produsen Formaldehid di Indonesia	5
Tabel 1.3 Data Alternatif Pilihan Lokasi Pendirian Pabrik	11
Tabel 3.1 Data Kebutuhan Bahan Baku.....	28
Tabel 4.1 Data Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	34
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	38
Tabel 4.3 Neraca Massa di <i>Furnace</i>	38
Tabel 4.4 Neraca Massa di Reaktor	39
Tabel 4.5 Neraca Massa di <i>Absorber</i>	39
Tabel 4.6 Neraca Massa di Menara Distilasi	39
Tabel 4.7 Neraca Massa di <i>Vaporizer</i>	40
Tabel 4.8 Neraca Panas pada Reaktor.....	40
Tabel 4.9 Neraca Panas pada <i>Absorber</i>	41
Tabel 4.10 Neraca Panas pada Menara Distilasi.....	41
Tabel 4.11 Neraca Panas pada <i>Vaporizer</i>	42
Tabel 4.12 Neraca Panas pada <i>Furnace</i>	42
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	51
Tabel.4 14 Kebutuhan Air Pendingin	52
Tabel 4.15 Kebutuhan Air untuk Perkantoran dan Rumah Tangga.....	53
Tabel 4.16 Gaji Karyawan	69
Tabel 4.17 Jadwal Kerja Masing-masing Regu	72
Tabel 4.18 Penggolongan Jabatan dan Keahlian	73
Tabel 4.19 Harga Indeks	79
Tabel 4.20 Harga Indeks Pada Tahun Perancangan.....	80
Tabel 4.21 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	86
Tabel 4.22 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	87
Tabel 4.23 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	87
Tabel 4.24 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	87
Tabel 4.25 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	87
Tabel 4.26 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	88

Tabel 4.27 <i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i>	88
Tabel 4.28 <i>Working Capital</i>	88
Tabel 4.29 <i>General Expense</i>	89
Tabel 4.30 Total Biaya Produksi	89
Tabel 4.31 <i>Fixed Cost (Fa)</i>	89
Tabel 4.32 <i>Variable Cost (Va)</i>	89
Tabel 4.33 <i>Regulated Cost (Ra)</i>	90
Tabel 5.1 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi.....	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Formaldehid di Indonesia	4
Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik	36
Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses	37
Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif	43
Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif	44
Gambar 4.5 Skema Proses Pengolahan Air	52
Gambar 4.6 Struktur Organisasi	57
Gambar 4.7 Grafik Indeks Harga	77
Gambar 5.1 Grafik Nilai SDP dan BEP	91



ABSTRAK

Pengembangan pabrik *formaldehyde* bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi impor *formaldehyde* dari negeri lain, membuka lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri. Pabrik *Formaldehyde* ini direncanakan akan dibangun di Bontang, Kalimantan Timur, pabrik ini akan dibangun pada tanah seluas 11.179 m² dan mempekerjakan 144 karyawan. Akan beroperasi selama 24 jam / hari atau 330 hari / tahun. Produksi ini membutuhkan bahan baku *methanol* sebanyak 73.638,344 ton / tahun dan air sebanyak 736,383 ton / tahun. Sedangkan kebutuhan diunit utilitas terdiri atas kebutuhan air untuk pendingin sebanyak 6.315,4251 kg / jam, kebutuhan air domestik sebanyak 2.646 kg / jam, kebutuhan air untuk steam sebanyak 34.106,1558 kg / jam, listrik 4.938,464 kVA, bahan bakar minyak sebanyak 7.074,8866 kg / jam dan udara sebanyak 500 kg / jam.

Pabrik *Formaldehyde* dengan kapasitas 130.000 ton / tahun menggunakan bahan baku *methanol* dan *water* dengan kemurnian 99 % dan 1 % massa. Proses oksidasi *methanol* dan air berlangsung pada suhu 560 °C dan tekanan 1,2 atm dengan katalis perak. Pabrik ini memiliki resiko yang tinggi karena prosesnya berlangsung pada kondisi operasi yang tinggi (suhu), dan bahan baku yang mudah terbakar.

Dari evaluasi ekonomi menunjukkan modal tetap Rp 703.615.940.745,01, modal kerja Rp 155.718.494.401, laba sebelum pajak Rp 320.320.116.216 dan laba setelah pajak Rp 256.256.092.973. Hasil studi kelayakan menunjukkan angka *Break Event Point* (BEP) sebesar 41,96 % (BEP diperlukan di Indonesia 40%-60%), *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,39 %, dan *Discounted Cash Flow of Return* (DCFR) sebesar 18,41 %. Sementara itu *Return on investment* sebelum pajak (ROI_b) sebesar 46 % (ROI diperlukan untuk pabrik berisiko tinggi > 44 %) dan ROI setelah pajak (ROI_a) sebesar 36 %. *Pay out time* sebelum pajak (POT_b) dari 1,80 tahun (POT_b yang diperlukan untuk pabrik berisiko tinggi < 2 tahun) dan Pay Out Time setelah pajak (POT_a) sebesar 2,15 tahun. Berdasar evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik *Formaldehyde* dengan kapasitas 130.000 ton / tahun secara ekonomi layak didirikan.

Kata – kata kunci : Formaldehyde, Methanol, Water, Oksidasi,

ABSTRACT

Formaldehyde plant development aims to provide domestic need, to reduce Formaldehyde import, to expand domestic employment, and to increase state revenues from the industrial sector. This plant is planned to be built in Bontang, Kalimantan Timur, it covers 11,179 m² of land and needs 144 employees. It works continually for 24 hours / day or 330 days / year. Process unit requires 73,638.344 ton / year of methanol and 736.383 ton / year of water, whereas utility unit needs 6,315.4251 kg / hour water for cooling, 2,646 kg / hour water for domestic, 34,106.1558 kg / hour of steam, 4,938.464 kVA of electricity, 7,074.8866 kg / hour of fuel oil and 500 kg / hour of pressured air.

The preliminary design of formaldehyde for 130,000 ton / year capacities utilizes methanol of raw material to result formaldehyde with purity 99 % mass and 1 % mass of water. The process is oksidasi and silver catalyst to produce formaldehyde in fixed bed reactor at 560 °C and 1,2 atm atmospere. This plant has a high risk because processes at high operation condition (temperature), another raw material and product are flammable.

The economic evaluation shows Fixed Capital of Rp 703,615,940,745.01, Working Capital of Rp 155,718,494,401, Profit before taxes Rp 320,320,116,216, Profit after taxes Rp 256,256,092,973. Feasibility studies results in Break Even Point (BEP) of 46.96 % (BEP requisite in Indonesia 40 % - 60 %), Shut Down Point (SDP) of 23.39 %, and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 18.41 %. Meanwhile Return On Investment Before Taxes (ROI_b) of 46 % (ROI_b requisite for high risk plant > 44 %) and Return On Investment After Taxes (ROI_a) of 36 %. Along with Pay Out Time Before Taxes (POT_b) of 1.80 years (POT_b requisite for high risk plant < 2 years) and Pay Out Time After Taxes (POT_a) of 2.15 years in a row. Based on this economic evaluation, it can be concluded that formaldehyde Plant of 130,000 ton / year is economically feasible.

Key Words: methanol, Preparation Of Formaldehyde

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keberhasilan proses industri alisasi pada era perdagangan bebas sekarang ini sangat ditentukan oleh adanya Sumber Daya Alam dan Sumber Daya Manusia yang berkualitas. Indonesia sebagai salah satu negara yang mempunyai Sumber Daya Alam maupun Sumber Daya Manusia yang berlimpah sangat berpotensi untuk mengembangkan industri dalam negeri terutama industri-industri yang bersifat padat modal maupun padat teknologi dan mempunyai prospek pemasaran yang menguntungkan. Secara umum keberadaan suatu industri tidak bersifat independen, namun sangat tergantung oleh industri yang lain. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam proses produksi suatu industri diperoleh dari industri yang lain, begitu juga untuk pemasaran produk suatu industri membutuhkan keberadaan pabrik lain. Salah satu industri yang berorientasi untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pabrik lain adalah industri formaldehid.

Formaldehid yang mempunyai rumus molekul HCHO merupakan senyawa dari gugus aldehyd yang paling sederhana. Formaldehid adalah senyawa kimia yang berwujud gas, tidak berwarna dengan titik didih $-19,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 1 atm. Namun di pasaran, formaldehid biasanya dijual dalam kadar larutan 37% berat.

Konsumsi formaldehid antara lain digunakan untuk memenuhi kebutuhan sebagai bahan baku *glue*/perekat dalam industri kayu lapis. Formaldehid juga digunakan pada pembuatan produk kimia seperti *melamin formaldehyde*, *urea formaldehyde*, *phenol formaldehyde* dan *tryoxane*. Selain itu formaldehid juga digunakan dalam pembuatan bahan kimia antara lain sintesa *1,4-butanediol*, *trimethylol propane* dan *neopentyl glycol* yang digunakan dalam pembuatan produk *polyurethane*, *polyester plastic*, *synthetic resin coating* dan *synthetic lubricating oils*. (Mc Ketta, 1983a)

Formaldehid juga digunakan secara langsung, akan tetapi dalam jumlah yang kecil misal sebagai bahan pengawet, bahan penelitian dan disinfektan pada rumah sakit. (Ulman, 1971)

Dalam pembuatan formaldehid ini bahan baku yang dipakai adalah metanol dan udara. Bahan baku metanol didatangkan dari PT. Kaltim Metanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi 660.000 ton / tahun.

Secara ekonomis, pendirian pabrik formaldehid menguntungkan. Hal ini dapat dilihat dari harga formaldehid yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga metanol dan biaya produksi. Berikut disajikan perbandingan antara harga bahan baku, produk, dan biaya produksi.

metanol (99,90%)	US \$ 166 / ton	
formaldehid (37,1%)	US \$ 463 / ton	
biaya produksi	US \$ 148 / ton	
laba	US \$ 149 / ton	(Mc Ketta, 1983)

Dari gambaran secara kasar tersebut terlihat bahwa pabrik ini termasuk pabrik yang menguntungkan karena selisih antara nilai produk dengan nilai pereaktan cukup besar. Namun dalam perhitungan ekonomi tidak hanya memperhitungkan selisih biaya produk dengan bahan baku tetapi harus memperhatikan dan mempertimbangkan biaya produksi. Biaya produksi sangat tergantung pada proses dalam pembentukan produk. Proses produksi formaldehid dengan proses *silver catalyst* ini relative sederhana dalam operasinya karena menggunakan bahan baku yang murni sehingga membutuhkan biaya produksi yang relative lebih rendah.

Pabrik formaldehid ini secara umum tergolong pabrik dengan tingkat resiko tinggi, dikarenakan dalam prosesnya menggunakan suhu yang cukup tinggi yaitu 560 °C. Bahan baku yang digunakan dan produk yang dihasilkan mudah terbakar, tetapi alat-alat prosesnya yang digunakan bertekanan rendah.

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik formaldehid antara lain gas H₂ dan logam berat dari katalis. Limbah berupa gas H₂ langsung dibuang ke udara bebas melalui cerobong dengan ketinggian tertentu, sedangkan logam berat dari katalis jumlahnya relatif sedikit sehingga tidak membahayakan lingkungan.

Dengan mendasarkan pada pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka pendirian pabrik formaldehid di Indonesia dipandang masih sangat strategis. Selain itu berdirinya pabrik formaldehid ini sesuai dengan kebijakan - kebijakan pemerintah antara lain:

- a. Pendirian pabrik formaldehid dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Mendukung berkembangnya pabrik kimia lain yang menggunakan formaldehid sebagai bahan baku.
- c. Membuka lapangan kerja baru, sehingga menurunkan tingkat pengangguran.

1.2. Kapasitas Rancangan

Dalam menentukan kapasitas produksi yang menguntungkan digunakan beberapa pertimbangan, yaitu:

- 1) Prediksi kebutuhan formadehid di Indonesia.
- 2) Ketersediaan bahan baku.
- 3) Kapasitas pabrik komersial yang masih beroperasi.
- 4) Proses pembuatan formaldehid yang dipilih

1.2.1. Prediksi Kebutuhan Formaldehid di Indonesia

Penentuan kapasitas pabrik formaldehid didasarkan pada data impor formaldehid di Indonesia, seperti tertera pada tabel berikut :

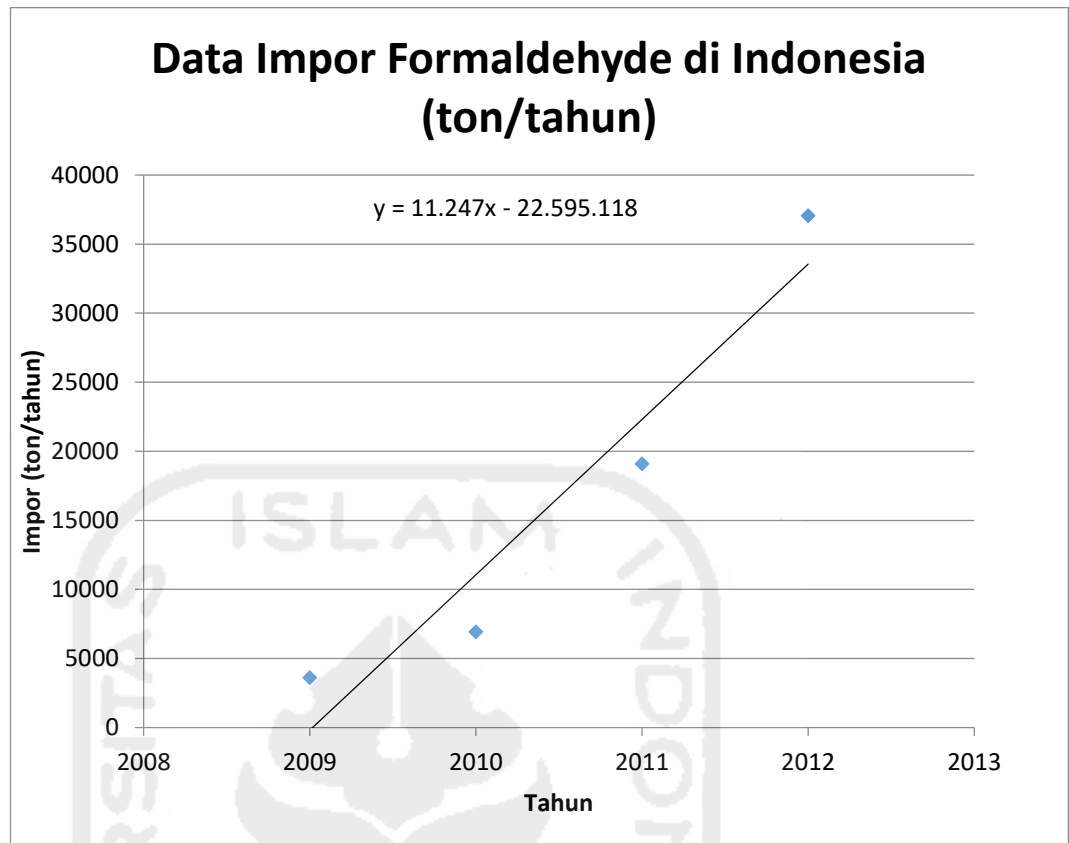
Tabel 1. 1 Data Impor Formaldehid di Indonesia

Tabel 1. 2 Data Impor Formaldehid di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2009	3.610
2010	6.938
2011	19.103
2012	37.045

(Sumber : Data statistik perdagangan luar negeri Indonesia BPS, 2016)

Dari tabel tersebut dibuat suatu regresi *linear* dengan menggunakan program Ms. Excel



Gambar 1. 1 Grafik Impor Formaldehid di Indonesia

Dari grafik diatas berlaku suatu persamaan regresi *linear*, yaitu

$$Y = a + bx$$

Dimana $a = 11.247$

$$b = -22.595.118$$

x = tahun

y = kebutuhan produk pada tahun x (ton/tahun)

maka:

$$y = a + bx$$

$$y = 11.247 + (-22.595.118)x$$

$$y = 11.247x - 22.595.118 \dots\dots\dots \text{persamaan (1.1)}$$

Prediksi kebutuhan formaldehyde pada tahun 2020 dihitung dengan persamaan (1.1) sebagai berikut :

$$y = a + bx$$

$$= (11.247 \cdot 2020) - 22.595.118$$

$$= 123.822 \text{ ton/ tahun}$$

Tabel 1.2. Data Produsen Formaldehid di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. BatuPanggal Chemical Industry, Samarinda	28.000
PT. Benua Multi Lestari, Pontianak	68.000
PT. Binajaya Rodakarya, Barito Kuala	45.000
PT. Duta Pertiwi Nusantara, Pontianak	50.000
PT. Arjuna Utama Kimia, Surabaya	24.540
PT. Dover Chemical, Jawa Barat	50.000
PT. Dyno Mugi Indonesia, Aceh Timur	28.000
PT. Gelora Citra Kimia Abadi, Banjarmasin	48.000
PT. Giat Ultra Chemical Industry, Barito Kuala	20.000
PT. IntanWijaya Chemical Industry, Banjarmasin	61.500
PT. Kayu Lapis Indonesia, Sorong	40.000
PT. Kurnia Kapuas Utama Glue Industries, Pontianak	38.000
PT. Latosta Indah, Samarinda	30.000
PT. Nusa Prima Pratama, Maluku Tengah	28.000
PT. Pamolite Adhesive Industry	36.000
PT. Sabak Indah, Jambi	45.000
PT. Superin, Medan	28.000
PT. Susel Prima Permai, Palembang	38.000
PT. Urofin Prajen Adhesive, Sumatera Selatan	30.000
PT. Wiranusa Trisatrya, Maluku Utara	90.000

(Sumber : www.detik.com,2016)

Atas dasar pertimbangan kapasitas produksi di Indonesia dan prediksi kebutuhan di Indonesia pada tahun 2020, maka kami menyimpulkan produksi dari pra prancangan kami sebesar 130.000 ton/tahun.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah methanol dan udara. Ketersediaan methanol sebagai bahan baku pabrik formaldehid didatangkan dari PT. Kaltim Metanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dimana 70% dari kapasitas produksi tersebut diekspor dan sisanya atau sekitar 198.000 ton/tahun dijual untuk kebutuhan domestik. Untuk bahan baku udara diambil dari lingkungan.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1 Macam-macam Proses

Ada beberapa macam proses yang dapat digunakan untuk membuat formaldehid. Proses-proses tersebut adalah:

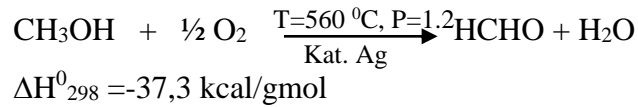
a. Proses Hidrokarbon

Proses hidrokarbon ini adalah proses yang dikembangkan pada awal perkembangan industry formaldehid. Proses ini merupakan proses oksidasi langsung dari hidrokarbon yang lebih tinggi. Biasanya yang digunakan adalah ethilen dengan katalis asam borat atau asam *phospat* atau garamnya dari campuran *clay* atau tanah *diatome*. Proses ini mempunyai kelemahan yang merupakan alasan mengapa proses ini tidak dikembangkan lagi, yaitu dihasilkan beberapa hasil samping yang terbentuk bersama-sama formaldehid, antara lain asetaldehid, *propane*, asam-asam organik. Sehingga tentu saja diperlukan pemurnian untuk mendapatkan formaldehid dengan kemurnian tertentu. Dengan demikian proses menjadi mahal dan hasilnya kurang memuaskan. (*Kirk & Othmer, 1978*)

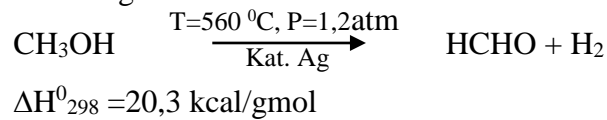
b. Proses *Silver Catalyst*

Proses ini menggunakan katalis perak dengan *reactor fixed bed multitube*. Katalis ini berbentuk kristal-kristal perak atau *spherical* yang ditumpuk pada *tube*. Katalis ini mempunyai umur sekitar 8 – 12 bulan. Katalis ini mudah teracuni oleh sulfur dan beberapa logam dari golongan transisi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Oksidasi



2. Dehidrogenasi



Secara keseluruhan reaksinya adalah reaksi eksotermis dan pada suhu yang tinggi yaitu 560 – 620 °C dan tekanan sedikit di atas tekanan atmosfer. Konversi yang terjadi sekitar 65 – 75% dan yield yang diperoleh sekitar 85 - 89,1%. Pada proses ini udara yang dimurnikan direaksikan dengan *methanol* dalam reaktor katalitik. Produk didinginkan dengan cepat dengan pendingin *dowterm* A, selanjutnya dialirkan ke menara absorber dimana *methanol*, air dan formaldehid terkondensasi didasar menara. Untuk memurnikan produk sesuai dengan keinginan dilakukan pemurnian dengan proses destilasi. (Mc Ketta, 1983)

c. Proses *Mixed Oxide Catalyst*

Reaksi terjadi di atas *mixed oxide catalyst* yang berisi *molybdenum oxide* dan *iron oxide* dengan perbandingan rasio 1,5:3. Katalis berbentuk granular atau *spherical* dan mempunyai umur sekitar 12 – 15 bulan. Reaksi terjadi pada suhu sekitar 280 – 590 °C dan dengan tekanan mendekati tekanan atmosfer. Udara berlebihan digunakan untuk memastikan konversi mendekati sempurna, sekitar 98,4%, dan untuk menghindari terjadinya *eksplosive* (*range* untuk metanol 6,7 – 36,5% vol. dalam udara). Yield yang diperoleh sekitar 94,4%.

Reaksi:



(Mc Ketta, 1983)

Dilihat dari ketiga proses diatas maka proses yang digunakan yaitu proses silver catalyst karena :

1. Katalis yang digunakan dapat diregenerasi kembali
2. Proses berlangsung pada tekanan rendah
3. Alat yang digunakan lebih kompleks
4. Produk yang akan dihasilkan stabil karena kandungan metanol cukup
5. Mampu menghasilkan produk formaldehyde sesuai dengan yang ditentukan yaitu 37-55%

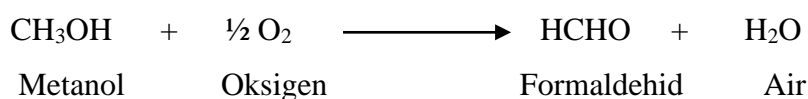
1.3.2 Tinjauan Proses Secara Umum

Secara garis besar, pembuatan formaldehid dengan proses silver catalyst berdasarkan pada reaksi oksidasi dan dehidrogenasi.

1. Oksidasi

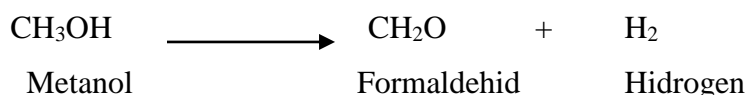
Oksidasi adalah proses elektrokimia yang berkaitan dengan bilangan oksidasi dari suatu atom atau beberapa atom (dalam molekul) yang bertambah karena kehilangan elektron. Pada dasarnya reaksi oksidasi dilaksanakan pada *phase* cair dan *phase* gas. Oksidasi *phase* cair biasanya berlangsung untuk senyawa yang BMnya tinggi atau hidrokarbon rantai panjang yang kompleks dengan oksidator yang tidak volatil dan berlangsung pada suhu rendah. Oksidasi *phase* gas cocok pada bahan volatil, stabil terhadap panas atau kenaikan suhu karena reaksi oksidasi biasanya eksotermis. Katalis bentuk padat atau gas, bisa digunakan oksidator udara atau gas oksigen.

Dalam industri kimia organik, reaksi oksidasi merupakan cara yang penting untuk sintesis bahan-bahan organik dengan berbagai proses. Adapun reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehid dapat dilihat di bawah ini.



2. Dehidrogenasi

Reaksi dehidrogenasi pada senyawa organik adalah pelepasan atom hidrogen dari senyawa / molekul. Dehidrogenasi adalah sinonim dengan oksidasi, bila dalam reaksi melibatkan oksigen, nitrogen, sulfur, karbon maupun halogen dengan melepaskan hidrogen untuk menjadi molekul baru. Adapun reaksi dehidrogenasi metanol menjadi formaldehid sebagai berikut :



1.4. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik dapat mempengaruhi persaingan dan kelangsungan hidup pabrik tersebut. Penentuan lokasi pabrik yang tepat akan memberikan kontribusi yang penting dalam segi teknis dan ekonomis pabrik. Pemilihan lokasi ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu:

- a. Faktor Primer
- b. Faktor Sekunder

1.4.1. Faktor Primer

Faktor primer ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitas. Waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau sedangkan pabrik masih memperoleh keuntungan yang wajar. Faktor primer, meliputi:

- a. Letak Pasar

Tujuan lokasi pabrik mendekati pasar adalah untuk menghemat biaya distribusi dan agar produk dapat cepat sampai ke konsumen.

- b. Letak Sumber Bahan Baku

Keuntungan letak pabrik dekat dengan sumber bahan baku adalah:

- Tingkat kerusakan bahan baku kecil
- Ongkos transportasi bahan baku murah

Pabrik sangat tergantung pada keberadaan bahan bakunya. Bahan baku untuk Pabrik formaldehid adalah metanol yang didapat PT. Kaltim

Metanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur. Sehingga dari segi ketersediaan bahan baku, daerah Bontang telah memenuhi syarat.

c. Fasilitas Transportasi

Daerah Bontang yang terletak di dekat pantai memiliki pelabuhan yang memadai untuk pengiriman produk maupun untuk penerimaan bahan baku. Selain itu karena letaknya di kawasan industri daerah Bontang mempunyai infrastruktur yang memadai.

d. Kebutuhan Energi

Kebutuhan energy pabrik formal dehid ini direncanakan untuk menggunakan sumber listrik dari generator. Sedangkan sebagai bahan bakar boiler dan mobil kontainer yang digunakan solar dan dapat dipasok dari daerah sekitar lokasi pabrik.

e. Sumber Air

Industri sangat membutuhkan air dalam jumlah besar, antara lain untuk pendingin, bahan baku, steam dan lain-lain. Karena itu pabrik sebaiknya terletak dekat dengan sumber air. Untuk mengantisipasi adanya pengaruh musim terhadap fruktusasi persediaan air.

f. Tenaga Kerja

Jumlah dan tipe buruh yang tersedia di sekitar lokasi pabrik harus diperiksa. Juga harus perlu dipertimbangkan gaji minimum di daerah tersebut, jumlah waktu kerja, adanya industri lain didaerah tersebut, keanekaragaman keterampilan, pendidikan masyarakat sekitar dan lain-lain.

1.4.2. Faktor Sekunder

a. Kemungkinan Perluasan Pabrik

Perluasan areal pabrik memungkinkan untuk pengembangan lebih jauh serta penambahan kapasitas produksi.

b. Kebijakan Pemerintah

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan kebijakan pemerintah yang terkait di dalamnya. Kebijakan

pengembangan industri dan hubungan dengan pemerataan kerja dan hasil-hasil pembangunan.

c. Sarana Penunjang Lain

Seperti sarana pendidikan, tempat ibadah, perumahan, sarana kesehatan, olahraga, hiburan dan lain-lainnya

Dengan pertimbangan faktor diatas, maka ada 3 alternatif lokasi dapat dipilih yang dapat dibandingkan sebagai berikut:

Tabel 1.3. Data Alternatif Pilihan Lokasi Pendirian Pabrik

Pertimbangan	Samarinda	Bontang	Merak
Penyediaan bahan baku	3	5	2
Pemasaran produk	4	3	3
Tenaga kerja	3	3	4
Sarana transportasi (pelabuhan, jalan, dsb)	3	5	5
Kebijakan pemerintah	5	5	2
Perluasan pabrik	3	4	2
Infrastruktur pendukung	2	4	4
Jumlah nilai	23	29	22

(Sumber : www.detik.com,2016)

Keterangan :

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. Buruk Sekali | 4. Bagus |
| 2. Buruk | 5. Bagus Sekali |
| 3. Cukup | |

Dengan membandingkan tiga alternatif lokasi diatas, maka dalam perancangan ini dipilih lokasi pabrik di Kawasan Industri Bontang.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

2.1.1. Formaldehyde (70%)

Sifat Fisis

BM : 30,026 gr/mol

Melting point : - 117 °C

Boiling point : - 19 °C pada 1 atm

Temperatur kritis : 135 °C

Tekanan kritis : 65 atm

Data termodinamika

Panas pembentukan : -27,7 kcal mol (pada 25°C)

ΔG_f : -26,3 kcal/mol pada 25 °C

ΔH_c : 134 kcal/mol

$bv\Delta H_v$: 5,5 kcal/mol

ΔS : 52,3 kcal/mol K

C_p gas : $3,094 + 3,877 \times 10^{-2} T - 3,11 \times 10^{-5} T^2 + 1,005 \times 10^{-4} T^3$

Formalin (Formaldehyde 37%)

Wujud : cairan

Kenampakan : jernih

Kemurnian : Formaldehid 37% berat

H₂O : 62% berat

Metanol : 1% berat

Density : 1,008 – 1,104 g/cm³

Boiling point (1 atm) : 99°C

(Mc Ketta vol 23, p.351, 1983)

2.1.2. Methanol (33%)

Wujud	: cairan
Kenampakan	: jernih
Kemurnian	: Formaldehid 0,05% berat
	H ₂ O 66,95% berat
	Metanol 33% berat
Density	: 0,940 – 0,9904 g/cm ³
Boiling point (1 atm)	: 96°C

(o-fish.com,2016)

2.2. Spesifikasi Bahan baku

2.2.1. Methanol (99%)

Sifat fisis

BM : 32,042 gr/mol

Melting point (1 atm) : - 97,68 °C

Boiling Point (1 atm) : 64,7 °C

Temperatur kritis : 239,43 °C

Tekanan kritis : 79,9 atm

Densitas (25 °C) : 0,7866 gr/cm³

Viskositas (25 °C) : larutan 0,541 cp
Gas 0,00958 cp

Data termodinamika

$\Delta H^{\circ}f$: -57,1 kcal / gmol fase cair (pada 25°C)

$\Delta H^{\circ}c$: 94,8 kcal / gmol (pada 25°C)

$\Delta G^{\circ}f$: -697,9 kcal / gmol fase cair (pada 25°C)

C_p gas (cal/gmol°C) : $4394 + 24,274 \times 10^{-3} T - 6855 \times 10^{-6} T^2$

2.2.2. Udara

Sifat fisis	N ₂	O ₂
Berat molekul	28,031	32,0
Wujud	gas tidakberwarna	
<i>Specific gravity</i>	12,5	1,71
Titik lebur (P = 1 atm)	-209,68	-214,8
Titik didih (°C P= 1 atm)	-195,8	-183
Kelarutan dalam 100 bagian air	2,35	4,89
Suhu kritis (°C)	-146,8	-118,4
Tekanan kritis (bar)	33,9	50,6
Volume kritis (m ³ /mol)	0,089	0,037
Data termodinamika:		
Panas penguapan (J/mol)	5581	6854
Enthalpi pembentukan pada titik didih 1 atm (cal/gmol)	1333	1630
Komposisi dalam udara	79%	21%

2.3. Pengendalian Kualitas

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

2.4. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa metanol dan udara dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik.

2.5. Pengendalian Proses Produksi

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

2.5.1 Alat Sistem Kontrol Keadaan Tertentu

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

2.5.2 Aliran Sistem Kontrol Proses Produksi

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

2.6. Pengendalian Kualitas Produk

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

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Larutan metanol sebanyak 9.297,771 kg/jam pada kondisi 30 °C, 1 atm dari tangki penyimpanan (T-01) dipompakan menuju ke *Vaporizer* (V-01) untuk mengubah fase umpan tersebut menjadi fase gas. Gas keluaran *vaporizer* memiliki suhu 70°C dan tekanan 1,2 atm. Bahan baku lainnya yaitu udara kemudian disaring menggunakan Filter Udara (FL-01) dari udara disekitar dengan temperatur 30°C dan tekanan 1 atm kemudian diserap oleh *Blower* (B-01) sehingga temperature berubah menjadi 30,78°C dan tekanan menjadi 1,2 atm. Udara keluar dari *blower* lalu dipanaskan dengan *heat exchanger* (HE-03) sehingga suhunya menjadi 70°C dan tekanan 1,2 atm. Gas hasil keluaran dari *Vaporier* (V-01) yaitu metanol dan hasil dari *Blower* (B-01) yaitu udara lalu dialirkan menuju ke *Furnace* (F-01) untuk menaikkan temperatur kedua bahan baku menapai 560 °C dengan tekanan 1,2 atm.

Campuran gas yang keluar dari *Furnace* (F-01) dimasukkan ke dalam reaktor *fixed bed multitube* (R) agar terjadi reaksi oksidasi dan reaksi dehidrogenasi dengan bantuan katalis perak (Ag) yang berlangsung pada suhu 560°C dan tekanan 1,2 atm. Produk yang dihasilkan berupa *Formaldehyde* sebanyak 16.407,677 kg/jam. Hasil reaksi samping antara udara dan metanol berupa hidrogen sebanyak 24,925 kg/jam dan air sebanyak 3.419,613 kg/jam. Di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis, isothermal, dan adiabatik. Panas yang dihasilkan diserap oleh pendingin *downtherm A*.

Gas hasil reaksi dari reaktor *fixed bed multitube* keluar dengan suhu 560°C dan tekanan 1,2 atm, kemudian diturunkan suhunya dengan menggunakan pendingin (HE-02) suhu 70°C. Kemudian gas tersebut dipisahkan dari produk dengan menggunakan Absorber (Ab-01). Hasil atas berupa O₂, N₂, dan H₂ sebagai *off gas* dan hasil bawah berupa CHOH, CH₃OH, dan H₂O sebagai gas yang terserap dijadikan cairan. Hasil bawah absorber didinginkan menggunakan pendingin (HE-03) dari suhu 70°C menjadi 33,1819°C sebagai umpan ke menara distilasi (MD-01).

Hasil atas Menara Distilasi (MD-01) berupa CHOH, CH₃OH, dan H₂O sebanyak 8.078,867 kg/jam dengan temperatur 89,4789°C dan tekanan 0,8 atm

dialirkan menuju *Condensor* (C-01) untuk diubah fasanya menjadi cairan. Hasil yang telah terkondensasi ditampung sementara di *Accumulator* (AC-01) untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan alir keluar. Hasil atas dari menara distilasi (MD-01) dijadikan produk tambahan berupa metanol dengan konsentrasi 33% yang disimpan ke dalam Tangki penyimpanan (T-03) dengan tekanan 0.8 atm dan temperatur 30°C. Sebelum dimasukkan ke Tangki penyimpanan (T-03) produk atas didinginkan dengan pendingin (HE-03). Hasil bawah Menara Distilasi (MD-01) berupa CHOH, CH₃OH, dan H₂O sebanyak 16.407,677 kg/jam dengan temperatur 21,1546°C dan tekanan 1,2 atm, produk bawah yang masih mengandung uap di *recycle* menggunakan *Reboiler* (Rb-01) kembali kedalam Menara Distilasi (MD-01) sedangkan produk cair langsung dipompakan menuju pemanas (HE-02) untuk menaikkan suhunya menjadi 30°C kemudian disimpan kedalam Tangki penyimpanan (T-02) dengan tekanan 1,2 atm.

3.2. Spesifikasi Alat Proses

a. Tangki penyimpan bahan baku, (T-01) (*Methanol 99 %*)

Tugas	: Menyimpan bahan baku Methanol 99 % selama 7 hari
Kondisi penyimpanan	: 1 atm, suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan <i>flat bottomed</i> dan <i>elipstical dishead</i>
Ukuran	: Volume : 1722,2283 m ³ Tinggi : 10,972 m Diameter: 13,716 m
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
<i>Tebal shell</i>	: 1/4, 5/16, 7/16, 1/2, 1/4 in
<i>Tebal head</i>	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.031,94

b. Tangki penyimpanan produk akhir (T-02) (Formaldehyde 37%)

Tugas	: Menyimpan hasil produk samping 7 hari
Kondisi penyimpanan	: 1,2 atm, suhu 30 °C
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan <i>flat bottomed</i> dan <i>elipstical dishead</i>
Ukuran	: Volume : 1.890,17 m ³ Tinggi : 13,716 m Diameter: 10,972 m
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tebal Shell	: 1/4, 2 1/2, 2 1/4, 1 1/4, 3/4, 3/16 in
Tebal Head	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.296,78

c. Tangki Penyimpanan Produk Samping (T-03) (Methanol 30%)

Tugas	: Menyimpan hasil produk samping selama 7 hari
Kondisi penyimpanan	: 1,2 atm, suhu 30 °C
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan <i>flat bottomed</i> <i>Dan elipstical dishead</i>
Ukuran	: Volume : 616,3148 m ³ Tinggi : 11,3629 m Diameter: 7,3525 m
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tebal Shell	: 1/4, 2 1/2, 2 1/4, 2 3/4, 3/4, 3/16 in
Tebal Head	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 1.923,40

d. Blower (B-01)

Tugas	: Mengalirkan udara lingkungan ke <i>furnace</i>
Jenis	: <i>Blower Centrifugal</i>
Kondisi Operasi	: P = 1 atm T = 30 °C
Motor Penggerak	: 3 HP
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.266,43

e. Reaktor (R-01)

Tujuan	: Mereaksikan uap methanol dengan udara menjadi Formaldehid
Jenis	: <i>Fixed Bed Multitube</i>
Diameter	: 3,346 m
Tinggi	: 9,701 m
<i>Tebal shell</i>	: 4/16 in
<i>Tebal Head</i>	: 2 1/2 in
Fase	: Gas
Katalis	: <i>Silver (Ag)</i>
Suhu Reaktor	: 560 °C
Tekanan	: 1 atm
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 34.024,67

f. Absorber (Ab-01)

Tujuan	: Menyerap formaldehid, methanol, dan air sehingga menjadi cair
Jenis	: <i>Packing tower</i>
Diameter	: 1,1742 m
Tinggi	: 1,0004 m
Suhu	: 70 °C
Tekanan	: 1,2 atm
Bahan isian	: <i>Activated carbon</i>
Bentuk isian	: <i>Raching ring</i>
Tebal dinding	: 3/16 in
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 2.029

g. Menara Distilasi (MD-01)

Tujuan	: Memisahkan formaldehid
Jenis <i>plate</i>	: <i>Sieve Tray</i>
Kondisi operasi	: Tekanan = 1,2 atm Suhu = 55,5 °C
Spesifikasi	: Diameter = 3,1066 m Tinggi = 20,862 m <i>Tebal shell</i> = 0,1875 in <i>Tebal head</i> = 0,1875 in
Harga	: \$ 5.910,69

h. Condensor (C-01)

Tugas	: Mengembunkan fluida hasil atas MD
-------	-------------------------------------

Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Beban panas	: 16.622,72 kJ/jam
Luas transfer panas	: 3,436 ft ²
Panjang	: 18 ft
<i>Shell side</i>	: Fluida dingin : air
	Ukuran : ID = 29 in
	<i>Baffle space</i> = 14,5 in
	<i>Passes</i> = 1
<i>Tube side</i>	: Fluida panas : Formaldehid, methanol, air
	Ukuran : Jumlah <i>tube</i> = 1
	OD; BWG = 1,5 in; 18
	<i>Passes</i> = 2
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 3.607,53

i. Accumulator (AC-01)

Tugas	: Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
Volume	: 65,326 ft ³
Jenis	: Tangki silinder horizontal
Bahan	: <i>Carbon Steel SA – 283 grade C</i>
Spesifikasi	: Diameter : 0,6987 m
	Panjang : 2,0960 m
	<i>Tebal shell</i> : 0,1875 in
	<i>Tebal head</i> : 0,1875 in
Harga	: \$ 1.017,01

j. Reboiler (Rb-01)

Tugas	: Menguapkan fluida hasil bawah MD
-------	------------------------------------

Jenis : *Kettle reboiler*
 Beban panas : 1.610.259,30 kJ/jam
 Luas transfer panas : 402,247 ft²
 Panjang : 20 ft
Shell side : Fluida dingin : Formaldehid, metanol, air
 Ukuran : ID = 25 in
Baffle space = 10 in
Passes = 1

Tube side : Fluida panas : steam
 Ukuran : Jumlah *tube* = 52 buah
 OD; BWG = 1,5 in; 18
Passes = 2

Bahan : *Carbon Steel*
 Harga : \$ 2.171,88

k. Vaporizer

Tugas : Memanaskan dan menguapkan umpan dengan menggunakan pemanas steam

Jenis : *Kettle reboiler*
 Luas transfer panas : 461,551 ft²
Shell side : Fluida dingin
 Ukuran : ID = 25 in
Baffle space = 1 1/4 in
Passes = 1

Tube side : Fluida panas : *steam*
 Ukuran : Jumlah *tube* = 294 buah
 OD; BWG = 0,5 in; 12
Passes = 8

Bahan : *Carbon Steel*
 Harga : \$ 2.654,36

l. Furnace (F-01)

Tugas : Memanaskan umpan methanol dan campuran

	udara hingga mencapai suhu reaksi
Beban panas	: 3,658,270 BTU/jam
Jenis	: <i>Vertical Furnace</i> dengan <i>Helical Coil</i>
Ukuran alat	: Panjang : 10 ft Lebar : 5 ft Tinggi : 5 ft
Bahan bakar	: <i>fuel oil</i> no. 2
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.072,55

m. Pompa (P – 01)

Tugas	: Mengalirkan bahan baku dari tangki menuju vaporizer
Jenis	: Pompa sentrifugal
Kapasitas	: 36,361 m ³ /jam
Ukuran pipa	: ID = 2,06 in Sch N = 80 NPS = 2 in
Total <i>head</i>	: 22,5058 m
Motor penggerak	: 3,0 Hp; 3500 rpm
Bahan penggerak	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1 pompa
Harga	: \$ 954,29

n. Pompa (P – 02)

Tugas	: Mengalirkan bahan dari absorber ke MD
-------	---

Jenis : Pompa sentrifugal
 Kapasitas : 79,341 gpm
 Ukuran pipa : ID = 4 in
 Sch N = 40
 NPS = 1 in
 Total head : 7,862 m
 Motor penggerak : 2 Hp, 3500 rpm
 Bahan penggerak : *Carbon steel SA 283 Grade C*
 Jumlah : 1 pompa
 Harga : \$ 1.524

o. Pompa (P – 03)

Tugas : Mengalirkan hasil atas dari menara distilasi
 menuju tangki penyimpanan
 Jenis : Pompa sentrifugal
 Kapasitas : 26,611 m³/jam
 Ukuran pipa : ID = 3,068 in
 Sch N = 80
 NPS = 0,75 in
 Total head : 7,149 m
 Motor penggerak : 1 Hp; 3500 rpm
 Bahan penggerak : *Carbon steel SA 283 Grade C*
 Jumlah : 1 pompa
 Harga : \$ 1.009

p. Pompa (P – 04)

Tugas	: Mengalirkan hasil bawah menara distilasi menuju tangki penyimpanan
Jenis	: Pompa sentrifugal
Kapasitas	: 50,779 gpm
Ukuran pipa	: ID = 3,068 in Sch N = 80 NPS = 0,75 in
Total head	: 10,884 m
Motor penggerak	: 3 Hp; 3500 rpm
Bahan penggerak	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1 pompa
Harga	: \$ 1.166

q. Cooler (CL – 01)

Tugas	: Mendinginkan larutan keluar reaktor dari suhu 560 °C menjadi 70 °C
Beban panas	: 55.520.921,63 kJ/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube Exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 519,7676 ft ²
Ukuran alat	: <i>Tube</i> : OD = ¾ in BWG = 16 Jumlah pipa = 68 Panjang = 14 ft <i>Passes</i> = 4 <i>Shell</i> : ID = 12 in <i>Passes</i> = 2
Bahan	: <i>Carbon stell SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 2.643,44

r. Cooler (CL – 02)

Tugas	: Mendinginkan larutan keluar absorber dari suhu 70 °C menjadi suhu 34,38 °C
Beban panas	: 3.251.541,90 kJ/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube Exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 360,165 ft ²
Ukuran alat	: <i>Tube</i> : OD = 3/4 in BWG = 16 Jumlah pipa = 86 Panjang = 14 <i>Passes</i> = 4 <i>Shell</i> : ID = 12 in <i>Passes</i> = 1
Bahan	: <i>Carbon stell SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 2.129,29

s. Cooler (CL – 03)

Tugas	: Mendinginka larutan keluar reboiler dari suhu 82,6 °C menjadi 30 °C
Beban panas	: 1.753.399,71 kJ/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube Exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 215,933 ft ²
Ukuran alat	: <i>Tube</i> : OD = 1 in BWG = 12 Jumlah pipa = 35 Panjang = 1 7/8r <i>Passes</i> = 6 <i>Shell</i> : ID = 12 <i>Passes</i> = 1
Bahan	: <i>Carbon stell SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 1.663,74

t. Heater (HE – 01)

Tugas	: Memanaskan air menuju absorber
Beban panas	: 20.054.550,58 kJ/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 1017,333 ft ²
Ukuran alat	: <i>Tube</i> : OD = 1 in
	BWG = 14
	Jumlah pipa = 278
	Panjang = 14
	<i>Passes</i> = 2
	<i>Shell</i> : ID = 13,25 in
	<i>Passes</i> = 1
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.777,81

u. Heater (HE – 02)

Tugas	: Memanaskan hasil produk keluar dari menara distilasi
Beban panas	: 3.369.293,11 kJ/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 331,920 ft ²
Ukuran alat	: <i>Tube</i> : OD = 1,5 in
	BWG = 14
	Jumlah pipa = 106
	Panjang = 12
	<i>Passes</i> = 2
	<i>Shell</i> : ID = 13,25 in
	<i>Passes</i> = 1
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 3.951,30

v. Heater (HE – 03)

Tugas	: Memanaskan udara keluar dari <i>blower</i>
Beban panas	: 5.643,22 kJ/jam
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 10,44 ft ²
Ukuran alat	: Jumlah <i>hairpin</i> = 1
	Panjang <i>hairpin</i> = 7,315 m
	OD = 0.229 m
	ID = 0.381 m
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 3.907,10

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku metanol diperoleh dari pabrik metanol milik PT. Kaltim Methanol Industri di Bontang dan air didapat dari sungai Sangatta.

Tabel 3.1 Data Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
<i>Methanol</i> Kebutuhan = 9.297,771 kg/jam	73.638,344	80.000
<i>Water</i> Kebutuhan = 92,978 kg/jam	736,383	750

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku *methanol* dan *water* dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

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



BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pabrik *formaldehyde* dengan kapasitas produksi 130.000 ton / tahun direncanakan akan didirikan di Bontang – Kalimantan Timur, yang merupakan daerah kawasan industri. Pemilihan lokasi pabrik *formaldehyde* dapat dilihat dari gambar berikut ini :



(Google Map)

Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik *Formaldehyde*

Adapun pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut:

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

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

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan laut jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

Bahan baku pabrik *Formaldehyde* ini adalah *methanol* yang diperoleh dari Kaltim *Methanol* Industri (KMI), Bontang.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. Lokasi di kawasan Bontang relatif strategis untuk pemasaran produk terutama bagi pabrik - pabrik yang menggunakan *Formaldehyde*.

3. Utilitas

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

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

5. Transportasi

Untuk mempermudah lalu lintas produk dan pemasarannya, pabrik didirikan di Bontang karena dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan, serta jalan raya yang memadai, sehingga diharapkan pemasaran *Formaldehyde* baik ke daerah - daerah di pulau Jawa atau ke pulau - pulau lain di Indonesia maupun keluar negeri dapat berjalan dengan baik.

6. Letak Geografis

Daerah Bontang – Kalimantan Timur merupakan suatu daerah yang terletak di daerah kawasan industri dan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Bontang dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri.

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang akan menentukan kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya. Dari pertimbangan tersebut maka area tanah yang tersedia memenuhi persyaratan untuk pembangunan sebuah pabrik.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

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

1. Perluasan Areal Unit

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan produksi Kalimantan Timur untuk kawasan Bontang, sehingga memungkinkan adanya perluasan area pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perizinan

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

Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.

d. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

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

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

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

1. Daerah administrasi / perkantoran dan laboratorium

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

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

3. Daerah pergudangan, umum, bengkel, dan garasi

4. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1. Data Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

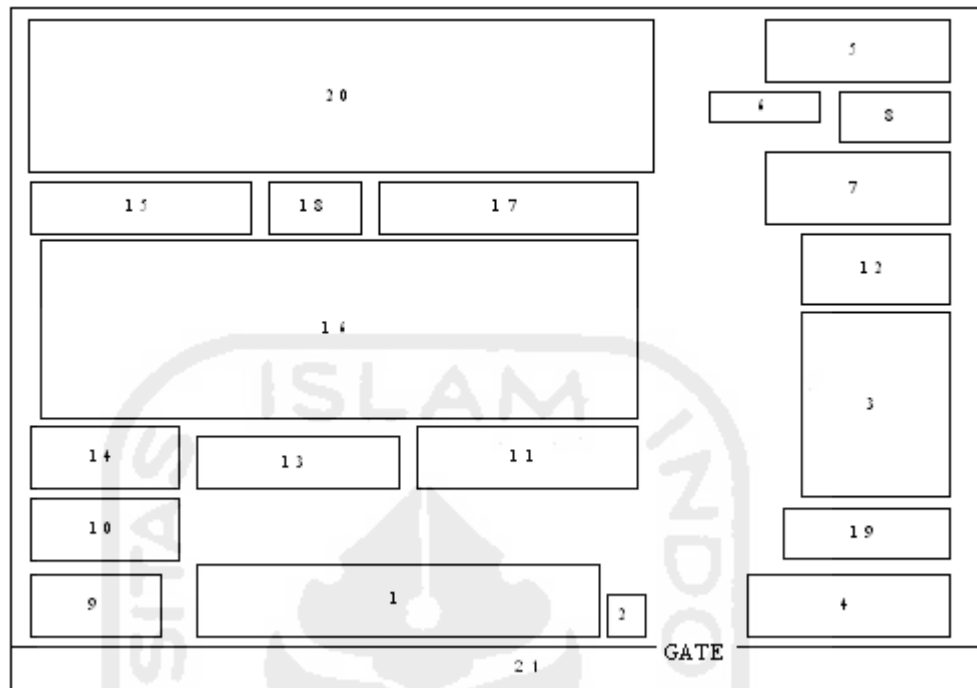
Lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
Kantor utama	44	14	616
Pos Keamanan/satpam	8	4	32
Mess	16	36	576
Parkir Tamu	12	22	264
Parkir Truk	20	12	240
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	20	14	280
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin	16	12	192
Bengkel	12	24	288
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	240
Area proses	65	35	2.275
Control Room	28	10	280
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	60	40	2.400
Perluasan pabrik	110	20	2.200
Luas Tanah			10.979
Luas Bangunan			6.379
Total	533	331	10.979

4.3. Tata Letak Alat Proses (*Machines Layout*)

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk
Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
2. Aliran udara
Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.
3. Pencahayaan
Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.
4. Lalu lintas manusia dan kendaraan
Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.
5. Pertimbangan ekonomi
Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.
6. Jarak antar alat proses
Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

LAY OUT PABRIK FORMALDEHID

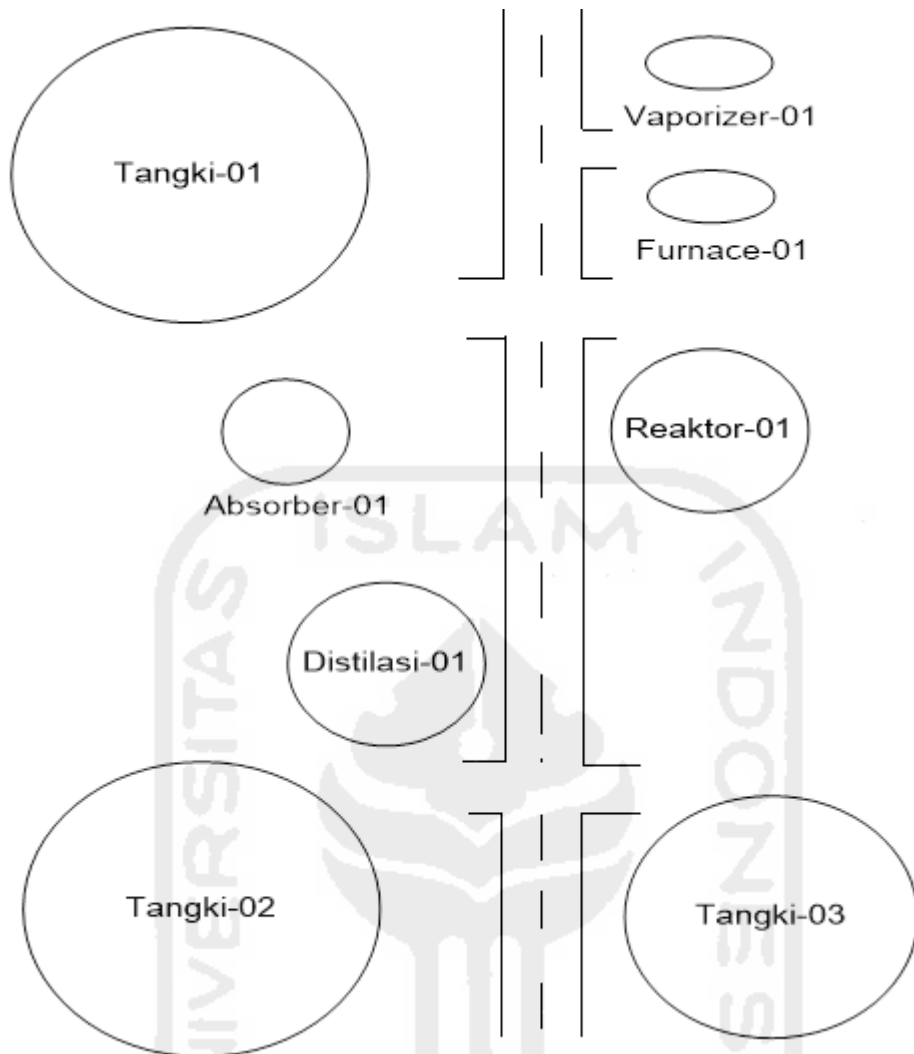


Skala 1 : 115

Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik

Keterangan gambar:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Kantor utama | 12. Unit pemadam kebakaran |
| 2. Pos keamanan | 13. Gudang alat |
| 3. Mess | 14. Laboratorium |
| 4. Parkir tamu | 15. Utilitas |
| 5. Parkir truk | 16. Area proses |
| 6. Ruang timbang truk | 17. Control room |
| 7. Kantor teknik dan produksi | 18. Control utility |
| 8. Klinik | 19. Taman |
| 9. Masjid | 20. Perluasan pabrik |
| 10. Kantin | 21. Jalan raya |
| 11. Bengkel | |



Skala 1 : 22

Gambar 4.3. Tata Letak Alat Proses Pabrik

4.4. Aliran Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

Neraca Massa Total

Tabel 4.2. Neraca Massa Total

Komponen	<i>Input</i> , kg/jam	<i>Output</i> , kg/jam
CHOH		6.073,232
CH ₃ OH	9.297,771	2.819,656
H ₂ O	12.081,066	15.593,656
O ₂	4.648,885	1.609,230
N ₂	6.419,889	6.419,889
H ₂		24,925
TOTAL	32.447,611	32.447,661

Neraca Massa Setiap Alat

1. Neraca Massa di Furnace

Tabel 4.3. Neraca Massa di Furnace

Komponen	<i>Input</i> , kg/jam	<i>Output</i> , kg/jam
CH ₃ OH	9.297,771	9.297,771
H ₂ O	92,978	92,978
O ₂	2324,443	2324,443
N ₂	8744,332	8744,332
TOTAL	20.459,523	20.459,523

2. Neraca Massa pada Reaktor

Tabel 4.4. Neraca Massa di Reaktor

Komponen	<i>Input, kg/jam</i>	<i>Output, kg/jam</i>
CHOH		6.073,232
CH ₃ OH	9.297,771	2.819,656
H ₂ O	92,978	3.512,591
O ₂	4.648,885	1.609,230
N ₂	6.419,889	6.419,889
H ₂		24,925
TOTAL	20.459,523	20.459,523

3. Neraca Massa di Absorber

Tabel 4.5. Neraca Massa di Absorber

Komponen	<i>Input, kg/jam</i>	<i>Output, kg/jam</i>
CHOH	6.073,232	6.073,232
CH ₃ OH	2.819,656	2.819,656
H ₂ O	15.593,656	15.593,656
O ₂	1.609,230	1.609,230
N ₂	6.419,889	6.419,889
H ₂	24,925	24,925
TOTAL	32.540,588	32.540,588

4. Neraca Massa di Menara Distilasi

Tabel 4.6. Neraca Massa di Menara Distilasi

Komponen	<i>Input, kg/jam</i>	<i>Output, kg/jam</i>
CHOH	6.073,232	6.073,232
CH ₃ OH	2.819,656	2.819,656
H ₂ O	15.593,656	15.593,656
TOTAL	24.486,545	24.486,545

5. Neraca Massa di Vaporizer

Tabel 4.7 Neraca Massa di Vaporizer

Komponen	<i>Input</i> , kg/jam	<i>Output</i> , kg/jam
CH ₃ OH	9.297,771	9.297,771
H ₂ O	92,978	92,978
TOTAL	9.390,748	9.390,748

4.4.2. Neraca Panas

1. Neraca Panas pada Reaktor

Tabel 4.8 Neraca Panas pada Reaktor

Komponen	<i>Input</i> , kJ/jam	<i>Output</i> , kJ/jam
CH ₃ OH	-7.332.524,67	2.223.672,713
CH ₂ O	0	5.021.478,712
H ₂ O	-192.720,962	3.969.236,464
O ₂	-1.341.783,453	406.911,314
N ₂	-4.272.654,807	4.272.654,807
H ₂	0	1.173.763,705
Q rx	-7.540.374,221	
Q pendingin		3.612.340,40
TOTAL	-20.680.058,12	20.680.058,12

2. Neraca Panas pada *Absorber*

Tabel 4.9 Neraca Panas pada *Absorber*

Komponen	<i>Input</i> , kJ/ jam	<i>Output</i> , kJ/ Jam
CH ₃ OH	156.479,7799	325.409,3363
CHOH	1.859.615,377	-
H ₂ O (gas)	217.237,7851	-
H ₂ O (cair)	1.642.377,592	3.082.815,811
O ₂	30.869,44664	30.869,44664
N ₂	427.521,9041	427.521,9041
H ₂	128.585,3533	128.585,3533
Q loss	-	-6.931.445,2
TOTAL	300.304,6589	300.304,6589

3. Neraca Panas pada Menara Distilasi

Tabel 4.10 Neraca Panas pada Menara Distilasi

Komponen	Masuk	Keluar	
		Destilat	Bottom
	H, kj/kmol	H, kj/kmol	H, kj/kmol
<i>Formaldehyde</i>	111,3881	1,424099216	-70,7534
<i>Methanol</i>	56,4837	1.210,452208	-2,0615
<i>Water</i>	535,6286	4.994,709077	-212,1692
Total	703,5004	6.206,585385	-284,9841
mol/jam	1.201,2486	428,4098	772,8387
mol*H	845.078,7859	2.661.570,3704	-220.246,7541
Q _r	1.610.259,3003		
Q _c			16.622.7191
TOTAL	2.457.946,3354		2.457.946,3354

4. Neraca Panas pada Vaporizer

Tabel 4.11 Neraca Panas pada Vaporizer

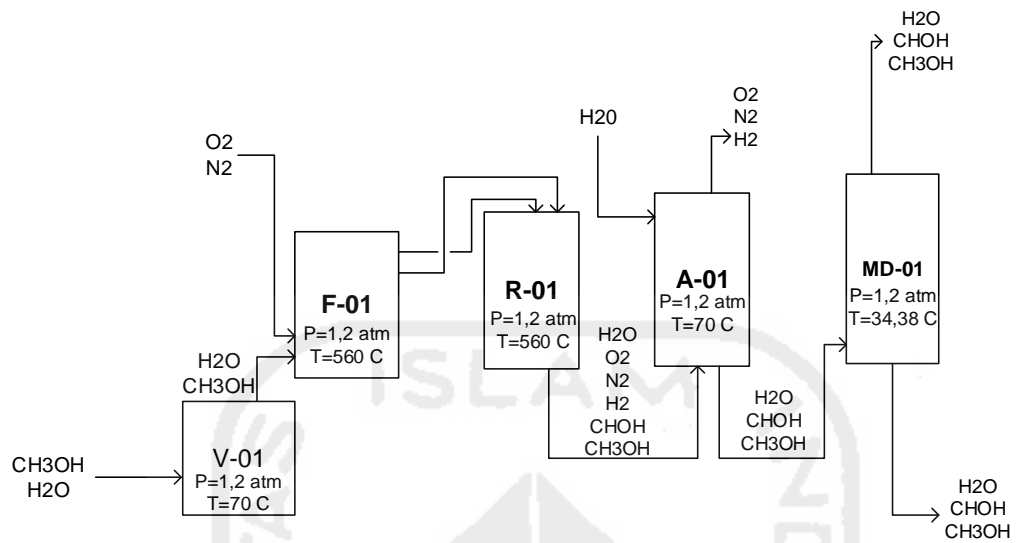
Komponen	<i>Input</i> , kj/jam	<i>Output</i> , kj/jam
<i>Methanol</i>	8.108.687,8826	5.342.088,9372
<i>Water</i>	129.676,3903	65.216,0301
Qs	6.146.479,5483	-
Panas penguapan	-	8.977.538,8539
TOTAL	14.384.843,8212	14.384.843,8212

5. Neraca Panas pada Furnace

Tabel 4.12 Neraca Panas pada Furnace

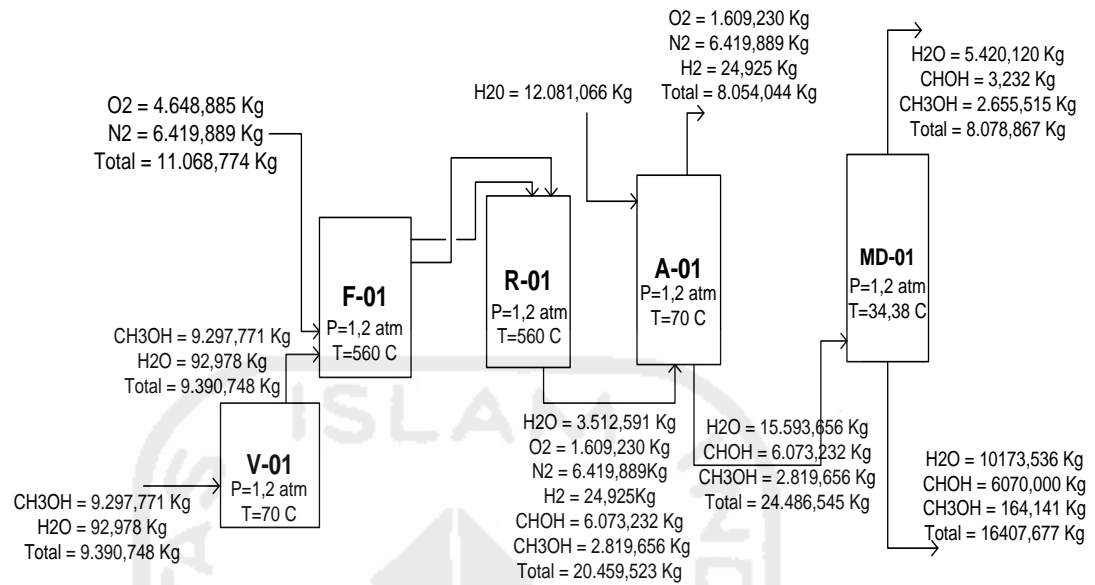
Komponen	<i>Input</i> , kj/jam	<i>Output</i> , kj/jam
<i>Methanol</i>	8.418.857,8818	5.342.088,937
<i>Water</i>	133.054,8425	65.216,0301
<i>Oksigen</i>	47.313.168,5540	938.076,5693
<i>Nitrogen</i>	1.430.924.502,6175	51.448.470,92
Qs	59.871.302.4613	-
Panas penguapan	-	2077450
TOTAL	59.871.302.4613	59.871.302.4613

4.4.3. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif

4.4.4. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

4.5. Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana 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 kontinui 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 haul* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- a. Umur alat

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

- b. Bahan baku

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

- c. Tenaga manusia

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

4.6. Pelayanan Teknik (Utilitas)

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

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

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

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

4.6.1.1. Unit Penyediaan Air

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

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

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

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

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

2. Air umpan boiler (*Boiler Feed Water*)

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

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

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

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

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

- c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

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

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat fisika, meliputi:

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

b. Syarat kimia, meliputi:

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

4.6.1.2. Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

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

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

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

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), *koagulan acid* sebagai pembantu pembentukan *flok* dan NaOH sebagai pengatur pH. Air

baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge (flok)* yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

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

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

3. Demineralisasi

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

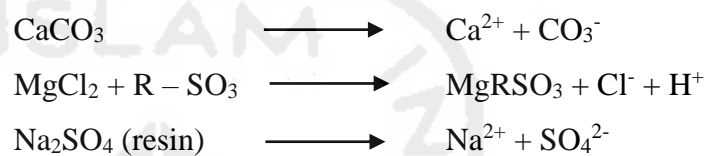
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

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

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

Reaksi:



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

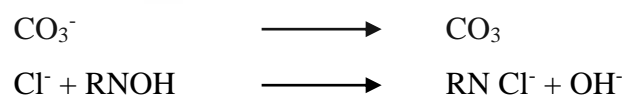
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

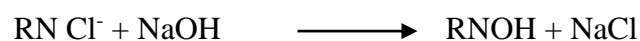
Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



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

Reaksi:



c. Deaerasi

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

Reaksi:



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

4.6.1.3. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
V-01	4.312,9325
HE-01	27.821,5446
HE-02	1.259,1568
RB-01	712,5219
TOTAL	34.106,1558

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

$$= 20\% \times 34.106,1558 \text{ kg/jam}$$

$$= 6.821,2312 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown } 20\% = 20\% \times 34.106,1558 \text{ kg/jam}$$

$$= 6.821,2312 \text{ kg/jam}$$

2. Air Pendingin

Tabel 4.14 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
CL-01	3.420,1542
CL-02	1.201,7929
CL-03	1.296,1379
CD-01	397,3401
TOTAL	6.315,4251

Air pendingin digunakan kembali, maka wake up yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Blowdown (Wb)} &= 6.315,4251 \text{ kg/jam} : (5-1) \\ &= 1.578,8563 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air yang terbawa aliran keluar tower (Wd)} \\ &= 0,15\% \times 1.578,8563 \text{ kg/jam} \\ &= 9,4731 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3. Air proses pada pabrik *formaldehyde* berfungsi sebagai air penyerap di dalam *absorber*. Jumlah air yang dibutuhkan sebesar 12.081,066 kg/jam.

4. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

$$\begin{aligned} \text{Dianggap 1 orang membutuhkan air} &= 100 \text{ kg/hari} \\ &(\text{Sularso, 2000}) \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah karyawan} = 200 \text{ orang}$$

Tabel 4.15 Kebutuhan Air untuk Perkantoran dan Rumah Tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Karyawan	20.000
2	Perumahan	40.000
3.	Laboratorium	500
4.	Bengkel	200
5.	Poliklinik	300
6.	Kantin	1.500
7.	Kebersihan, Pertamanan, dan Lain-lain	1.000
	Jumlah	63.500

Kebutuhan air total

Air pembangkit *steam* = 13.642,4624 kg/jam

Air pendingin = 1.588,3294 kg/jam

Air proses = 12.081,066 kg/jam

Air domestik = 2.646 kg/jam

Total kebutuhan air = 29.957,8578 kg/jam

Diambil angka keamanan 10%

= 1,1 x 29.957,8578 kg/jam

= 32.953,6436 kg/jam

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

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

Kapasitas : 40.927,0319 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

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

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

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

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

4.6.3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh generator diesel. Pabrik tidak menggunakan PLN Karena daya yang diperlukan sangat besar. Diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power - power yang dinilai penting antara lain *boiler*, kompresor, pompa. Spesifikasi *diesel* yang digunakan adalah:

Kapasitas : 4.938,4640 KVA

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 2 buah Generator diesel 2000 Kwatt dan 1 buah Generator 1000 Kwatt

Prinsip kerja dari *diesel* ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang

mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai.

4.6.4. Unit Penyediaan Udara Tekan

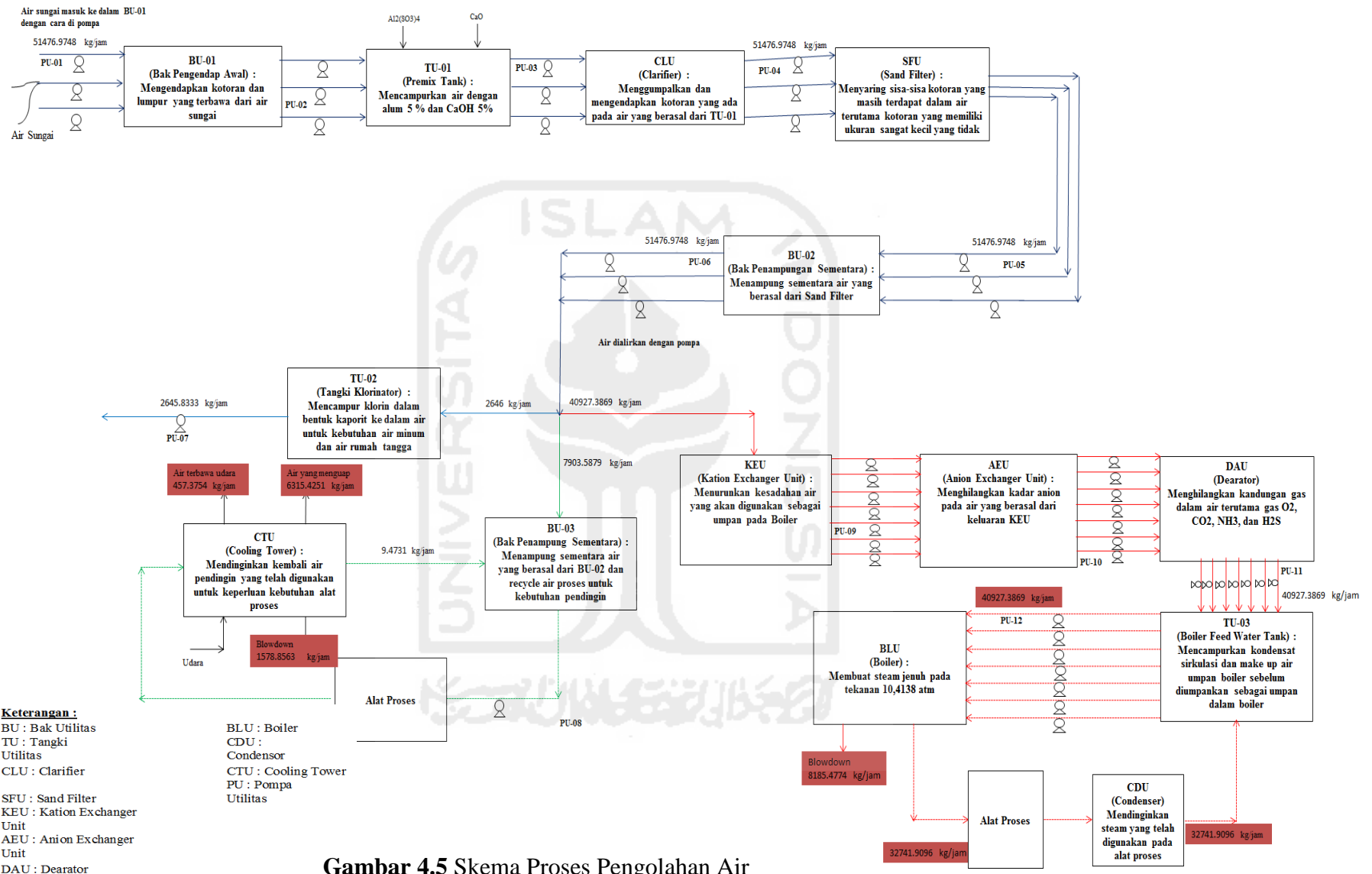
Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 519,1429 m³/jam.

4.6.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar (*Industrial Diesel Oil*) yang diperoleh dari PT. Badak, Bontang. Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada *boiler* adalah *Residual Oil* no. 6 yang juga diperoleh dari PT. Badak, Bontang.

4.6.6. Unit Penyediaan Dowtherm

Unit ini bertujuan untuk menyediakan air pendingin yang digunakan pada reactor *fixed bed multitube*. Dowtherm yang telah dipakai kemudian direcycle kembali ke unit penyediaan dowtherm yang sebelumnya didinginkan untuk digunakan kembali.



Gambar 4.5 Skema Proses Pengolahan Air

4.7. Organisasi Perusahaan

4.7.1. Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik *Formaldehyde* yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut:

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen

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

5. Lapangan usaha lebih luas

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

6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
8. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang - undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham - saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang - undang pemburuhan.

4.7.2. Struktur Organisasi

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu: sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada

seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

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

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala 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 masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

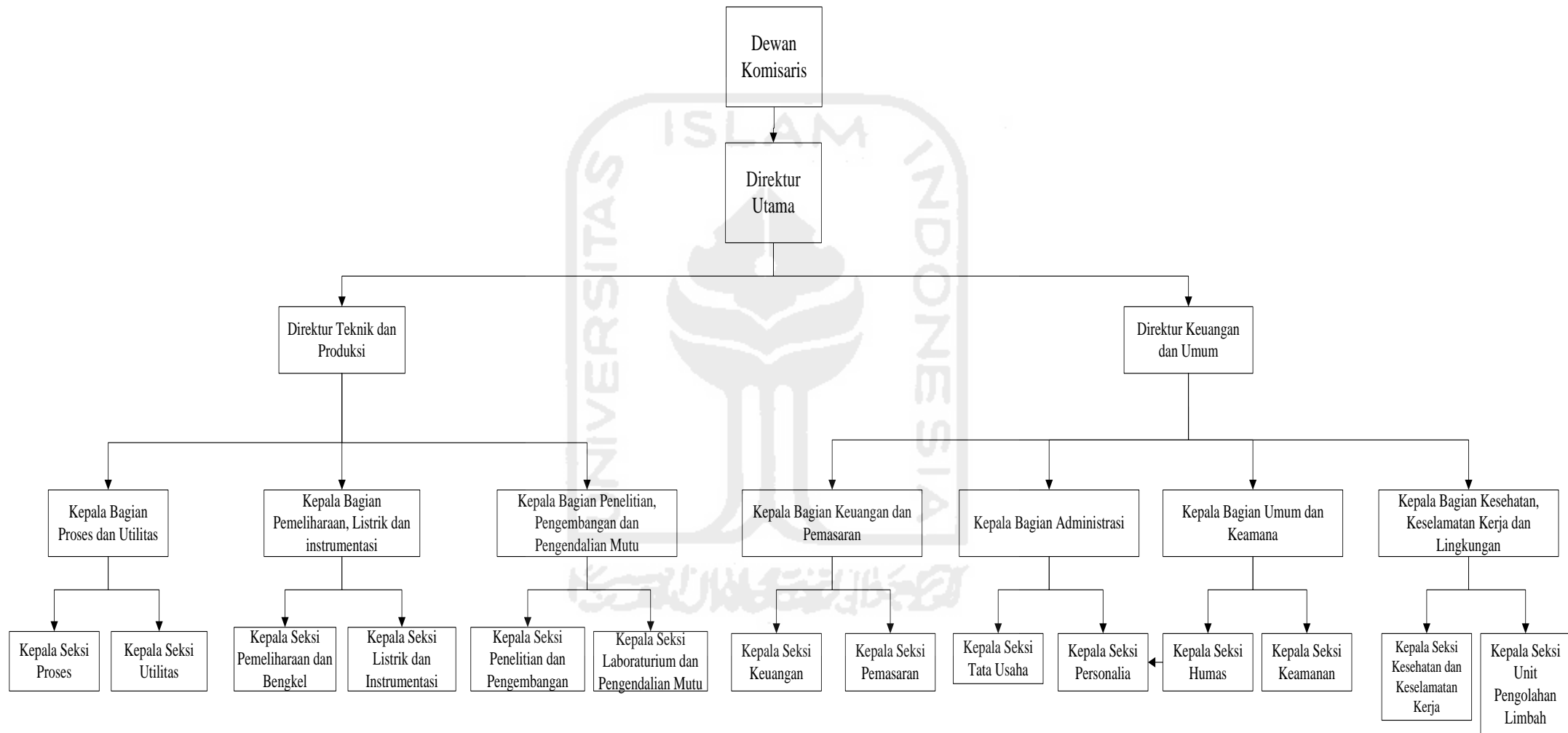
Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik *Formaldehyde* dari metanol dan udara dengan kapasitas 130.000 ton / tahun.





Gambar 4.7. Struktur Organisasi

4.7.3. Tugas dan Wewenang

4.7.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

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

4.7.3.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari - hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

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

4.7.3.3. Dewan Direksi

Direktur 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 kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

1. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.7.3.4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

2. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.

3. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
4. Mempertinggi efisiensi kerja.

4.7.3.5. Kepala Bagian

1. Kepala Bagian Proses

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

a. Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi:

- 1) Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
- 2) Mengawasi jalannya proses produksi.

b. Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian meliputi:

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

c. Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium meliputi:

- 1) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- 2) Mengawasi dan menganalisa produk.
- 3) Mengawasi kualitas buangan pabrik.

2. Kepala Bagian Teknik dan Utilitas

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
- b. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

a. Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:

- 1) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan *table* pabrik.
- 2) Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

b. Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas antara lain:

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

3. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.
- b. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

a. Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain:

- 1) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- 2) Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

b. Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

- 1) Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- 2) Mengatur distribusi barang dari gudang.

4. Kepala Bagian Keuangan, Administrasi, dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.
- b. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

- a. Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan antara lain:

Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

- b. Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

- 1) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- 2) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.
- 3) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- c. Seksi Humas

Tugas Seksi Humas antara lain:

Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

- d. Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan antara lain:

- 1) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan
- 2) Mengawasi keluar masuknya orang – orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan
- 3) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

5. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi.
- b. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

- a. Seksi Penelitian
- b. Seksi Pengembangan

4.7.3.6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya 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 terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.7.3.7. Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

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

2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

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

4.7.4. Catatan Cuti

4.7.4.1. Cuti Tahunan

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

4.7.4.2. Hari Libur Nasional

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

4.7.4.3. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4.7.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah, dan Gaji Karyawan

4.7.5.1. Sistem Gaji Karyawan

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

Tabel 4.16 Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	50.000.000,00	50.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	45.000.000,00	45.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	40.000.000,00	40.000.000,00
Staff Ahli	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Ka. Bag Umum	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Bag. Teknik	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Bag. Produksi	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Bag. Litbang	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	15.000.000,00	15.000.000,00

Ka. Sek. Pengembangan	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Personalia	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Karyawan Humas	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Karyawan Keamanan	5	3.100.000,00	15.500.000,00
Karyawan Pembelian	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Karyawan Pemasaran	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Karyawan Administrasi	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Karyawan Kas/Anggaran	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Karyawan Proses	40	8.000.000,00	320.000.000,00
Karyawan Pengendalian	5	8.000.000,00	40.000.000,00
Karyawan Laboratorium	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	7	8.000.000,00	56.000.000,00
Karyawan Utilitas	10	8.000.000,00	80.000.000,00
Karyawan KKK	6	8.000.000,00	48.000.000,00
Karyawan Litbang	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Sekretaris	5	8.000.000,00	40.000.000,00
Medis	2	6.000.000,00	12.000.000,00
Paramedis	3	6.000.000,00	18.000.000,00
Sopir	6	3.100.000,00	18.600.000,00
<i>Cleaning Service</i>	5	3.000.000,00	15.000.000,00
TOTAL	144		1.339.100.000,00

4.7.5.2. Jam Kerja Karyawan

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

1. Jam kerja karyawan *non-shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah : Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin – Kamis

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

hari Sabtu dan Minggu libur

2. Jam kerja karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang 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, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi:

- a. *Shift* Pagi : 07.00 – 15.00
- b. *Shift* Sore : 15.00 – 23.00
- c. *Shift* Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4.17 Jadwal Kerja Masing-masing Regu

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

Keterangan:

P = Shift Pagi

M = Shift Malam

S = Shift Siang

L = Libur

4.7.5.3. Penggolongan Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMP.

Perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4.18 Penggolongan Jabatan Dan Keahlian

No.	Jabatan	Keahlian
1	Direktur Utama	Magister Teknik Kimia
2	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Staf Ahli	Sarjana Teknik Kimia dan Ekonomi
5	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin
7	Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
10	Kepala Seksi Personalia dan Humas	Sarjana Sosial
11	Kepala Seksi Keamanan	Ahli Madya
12	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Industri/Ekonomi
13	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	Sarjana Industri/Ekonomi
14	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
15	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Kimia
16	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Teknik Kimia
17	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	Sarjana Teknik Kimia
18	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
19	<i>Foreman</i> Proses	Ahli Madya Teknik Kimia

20	Operator Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
21	<i>Foreman</i> Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
22	Operator Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
23	<i>Foreman</i> Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
24	Operator Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
25	Karyawan Pembelian dan Pemasaran	Ahli Madya Teknik Industri / Ekonomi
26	Karyawan Administrasi dan Keuangan	Ahli Madya Ekonomi
27	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	Ahli Madya Teknik Kimia
28	Karyawan Personalia dan Humas	Ahli Madya Sosial
29	Karyawan Keamanan	Lulusan SMA
30	Karyawan Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
31	Karyawan Pengendalian	Ahli Madya Teknik Kimia
32	Karyawan Laboratorium	Ahli Madya Teknik Kimia
33	Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	Ahli Madya Teknik Kimia
34	Sekretaris	Ahli Madya Sekretaris
34	Sekretaris	Ahli Madya Sekretaris
35	Medis	Dokter
36	Paramedis	Sarjana Keperawatan
37	Sopir	Lulusan SMP
38	<i>Cleaning Service</i>	Lulusan SMP

4.7.6. Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memroses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan - penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

1. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan:

- 1) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- 2) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - 3) Mencari daerah pemasaran lain.
- b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

- 2) Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.

- 3) Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

2. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut:

a. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor / analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

b. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

d. Pengendalian bahan proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

4.8. Evaluasi Ekonomi

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

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

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

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi:
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
Meliputi:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
3. Pendapatan modal
Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:
 - a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
 - c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1. Harga Peralatan

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

Pabrik Formaldehid beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2018. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa.

Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2021 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1955 sampai 2021, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.19 Harga Indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
2001	324	1
2002	343	2
2003	355	3
2004	356	4
2005	361,3	5
2006	358,2	6
2007	359,2	7
2008	368,1	8
2009	381,1	9
2010	381,7	10
2011	386,5	11
2012	389,5	12
2013	390,6	13
2014	394,1	14
2015	394,3	15
2016	395,6	16
2017	402	17
2018	444,2	18
2019	468,2	19
2020	499,6	20
2021	525,4	21
Total	8277,6	231

Sumber: (Peter Timmerhaus, 1990)

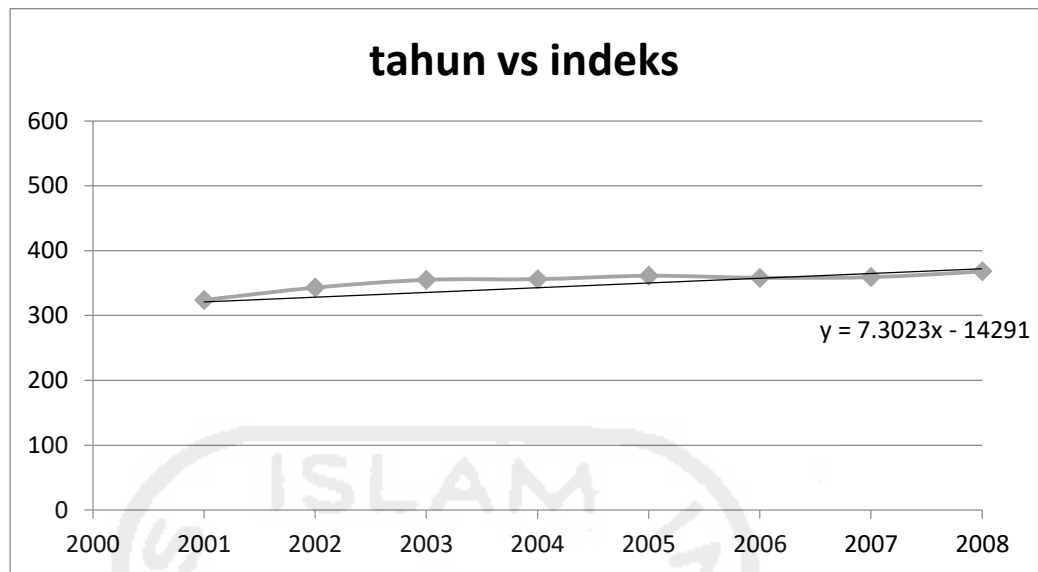
Persamaan yang diperoleh adalah: $y = 7.302x - 14189$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2021 adalah

Tabel 4.20 Harga Indeks Pada Tahun Perancangan

Tahun	Index
2008	473,42
2009	480,72
2010	488,02
2011	495,32
2012	502,62
2013	509,93
2014	517,23
2015	524,53
2016	531,83
2017	539,13
2018	546,44
2019	553,74
2020	561,04
2021	568,342

Jadi indeks pada tahun 2021 = **568,342**



Gambar 4.7 Grafik Indeks Harga

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

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2019

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

N_x : Index harga pada tahun 2019

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

4.8.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Formaldehid = 130.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2021

Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 13.200,- (<i>Bisnis.com 2015</i>)
Harga bahan baku (metanol)	= Rp 179.631.990.155
Harga bahan pembantu :	
Katalis (silver catalyst)	= Rp 10.691.983
Harga Jual	= Rp 1.240.647.168.794

4.8.3. Perhitungan Biaya

4.8.3.1. *Capital Investment*

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

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

4.8.3.2. *Manufacturing Cost*

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

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

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

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

c. *Fixed Cost*

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

4.8.3.3. *General Expense*

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

4.8.4. Analisa Kelayakan

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

4.8.4.1. *Percent Return on Investment (ROI)*

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

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

4.8.4.2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah:

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

4.8.4.3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

4.8.4.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) adalah:

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

3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.8.5. Hasil Perhitungan

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

Tabel 4.21 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Harga alat	202.704.000.000	15.356.325,80
2	Biaya pengangkutan	50.675.875.130	3.839.081,45
3	Biaya pemasangan	30.208.964.108	2.288.557,89
4	Biaya pemipaan	108.472.000.000	8.217.612,01
5	Biaya instrumentasi	50.132.261.197	3.797.898,58
6	Biaya listrik	30.405.525.078	2.303.448,87
7	Biaya isolasi	7.317.289.242	554.340,09
8	Biaya bangunan	2.551.600.000	193.303,03
9	Biaya tanah	2.235.800.000	169.378,79
Physical Plant Cost (PPC)		484.703.314.755	36.719.946.50

Tabel 4.22 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Construction Cost</i> (25%.PEC)	605.879.117.255	45.899.933,1
	Total (DPC + PPC)	727.054.940.706,44	55.079.919,75

Tabel 4.23 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	605.879.117.225	45.899.933,1
2	<i>Contractors fee</i> (10%.DPC)	60.587.911.725,54	4.589.993,31
3	<i>Contingency</i> (10%.DPC)	60.587.911.725,54	4.589.993,31
	Total	727.054.940.706,44	55.079.919,75

Tabel 4.24 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	179.642.657.191	13.609.292,211
2.	<i>Labor</i>	2.321.100.000	175.840,91
3.	<i>Supervisor</i>	580.275.000	43.960,23
4.	<i>Maintenance</i>	181.763.735.177	13.769.979,94
5.	<i>Plant Suplies</i>	27.264.560.276,49	2.065.496,99
6.	<i>Royalty and Patent</i>	12.406.471.688	939.884,22
7.	Bahan utilitas	45.599.238.117,71	3.454.487,74
	Total	449.578.037.450,20	34.058.942,23

Tabel 4.25 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	464.220.000	35.168,18
2	<i>Laboratory</i>	464.220.000	35.168,18
3	<i>Plant Overhead</i>	1.856.880.000	140.672,73
4	<i>Packaging n Shipping</i>	124.064.716.879	9.398.842,19
	Total IMC	126.850.036.879	9.609.851,28

Tabel 4.26 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	72.705.494.070,64	5.507.991,98
2.	<i>Propertay tax</i>	14.541.098.814	1.101.598,40
3.	Asuransi	7.270.549.407	550.799,20
	Total	94.517.142.292	7.160.389,57

Tabel 4.27 Total Manufacturing Cost (TMC)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	449.578.037.450,20	34.058.942,23
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	126.850.036.879	9.609.851,28
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	94.517.142.292	7.160.389,57
	Total	670.945.216.621	50.829.183,08

Tabel 4.28 Working Capital

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	8.165.575.327	618.604
2.	<i>Inproses Inventory</i>	1.016.583.662	77.014
3.	<i>Product Inventory</i>	30.497.509.846,43	2.310.417,41
4.	<i>Extended credit</i>	56.393.053.127	4.272.201
5.	<i>Available cash</i>	60.995.019.692,86	4.620.834,83
	Total	157.067.741.655	11.899.071,34

Tabel 4.29 *General Expense*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Administrasi	40.256.712.997,29	3.049.750,98
2.	<i>Sales expense</i>	134.189.043.234,30	10.165.836,62
3.	<i>Research</i>	53.675.617.329,72	4.066.334,65
4.	<i>Finance</i>	35.364.907.294,45	2.679.159,64
	Total	263.486.280.946	19.961.081,89

Tabel 4.30 Total Biaya Produksi

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	670.945.216.621	50.829.183,08
2.	<i>General Expense</i>	263.486.280.946	19.961.081,89
	Total	934.431.497.567	70.790.264,97

Tabel 4.31 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	72.705.494.070,64	5.507.991,98
2.	<i>Property tax</i>	14.541.098.814	1.101.598,40
3.	Asuransi	7.270.549.407	550.799,20
	Total	91.470.072.296,85	7.160.389,57

Tabel 4.32 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	179.642.657.191	13.609.292,211
2	<i>Packing n Shipping</i>	124.064.716.879	9.398.842,19
3	Utilitas	45.599.238.117,71	3.454.487,74
4	<i>Royalties & patents</i>	12.406.471.688	939.884,22
	Total Va	361.713.108.823	27.402.506

Tabel 4.33 Regulated cost (Ra)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Gaji karyawan	2.321.100.000	175.840,91
2	<i>Payroll overhead</i>	464.220.000	35.168,18
3	<i>Plant overhead</i>	1.856.880.000	140.672,73
4	Supervisi	580.275.000	43.960,23
5	<i>Laboratorium</i>	464.220.000	35.168,18
6	<i>Maintenance</i>	181.763.735.177	13.769.979,94
7	<i>General expense</i>	263.486.280.946	19.961.081,89
8	<i>Plant supplies</i>	27.264.560.276,49	2.065.496,99
	Total	478.201.271.399	36.227.369

4.8.6. Analisa Keuntungan

Harga jual produk <i>Formaldehyde</i>	= Rp 8.730,313 /kg
<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp 1.240.647.168.794
<i>Total Cost</i>	= Rp 934.431.497.567
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 320.320.116.216
Pajak Pendapatan	= 20%
Keuntungan setelah pajak	= Rp 256.256.092.973

4.8.7. Hasil Kelayakan Ekonomi**4.8.7.1. Percent Return on Investment (ROI)**

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

ROI sebelum pajak = 46 %

ROI sesudah pajak = 36 %

4.8.7.2. Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 1,8 tahun

POT sesudah pajak = 2,15 tahun

4.8.7.3. Break Even Point (BEP)

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

BEP = 41,96 %

4.8.7.4. Shut Down Point (SDP)

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

SDP = 25,39 %

4.8.7.5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 703.615.940.745,01

Working Capital = Rp 155.718.494.401

Salvage Value (SV) = Rp 72.705.494.071

Cash flow (CF) = Annual profit + depresiasi
+ finance

CF = Rp 353.042.938.347

Discounted cash flow dihitung secara trial & error

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

R = S

Dengan trial & error diperoleh nilai $i = 18,41 \%$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, baik analisa ekonomi maupun teknik maka dapat diambil kesimpulan :

1. Pendirian pabrik *Formaldehyde* di Indonesia cukup menarik karena diperkirakan kebutuhan *Formaldehyde* akan meningkat sejalan dengan terus berkembangnya industri di Indonesia.
2. Dari segi bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik *Formaldehyde* di daerah Bontang Kalimantan Timur cukup menguntungkan karena kemudahan dalam mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik.
3. Pabrik *Formaldehyde* memiliki resiko yang tinggi karena prosesnya berlangsung pada kondisi operasi (suhu) tinggi, selain itu bahan baku dan produk mempunyai sifat mudah terbakar.

4. Dari perhitungan analisa ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut :

Modal tetap = Rp703.615.940.745,01 atau US\$ 53.304.237,94

Modal kerja = Rp155.718.494.401 atau US\$ 11.796.855,64

Keuntungan sebelum pajak = Rp 320.320.116.216

keuntungan sesudah pajak = Rp 256.256.092.973

Table 5.1 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Referensi
ROI sebelum pajak	46%	ROI <i>before taxes</i>	Aries Newton, P.193
ROI setelah pajak	36%	low 11 %, high 44%	
POT sebelum pajak	1,8	POT <i>before taxes</i>	Aries Newton, P.196
POT setelah pajak	2,15	low 5 th, high 2th	
BEP	41,96%	Berkisar 40 - 60%	
SDP	25,39%		
DCF	18,41%	minimum 15%	

Keterangan : - Jika pabrik berisiko tinggi maka ROI sebelum pajak harus diatas 44%, sedangkan pabrik dengan risiko rendah ROI sebelum pajak diantara 11% - 44%. (Aries Newton, P.193)

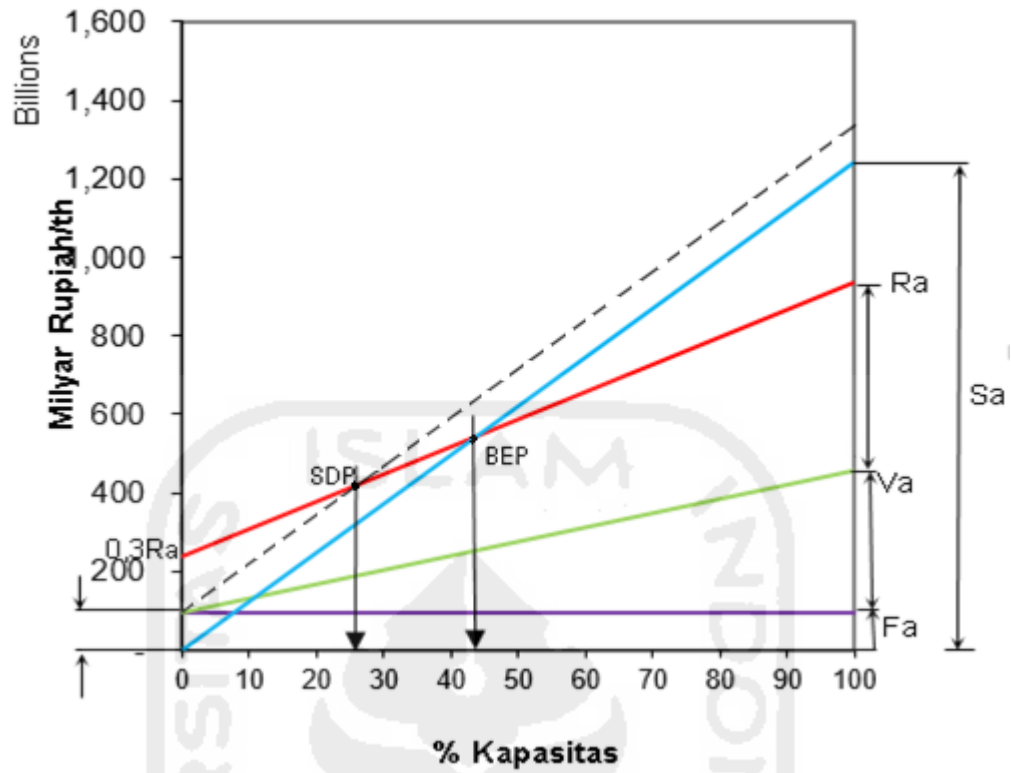
- Jika pabrik berisiko tinggi maka POT sebelum pajak maksimal 2 tahun, sedangkan pabrik dengan risiko rendah POT sebelum pajak maksimal 5 tahun. (Aries Newton, P.196)

Dari hasil evaluasi ekonomi, pabrik *Formaldehyde* dengan proses Oksidasi dengan katalis perak (Ag) layak untuk didirikan.

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 atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Inflasi market sangat berpengaruh terhadap modal awal yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik. Sehingga penting untuk merencanakan kapan sekiranya waktu yang tepat untuk mendirikan pabrik.



Gambar 5.1 Grafik hubungan persentase kapasitas vs biaya / penjualan

DAFTAR PUSTAKA

- Apple, J.M., 1990, “ *Tata Letak Pabrik dan Pемindahan bahan* “ , Edisi ketiga, ITB, Bandung.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, “ *Chemical Engineering Cost Estimation* “, Mc Graw-Hill Book Co. Inc, New York.
- Austin, G.H., 1984, “ *Shreve’s Chemical Process Industry* “ 5th.ed, Mc Graw Hill, New York.
- Badger, W.L. and Bachero, 1960, “ *Introduction to Chemical Engineering* “, Mc Graw-Hill, New York.
- Berman, H.L., 1978, “*Fired Heaters-III*”, Chemical Engineering August 14, hal. 129-140.
- Bird, R.B., 1960, “ *Transport Phenomena* “ John Wiley and Sons Inc., New York.
- Biro Pusat Statistik, 2001, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, Jakarta.
- Brown, G.G., 1978, “ *Unit Operation* ”, Modern Asia Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1979, “ *Process Equipment Design* “, John Wiley and sons Inc, New York.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, “*Chemical Engineering* “, Vol. 6, Pergamon Press Ltd, New York.
- Foust, A.S., 1980, “ *Principles of Unit Operation* “, 2nd edition, John Willey & Sons Inc., New York.
- Geankoplis, C.J., 1983, “ *Transport Processes and Unit Operations* ”, 3rd Edition, Prentice-Hall International Inc., New York.
- Hani Handoko, T., 1990, “*Manajement Personalia dan Sumber Daya Manusia*”, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Kern, D.Q., 1983, “ *Process Heat transfer* “, International Student Edition, Mc Graw Hill Book Company Inc. Book Com.
- Ketta, Mc. J.J. and Cunningham, W.A., 1992, “ *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* “, Vol. 40, Marcel Decker, Inc., New York
- Keyes, F., and Clark, R.S., 1959, “ *Industrial Chemistry* “, 4th edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, V.F., 1978, “ *Encyclopedia of Chemical Technology*”, 2nd edition, A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons Co., New York.
- Levenspiel, O., 1972, “ *Chemical Reaction Engineering* “, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Ludwig, E., “ *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant* “, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Matley, J., 1975, “*Fluid Movers Pump, Compressors, Fans and Blowers*”, Mc Graw-Hill Publishing Co., New York.
- Murphy, W.J., 1957, “ *Modern Chemical Processes*”, Mack Printing Co, Washington D.C.
- Perry’S, R.H. and Green, D. 1950, “ *Chemical Engineers Handbook*”, 3th ed., Mc Graw-Hill Book Company, New York.

- Perry, R.H. and Green, D. 1984, “*Chemical Engineers Handbook*”, 6th ed., Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D., 1980, “*Plant design and Economic for Chemical Engineers*”, 3rd edition, Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- Rase, H.F., 1977, “*Chemical Reactor design for Process Plant*”, 3th ed., John Wiley & Sons, New York.
- Severn, W.H., Degler, H.E., and Miles, J.C., 1954, “*Steam, Air and Gas Power*”, 5th ed., John Wiley and Sons inc., New York.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1996, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, Prentice Hall, Englewood Cliffs., New Jersey.
- Treybal, R.E., 1981, “*Mass Transfer Operation*”, 3rd edition, Mc Graw Hill Book Company, Tokyo.
- Twigg, M.V., 1996, “*Catalyst Handbook*”, Manson Publishing, England.
- Ulmann's, 1985, “*Encyclopedia of Industrial Chemistry*”, A-6, VCH Verlagsgesell Schaff mb, Germany.
- Ulrich, G.D, 1984, “*A Guide to Chemical Engineering Process and Design and Economic*”, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Wallas, S.M., 1988, “*Chemical Process Equipment Selection and Design*”, Butterworths-Heinemann Series in Chemical Engineering, London, USA.
- Yaws, C.L., “*Thermodynamic and Physical Properties data*”, Mc Graw Hill Book Co., Singapore.

www.chemind.com

www.chemlocus.com

www.detik.com

www.dow.com/dowterm

www.matche.com

www.nbsbio.com.uk

www.o-fish.com

LAMPIRAN REAKTOR

Perhitungan Reaktor

Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Kondisi Operasi : Suhu = 560°C

Tekanan = 1.2 atm

Reaksi = Eksotermis

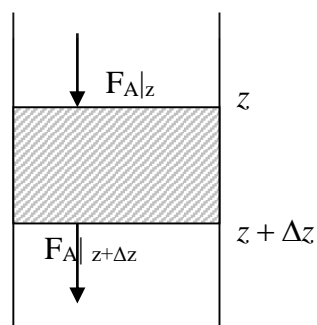
Produk : *formaldehyde*

Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Input, kj/jam	Output, kj/jam
CH ₃ OH	-7.332.524,67	2.223.672,713
CH ₂ O	0	5.021.478,712
H ₂ O	-192.720,962	3.969.236,464
O ₂	-1.341.783,453	406.911,314
N ₂	-4.272.654,807	4.272.654,807
H ₂	0	1.173.763,705
Q rx	-7.540.374,221	
Q pendingin		3.612.340,40
TOTAL	-2.068.0058,12	20.680.058,12

1. Persamaan-persamaan Matematis Reaktor

a. Persamaan neraca massa pada elemen volum



Rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

$$F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z} - (-r_A).V = 0$$

$$F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z} - (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .\Delta Z.Nt = 0$$

$$F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .\Delta Z.Nt$$

$$\frac{F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .Nt$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .Nt$$

$$-\frac{dF_A}{dZ} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .Nt$$

Dimana: $F_A = F_{A0}(1-x)$

$$dF_A = -F_{A0}.dx$$

Sehingga diperoleh:

$$\frac{F_{A0}.dx}{dZ} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2}{4} .Nt$$

$$\frac{dx}{dZ} = (-r_A). \frac{\pi.ID^2 .Nt}{4.F_{A0}}$$

* Kecepatan reaksi (-r_A):

$$-r_A = k_o \cdot \exp\left[\frac{-E_a}{RT}\right] \cdot P_{propylene}$$

K_o = 3,13E+04 m³/kmol.jam

E_a = 15,8Kj/mol

P_{metanol} = y_{water}.P



Komponen	Mula-mula	bereaksi	sisia
Methanol (A)	F _{A0}	-F _{A0} X	F _{A0} - F _{A0} X
Water (B)	F _{B0}	½ F _{B0} X	F _{B0} + ½ F _{B0} X

$$\text{Total } (F_{T0}) = F_{A0} + F_{B0}$$

$$y_{\text{methanol}} = \frac{F_{A0} - F_{A0}X}{F_{A0} + F_{B0} + F_{A0}X}$$

$$y_{\text{methanol}} = \frac{F_{A0} \cdot (1 - X)}{F_{T0}}$$

jadi:

$$P_{\text{methanol}} = \frac{F_{A0} \cdot (1 - X)}{F_{T0}} \cdot P$$

Sehingga kecepatan reaksi menjadi

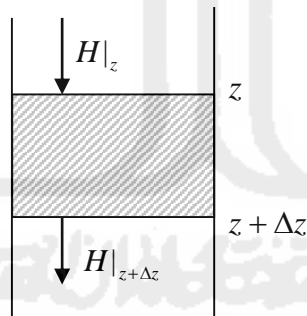
$$-r_A = k_o \cdot \exp\left[\frac{-E_a}{R.T}\right] \cdot \frac{F_{A0} \cdot (1 - X)}{F_{T0}} \cdot P$$

Dari penjabaran di atas didapat:

$$\frac{dx}{dZ} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot Nt}{4 \cdot F_{A0}} \quad \dots(1)$$

$$\frac{dx}{dZ} = k_o \cdot \exp\left[\frac{-E_a}{R.T}\right] \cdot \frac{F_{A0} \cdot (1 - x)}{F_{T0}} \cdot P \cdot \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot Nt}{4 \cdot F_{A0}}$$

b. Persamaan neraca panas pada elemen volum



Heat of input - Heat of output + Heat of generation - Heat transfer = Acc

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} + (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot V - U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p) = 0$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} + (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot \Delta z \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p) = 0$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot \Delta z \cdot N t + U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{H|_z - H|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t + U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{H|_z - H|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t + U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$-\frac{dH}{dz} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t + U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{dH}{dz} = (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

Dimana :

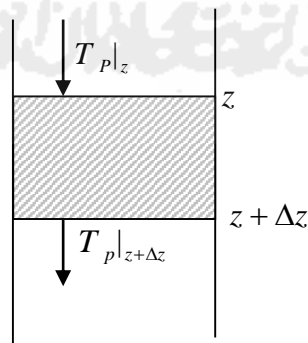
$$H = Q = \sum F_i \cdot C_{p,i} \cdot (T - T_{ref})$$

$$dH = \sum F_i \cdot C_{p,i} \cdot dT$$

$$\sum F_i \cdot C_{p,i} \cdot \frac{dT}{dz} = (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{F_{A0} \cdot (\Delta H_R) \cdot \frac{dx}{dz} - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)}{\sum F_i \cdot C_{p,i}} \quad \dots\dots(2)$$

c. Persamaan neraca panas pendingin



Heat of input – Heat of output + Heat transfer = Acc

$$Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z} + Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p) = 0$$

$$Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z} = -Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z} = \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud.Nt.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud.Nt.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = -\frac{Ud.Nt.\pi.OD.(T - T_p)}{Wp.Cp_p}$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{Ud.Nt.\pi.OD.(T - T_p)}{Wp.Cp_p}$$

d. Pressure drop

Pressure drop pada reaktor dicari menggunakan persamaan Ergun (Fogler, p.159)

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{Gt}{\rho_g \cdot g \cdot D_p} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \left[\frac{150 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \mu}{D_p} + 1.75 \cdot Gt \right] \dots(4)$$

Persamaan 1, 2, 3 dan 4 merupakan persamaan diferensial simultan maka digunakan metode Euler untuk menyelesaikannya, sehingga diperoleh konversi reaksi, panjang reaktor, suhu reaksi keluar dan suhu pendingin keluar.

2. Data-data Sifat Fisis Bahan

a. viskositas gas

$$\eta_{\text{gas}} = A + BT + CT^2 \text{ (micropoise)}$$

Formula	A	B	C
Methanol	0,00171	0,000005434	1,3154E-07
Water	0,00234	0,000086157	-1,3348E-08
Oksigen	0,00121	0,00007593	-1,1014E-08
Nitrogen	0,00309	0,00045918	-6,4933E-08
Hydrogen	0,03951	0,000047093	4,9551E-08
formaldehyde	0,00053	0,000019431	9,5287E-08

b. Kapasitas panas gas umpan

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \text{ (Joule/mol.K)}$$

komponen	A	B	C	D	E
Methanol	40,0460	-0,0383	2,4529E-04	-2,1679E-07	5,9909E-11
Oksigen	29,3420	-0,0035	1,0076E-05	-8,2872E-08	2,4424E-11
Nitrogen	25,3990	0,0202	-3,8549E-05	3,1880E-08	-8,7585E-12
Water	29,5260	-0,0089	3,8083E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12

c. Panas Reaksi

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, panas yang dikeluarkan adalah sebagai berikut:

$$\Delta H_R = \Delta H_{R298} + \int_{298}^T \Delta C_p . dT$$

Panas pembentukan pada keadaan standar ΔH_f (coulson and richardson,2005)

Komponen	ΔH_f (KJ/Kmol)
Formaldehide	-115.900
Methanol	-201.170
Water	-241.800
Oksigen	0
Nitrogen	0
Hydrogen	0
Total	-558.870

$$\Delta H_{R298} = (\Delta H_f \text{ CH}_2\text{O}) - (\Delta H_f \text{ CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2)$$

$$\int_{T_{ref}}^T \Delta C_p . dT = \int_{T_{ref}}^T \Delta a . dT + \int_{T_{ref}}^T \Delta b . T . dT + \int_{T_{ref}}^T \Delta c . T^2 . dT + \int_{T_{ref}}^T \Delta d . T^3 . dT + \int_{T_{ref}}^T \Delta e . T^4 . dT$$

$$\Delta H_{R298} = -71.260 \text{ KJ/Kmol}$$

d. Data sifat katalis (perak)

$$\text{Diameter} = 0,46 \text{ cm}$$

Densitas Partikel = 834 kg/m³

Porositas = 0,5

3. Dimensi Reaktor

a. Menentukan ukuran dan jumlah tube

* Menentukan ukuran tube

Diameter dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan baik. Pengaruh rasio D_p/D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi katalisator dan pipa kosong, telah diteliti oleh Colburn's (Smith, 1981).

D_p/D_t	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
hw/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

Dipilih $D_p/D_t = 0,15$ karena memberikan nilai hw/h yang paling besar (transfer panas yang baik). Perbandingan diameter katalisator dan diameter pipa $D_p/D_t = 0,15$, diameter katalisator = 0,46cm sehingga diperoleh diameter pipa = 3,07cm (1,207in).

Dari tabel 11 (Kern, 1950) diambil spesifikasi pipa sebagai berikut :

Schedule number = 40

Nominal pipe size, IPS = 1 in

Diameter dalam, ID = 0.864 in

Diameter luar, OD = 1,049 in

Flow area per pipe = 0.864 in²

Weight per lin ft = 1.6800 lbsteel/ft

* Menentukan jumlah tube

1. Jumlah tube maksimum (Nt max)

- Kecepatan massa per satuan luas (Gt)

$$Gt = \frac{Re \cdot \mu g}{Dp}$$

$$Dp$$

Asumsi : $Re = 3.100$

$$\mu g = 0,00023962 \text{ g/cm.s}$$

$$Dp = 0,46 \text{ cm}$$

sehingga diperoleh $Gt = 1,614826984 \text{ g/cm}^2.\text{s}$

- Luas penampang total (At)

$$At = \frac{G}{Gt}$$

$G = \text{umpan total} = 20.459,5231 \text{ kg/jam}$

Sehingga diperoleh $At = 3.519,38686 \text{ cm}^2$

- Luas Penampang pipa (Ao)

$$Ao = \frac{\pi}{4} \cdot IDt^2 \cdot \varepsilon$$

$$IDt = 0,9533 \text{ in} = 2,66446 \text{ cm}^2$$

$\varepsilon = \text{porositas katalis} = 0,5$

Sehingga diperoleh $Ao = 2,6527 \text{ cm}^2$

Jadi jumlah tube maksimum :

$$Nt \text{ max} = \frac{At}{Ao}$$

$$Nt \text{ max} = 1327 \approx 1071 \text{ tube}$$

2. Jumlah tube minimum (Nt min)

Bulk density (ρ_B) = $\rho_s \cdot (1 - \varepsilon)$

$$= 3.00544 \text{ gr/cm}^3$$

Debit (Q_v) = $\underline{G} = 387,6776497 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$\text{Kecepatan maksimum (Vmax)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (\rho_B - \rho_g) \cdot g \cdot Dp}{3 \cdot \rho_g \cdot Fo}}$$

$Fo = \text{friction factor} = 0,4$

Sehingga diperoleh $V_{\text{max}} = 1363,8664 \text{ m/jam}$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang total (At)} &= \frac{Q_v}{V_{\max}} \\ &= 0,2841 \text{m}^2 \end{aligned}$$

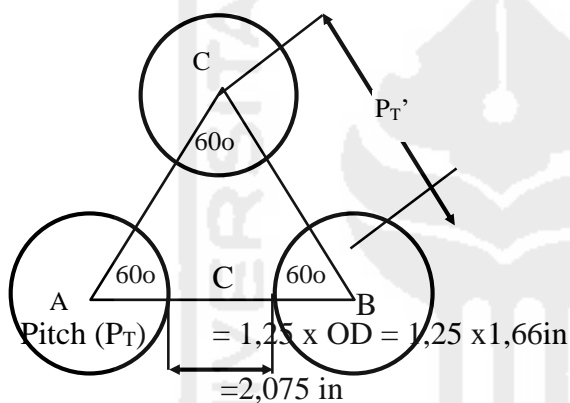
Jumlah tube minimum :

$$\begin{aligned} N_t \text{ min} &= \frac{At}{A_o} \\ &= 1072 \text{ tube} \end{aligned}$$

Dari perhitungan jumlah tube diatas maka diambil jumlah tube sebanyak 1072 buah.

b. Menghitung diameter dalam reaktor (IDs)

Dipilih susunan tube : Triangular pitch



$$\begin{aligned} \text{Clarence (C')} &= P_T - OD = 1,65 \text{in} - 1,32 \text{ in} \\ &= 0,3300 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IDs} &= \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}} = 322,1267 \text{ cm} \\ &= 126,8215 \text{in} \end{aligned}$$

Jadi diameter dalam shell = 126,8215 in

c. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Tebal dinding reaktor (shell) dihitung dengan persamaan :

$$t_s = \frac{P \cdot r}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell, pers.13-1, p.254})$$

Dimana :

t_s = tebal shell, in

E = efisiensi pengelasan

f = maksimum allowable stress bahan yang digunakan

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

r = jari-jari dalam shell, in

C = faktor korosi, in

P = tekanan design, Psi

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA 283 Grade C

E = 0,85

f = 12650 psi

C = 0,125

r = ID/2 = (132/2) in= 66 in

P = 1,2 atm = 17,64psi (overdesign 20 %)

Jadi P = (120/100)*P = 21,168 psi

$$\begin{aligned} \text{maka } t_s &= \frac{21,168 * (132 / 2)}{12650 * 0,85 - 0,6 * 441} + 0,125 \\ &= 0,25 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih tebal dinding reaktor standar 1 in

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar reaktor} &= \text{ID} + 2 * t_s \\ &= 126,8215 \text{ in} + 2 * 1 \text{ in} \\ &= 128,8215 \text{ in} \end{aligned}$$

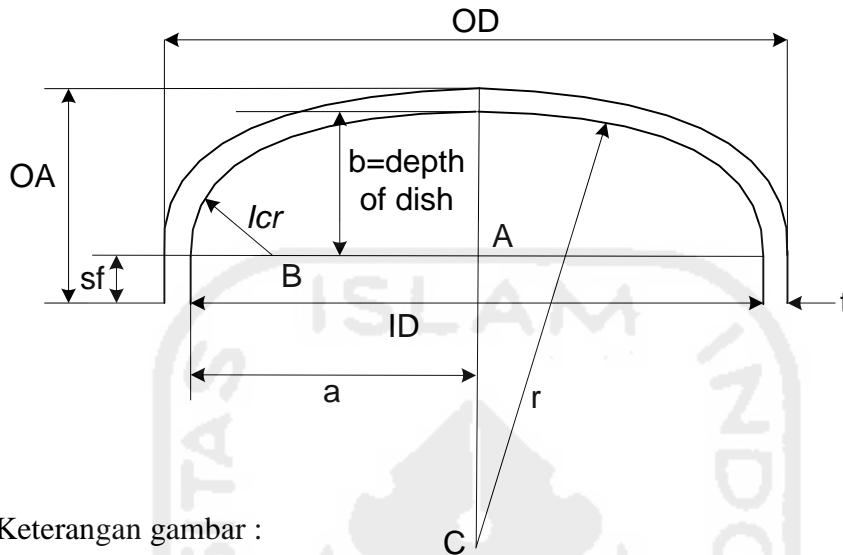
Maka digunakan diameter standar 132 in

d. Menghitung Head Reaktor

1. Menghitung Tebal Head Reaktor

Bentuk head : Elipstical Dished Head

Bahan yang digunakan: Carbon Steel SA 283 Grade C



Keterangan gambar :

- ID = diameter dalam head
- OD = diameter luar head
- a = jari-jari dalam head
- t = tebal head
- r = jari-jari luar dish
- icr = jari-jari dalam sudut icr
- b = tinggi head
- sf = straight flange
- OA = tinggi total head

Tebal head dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_h = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2.P} + C \quad (\text{Brownell, 1979})$$

P = tekanan design, psi = 21,168 psi

IDs = diameter dalam reactor, in = 132in

f = maksimum allowable stress, psi = 12650 psi

E = efisiensi pengelasan = 0,85

C = faktor korosi, in = 0,125

$$\begin{aligned} \text{maka } th &= \frac{21,168 * 132}{2 * 12650 * 0,85 - 0,2 * 21,168} + 0,125 \\ &= 0,249858711 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih tebal head reaktor standar 1 in

2. Menghitung Tinggi Head Reaktor :

Dari tabel 5.7 Brownell p.90

$$\text{ODs} = 132 \text{ in}$$

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

$$\text{didapat: } icr = 8 \text{ in}$$

$$r = 120 \text{ in}$$

$$a = \text{IDs}/2 = 65 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 57 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 112 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 96,4106 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 23,5894 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell p.88 dengan $th = 1 \text{ in}$ didapat $sf = 1,5 - 4 \text{ in}$ perancang digunakan $sf = 4 \text{ in}$

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$hH = th + b + sf$$

$$= (1 + 23,5894 + 4) \text{ in}$$

$$= 28,5894 \text{ in}$$

$$= 0,72617126 \text{ m}$$

e. Tinggi Reaktor

Diketahui tinggi shell = 9,6024 m

Tinggi reaktor total = Panjang Tube + (2*tinggi head)

$$H_{\text{total}} = 320,8663 \text{ in} + (2 * 28,5894) \text{ m}$$

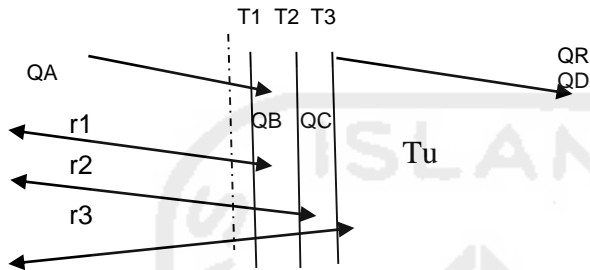
$$= 378,0452 \text{ in}$$

$$= 9,6024 \text{ m}$$

4. Tebal Isolasi Reaktor

Asumsi :

1. Suhu dalam reaktor = suhu permukaan dinding dalam shell = suhu pendingin rata-rata
2. Keadaan steady state $Q_A = Q_B = Q_C = (Q_D + Q_R)$
3. Suhu dinding luar isolasi isothermal



Keterangan :

r_1 = jari-jari dalam reaktor

r_2 = jari-jari luar reaktor

r_3 = jari-jari isolator luar

Q_A = Perp. Konveksi dari gas ke dinding dalam reaktor

Q_B = Perp. Konduksi melalui dinding reaktor

Q_C = Perp. Konduksi melalui isolator

Q_D = Perp. konveksi dari permukaan luar isolator

Q_R = Perp. Panas radiasi

T_1 = Suhu dinding dalam reaktor

T_2 = Suhu dinding luar reaktor

T_3 = Suhu isolator luar

T_u = Suhu udara luar

- sifat-sifat fisis bahan

* bahan isolasi : asbestos, dengan sifat-sifat fisis (kern) :

$$k_{is} = 0,1713 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\epsilon = 0,96$$

* carbon steel: $k_s = 41,99933919 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

* sifat-sifat fisis udara pada suhu T_f (Holman, 1988. Daftar A-5)

$$\begin{aligned}
 T_f &= 315,5 \text{ K} \\
 \nu &= 0,00002 \\
 k &= 0.0274149 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C} \\
 Pr &= 0.70459 \\
 \beta &= 0.00316957 \text{ K}^{-1} \\
 \mu &= 0.000019 \text{ kg/m} \cdot \text{s} \\
 g &= 9,8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$r_3 = r_2 + x$$

$$r_1 = 0,4826 \text{ m}$$

$$r_2 = 0,5080 \text{ m}$$

$$L = 8,15 \text{ m}$$

1. Perpindahan panas konduksi

$$Q_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_s \cdot L \cdot (T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \dots\dots(a)$$

$$Q_C = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{is} \cdot L \cdot (T_2 - T_3)}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)} \quad \dots\dots(b)$$

2. Perpindahan panas konveksi

$$Q_D = hc \cdot A \cdot (T_3 - T_4) \quad \dots\dots(c)$$

$$Q_D = hc \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot (T_3 - T_4)$$

Karena $Gr_L \cdot Pr > 10^9$, sehingga :

$$hc = 1,31 \cdot (\Delta T)^{1/3}$$

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_3 - T_u) \cdot L^3}{\nu^2}$$

3. Panas Radiasi

$$Q_R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_3^4 - T_4^4) \quad \dots\dots(d)$$

$$Q_R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot (T_3^4 - T_4^4)$$

$$\sigma = 5,669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}^4$$

kemudian persamaan a, b, c dan d ditrial menggunakan solver dan didapat :

$$T_2 = 459,2345 \text{ K}$$

Tebal isolasi (x) = 26.4322cm

Tabel Perubahan Konversi, Suhu Dan Tekanan Terhadap Panjang Reaktor

z (m)	X	T (K)	Ts (K)	P (atm)
0	0	833	303,0000	1,2
0,2500	0,070796315	832,7476	334,5475	1,2
0,5000	0,141592428	832,5111	364,2019	1,2
0,7500	0,212388357	832,2972	392,0774	1,2
1,0000	0,283184122	832,1056	418,2812	1,2
1,2500	0,353979739	831,9361	442,9141	1,2
1,5000	0,424775227	831,7885	466,0710	1,2
1,7500	0,495570603	831,6627	487,8410	1,2
2,0000	0,566365886	831,5598	508,3080	1,2
2,4600	0,69662902	831,4257	542,8235	1,2

Dari tabel diatas diketahui :

Konversi (x) = 0.6967

Suhu gas masuk (Tin) = 833K

Suhu gas keluar (Tout) = 833K

Panjang tube reaktor (z) = 8,15m

Tekanan masuk (Pin) = 1,2 atm

Tekanan keluar (Pout) = 1,2 atm

Suhu pendingin masuk (Tp in) = 303.00K

Suhu pendingin keluar (Tp out) = 523K