

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN
UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES
KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

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



Oleh:

Nama : Siti Mursidah

NIM : 16521035

Nama : Amalia Rachel L W

NIM : 16521113

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

2020

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Kami yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Siti Mursidah

Nama : Amalia Rachel L W

NIM : 16521035

NIM : 16521113

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

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

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

Td. Tangan



Siti Mursidah

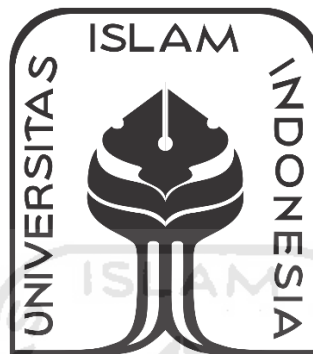
Td. Tangan



Amalia Rachel L W

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN
UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES
KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Oleh:

Nama: Siti Mursidah

NIM : 16521035

Nama : Amalia Rachel L W

NIM : 16521113

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Pembimbing I,

Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si.

Pembimbing II,

Ajeng Yulianti D. L., S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN
UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES
KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Siti Mursidah

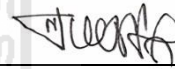
NIM : 16521035

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

Yogyakarta, 12 November 2020

Tim Penguji,

Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si.
Penguji 1



Faisal R. M., Ir., Drs., M.T., Ph.D
Penguji 2



Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
Penguji 3



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



Ir. Suharno Rusdi, Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN
UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES
KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Amalia Rachel L W

NIM : 16521113

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

Yogyakarta, 12 November 2020

Tim Penguji,

Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si.

Penguji 1



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

Penguji 2



Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Penguji 3



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



Ir. Suharno Rusdi, Ph.D

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil 'alamin. Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir Pra Perancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS PERAK MENGGUNAKAN PROSES KONVERSI METANOL SEMPURNA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa penulis haturkan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya yang telah berjuang dari zaman jahiliyah hingga zaman sekarang yang kaya akan ilmu pengetahuan. Peyusunan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama pelaksanaan hingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari berkat bantuan dan tuntunan Allah SWT serta mendapat bimbingan, arahan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga Tugas Akhir ini dalam terselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa selama menjalankan maupun menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. H. Suharno Rusdi, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1, dan Ibu Ajeng Yulianti D. L., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang selalu sabar dalam membimbing dan memberi semangat.

6. Teman-teman jurusan Teknik Kimia Angkatan 2016 Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
7. Dan pihak-pihak lainnya yang telah terlibat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan dan kekurangan, maka penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'aalamiin. Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk hidup hingga detik ini serta menjalankan ibadah di dunia, berusaha berbakti kepada orang tua, dan berusaha agar selalu bermanfaat bagi orang-orang sekitar. Semua nikmat, kemudahan, kelancaran dan segala petunjuk yang saya capai hingga saat ini tak lepas dari kesempatan yang Allah berikan kepada saya. Taklupa, sholawat dan salam saya haturkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan ummatnya sampai di zaman ini.

Hasil karya tugas akhir ini khusus saya persembahkan kepada :

Teruntuk kedua orangtua tercinta, Papah Heri Susanto/Lie Men Khiong dan mama Asiah. Terimakasih ma pah atas doa dan restu mama sama papah sidah bisa belajar sampai sejauh ini. Terimakasih karena sidah dikaruniakan Allah dengan orang tua seperti mama dan papah yang gak pernah menuntut dan selalu memberi idah dukungan atas segala pilihan pilihan dalam hidup idah. Karena mama dan papah, sidah jadi banyak belajar tentang kehidupan, cara bersyukur, bersabar, dan banyak hal lainnya. Terimakasih ya ma pah selalu bersabar dengan sidah yang suka berdebat dan rada nakal ini, Semoga mama dan papah semakin bangga dengan pencapaian sidah, dan sidah yakin mama papah pasti selalu bangga dengan kami anak anak kalian. Doakan sidah ya ma pah supaya bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi dan diberikan yang terbaik dalam hidup. Semoga sidah bisa sering membahagiakan mama dan papah. Ma pah, sidah saying dan cinta banget sama mama papah, Panjang umur dan sehat selalu ya mama papah supaya sidah punya waktu lebih banyak buat membahagiakan dan Bersama mama mama papah.

Teruntuk saudaraku, Kakak ku tersayang Yulia Wulandari & Ka Rizky, Adeku tersayang Muhammad Sadad & Dea, dan adik bayiku Muhammad Arsyad, terimakasih sudah mendengarkan keluh kesah dan bayanganku yang suka kejauhan, akhirnya aku bisa membayangkan Langkah selanjutnya lagi. Dengarkan lagi pikiranku yang suka kemana mana. Untuk kalia dan sadad terimakasih sudah meramaikan hari hariku dirumah, teman kelai dan hajar-hajaraku, tapi juga orang terkasih ku. Semoga kita selalu jadi saudara yang dekat dan saling menolong, saling mengingatkan, dan sama sama bertumbuh menjadi anak yang berbakti sama mama papah. Cayang kalian.

Teruntuk teman-teman terdekatku, Irma, Milla, Eva, Rina, Rini, Zenina, Jojo, Dasa, Genta, Winda, Fitri, Adel, Adeku Riska, Luthfi, Bintang, Terimakasih karna kalian kehidupanku jadi lebih berwarna. Senang Sedih, Marah Sayang kita lalui Bersama, terimakasih karena sudah memberikan ku pelajaran tentang pertemanan, maafkan aku jika pernah melukai kalian melalui perkataan atau perbuatan yang

kusadari ataupun tidak. Terimakasih atas support kalian dalam hidupku, aku harap kita semua sukses dan menikmati hidup. Walaupun kita tidak selalu Bersama, kuharap kalian ingat satu pesanku ‘‘Sesulit dan seberat apapun masalah yang kelak akan kita hadapi, pasti bisa kita lalui dengan baik dan insyaallah kita akan mendapatkan yang terbaik dalam hidup ini’’. Semoga kalian selalu Bahagia.

Teruntuk teman-teman ku, Angie, Ichsan, Bagus, Bimmo, Muhajir, Maul, Ka Tita, Ka Gigih, Kas Dhimas, Ka Zahra, Malik, Hanif, Juna, Terimakasih ya sudah membantu dan memberikan support selama pengerjaan tugas akhir ini, terimakasih karena sudah sabar denganku. Semoga kalian kakak-kakak dan teman-temanku sukses selalu. Aamiin.

Teruntuk Teknik Kimia UII, terimakasih ditempat ini aku bisa belajar banyak hal dan bertemu dengan banyak teman luar biasa dalam 4 tahun ini, terimakasih karena memberiku kesempatan menjadi sosok yang lebih baik, terimakasih karena menjadi tempat ku memiliki pengalaman-pengalaman menarik saat exchange, kerja praktek, penelitian, dan pra rancangan pabrik ini. Semoga semakin baik dan.

Teruntuk dosen pembimbing, Pak Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si. dan Ibu Ajeng Yulianti D.L., S.T., M.T. Terimakasih atas waktu, kesabaran, dan kesempatan yang telah bapak dan ibu berikan kepada kami. Terimakasih Pak Bu atas ilmu dan pengetahuan yang ibu dan bapak berikan kepada saya sehingga saya bisa belajar banyak hal. Terimakasih pak bu yang membuat bimbingan tugas akhir saya memiliki suasana yang menyenangkan karena bisa belajar banyak hal dari bapak dan ibu dan canda tawa saat bimbingan. Pak bu, doakan saya bisa menjadi lebih baik lagi ya. Semoga ibu ajeng dan pak zainus selalu diberi Kesehatan dan kebahagiaan dalam hidup.

Teruntuk partnerku, Amalia Rachel L W mellllllll gak nyangkaa yaaa, akhirnya kita sama sama menyelesaikan tahapan studi kita Bersama, dari penelitian, kerja praktek, dan rancangan pabrik. Terimakasih ya melll sudah jadi partner ku, maafkan kekuranganku selama menjadi partner akademik mu. Haha aku jadi ingat waktu awal pertama kali kita ketemu, langsung nyambung sampai dikira udah kenal dekat. Aku harap dan berdoa kamu dapat yang terbaik ya setelah Langkah akhir di dunia S1 kita lewati Bersama, semangat untuk Langkah selanjutnya, entah mau lanjut studi, kerja, atau nikah? Haha. Apapun yang akan jadi Langkah kamu selanjutnya, aku harap kamu tau aku akan selalu dukung kamu. Jangan lupa selalu jaga silahturahmi kita yaa sayang. Semangat Semangat!

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Siti Mursidah

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW.

Hasil karya tugas akhir ini khusus saya persembahkan kepada :

Orang tuaku dan **kedua adikku** tersayang, terima kasih atas segala doa dan dukungan yang tiada hentinya, serta kasih sayang yang tak terhingga.

Dosen pembimbing saya **Pak Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si.** dan **Ibu Ajeng Yulianti D.L., S.T., M.T.**, terima kasih telah dengan sabar membimbing saya dan partner saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Partner tugas akhir **Siti Mursidah**, terima kasih telah sabar berjuang bersama dari kerja praktik hingga mengerjakan tugas akhir ini yang sudah berkorban waktu dan tenaga demi menyelesaikan semua rangkaian menuju lulus ini. Maaf atas segala kekurangan.

Sahabat-sahabatku **Dwikha, Nabila, Ayuk, Rintan, Vio, Saras, Meri, Erni, Sherly, Dila, Anggy, Titis, Afnan, Lola, Ica, Tata, Isti, Mba Nina, Azizah**, terima kasih telah memberikan semangat, persahabatan dan ilmu yang kalian bagi selama ini dan setiap kebersamaan serta canda tawa yang tak akan terlupakan bagiku.

Muhajir, Anggie, Bimmo, Habibie, Ichan, dan teman-teman seperjuangan Teknik Kimia UII 2016, terima kasih telah membagi ilmu dan terima kasih untuk setiap kebersamaannya.

Muhammad Gandhi tercinta, terima kasih sudah memberikan dukungan dan motivasi yang tiada hentinya.

Idolku **Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, Joen Jungkook** terima kasih telah menemaniku dan mengingatkanku dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Amalia Rachel L W

LEMBAR MOTTO

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.

QS Al Baqarah 216

Better done than perfect.

Kim Namjoon



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN	ix
LEMBAR MOTTO	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku	2
1.1.3 Penentuan Kapasitas Produksi	2
1.1.4 Kapasitas Komersial.....	10
1.2 Tinjauan Pustaka.....	11
1.2.1 Pengenalan Formalin	11
1.2.2 Pembuatan Formalin	11
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	14
2.1 Spesifikasi Produk	14
2.1.1 Formalin (CH ₂ O) 37%.....	14
2.2 Spesifikasi Bahan.....	14
2.2.1 Spesifikasi Metanol.....	14
2.2.2 Spesifikasi Udara	15
2.2.3 Spesifikasi Air	16
2.2.4 Spesifikasi Katalis.....	16
2.3 Pengendalian Kualitas	17
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	17
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk.....	17
BAB III PERANCANGAN PROSES	18
3.1 Uraian Proses	18
3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk.....	19
3.3 Perancangan Produksi	29
3.3.1 Kapasitas Perancangan	29
3.3.2 Proses Produksi Formalin	Error! Bookmark not defined.
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	30

4.1	Lokasi Pabrik	30
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	30
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	31
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	32
4.3	Tata Letak Mesin/ Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	35
4.4	Alir Proses dan Material	38
4.4.1	Neraca Massa	38
4.4.1.1	Neraca Massa Total.....	38
4.4.1.2	Neraca Massa Komponen	38
4.4.2	Neraca Energi	40
4.5	Perawatan (<i>Maintenance</i>)	46
4.6	Pelayanan Teknik (Utilitas)	47
4.6.1	Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	47
4.6.1.1	Unit Penyediaan Air.....	47
4.6.1.2	Unit Pengolahan Air	49
4.6.1.3	Kebutuhan Air.....	51
4.6.2	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	53
4.6.3	Unit Penyediaan Udara Tekan	56
4.6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	56
4.6.5	Unit Pengolahan Limbah	56
4.7	Organisasi Perusahaan	59
4.7.1	Bentuk Perusahaan.....	59
4.7.2	Struktur Organisasi.....	60
4.7.3	Tugas dan Wewenang	63
4.7.3.1	Pemegang Saham.....	63
4.7.3.2	Dewan Komisaris.....	63
4.7.3.3	Direktur Utama	63
4.7.3.4	Staff Ahli	64
4.7.3.5	Kepala Bagian.....	64
4.7.3.6	Kepala Seksi.....	65
4.7.4	Ketenagakerjaan.....	67
4.7.5	Jadwal Kerja Karyawan	68
4.7.6	Perincian Jumlah Karyawan.....	70
4.7.7	Kesejahteraan Karyawan	70
4.7.8	Sistem Gaji Karyawan	71
4.7.9	Fasilitas Karyawan	74
4.8	Evaluasi Ekonomi	75
4.8.1	Penaksiran Harga Alat.....	76
4.8.2	Analisis Kelayakan	79
4.8.3	Hasil Perhitungan	82
4.8.4	Analisis Keuntungan	85
4.8.5	Hasil Kelayakan Ekonomi	85
BAB V	PENUTUP	88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

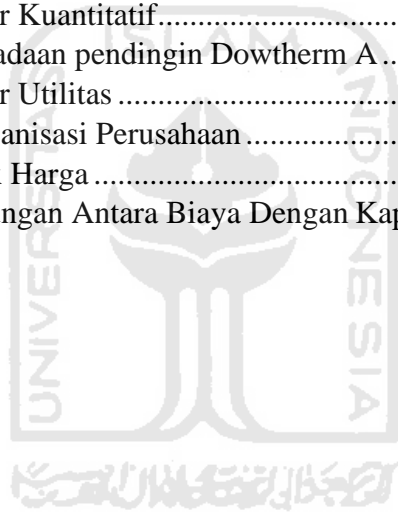
Tabel 1. 1	Cara Menghitung Persen Rata-Rata Pertumbuhan Dari Data Riil.....	3
Tabel 1. 2	Cara Memperoleh Data Proyeksi Persen Pertumbuhan.....	3
Tabel 1. 3	Data Impor Formalin di Indonesia.....	4
Tabel 1. 4	Data Produksi Formalin di Indonesia.....	5
Tabel 1. 5	Data Ekspor Formalin di Indonesia.....	6
Tabel 1. 6	Data Persen Pertumbuhan Konsumsi.....	8
Tabel 1. 7	Data Persen Pertumbuhan Rata-Rata.....	9
Tabel 1. 8	Data Pabrik Formalin di Indonesia.....	10
Tabel 1. 9	Perbedaan Proses Pembuatan Formalin.....	13
Tabel 2. 1	Sifat Fisika Udara.....	16
Tabel 4. 1	Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	33
Tabel 4. 2	Neraca Massa Total.....	38
Tabel 4. 3	Neraca Massa Vaporizer.....	38
Tabel 4. 4	Neraca Massa Reaktor.....	39
Tabel 4. 5	Neraca Massa Absorber.....	39
Tabel 4. 6	Neraca Energi Vaporizer.....	40
Tabel 4. 7	Neraca Energi Heater.....	40
Tabel 4. 8	Neraca Energi Preheater 1.....	41
Tabel 4. 9	Neraca Energi Preheater 2.....	41
Tabel 4. 10	Neraca Energi Furnace 1.....	41
Tabel 4. 11	Neraca Energi Furnace 2.....	42
Tabel 4. 12	Neraca Energi Reaktor.....	42
Tabel 4. 13	Neraca Energi Cooler.....	43
Tabel 4. 14	Total Kebutuhan Air.....	53
Tabel 4. 15	Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	55
Tabel 4. 16	Total Kebutuhan Listrik.....	56
Tabel 4. 17	Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift.....	69
Tabel 4. 18	Kebutuhan Operator per Alat Proses.....	70
Tabel 4. 19	Gaji Karyawan.....	72
Tabel 4. 20	Indeks Harga Alat.....	77
Tabel 4. 21	Physical Plant Cost (PPC).....	82
Tabel 4. 22	Direct Plant Cost (DPC).....	82
Tabel 4. 23	Fixed Capital Investment (FCI).....	82
Tabel 4. 24	Working Capital (WC).....	83
Tabel 4. 25	Direct Manufacturing Cost (DMC).....	83
Tabel 4. 26	Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	83
Tabel 4. 27	Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	83
Tabel 4. 28	Manufacturing Cost (MC).....	84

Tabel 4. 29 General Expense (GE) 84
Tabel 4. 30 Total Production Cost (TPC)..... 84
Tabel 4. 31 Fixed Cost (FC) 84
Tabel 4. 32 Variable Cost (Va)..... 84
Tabel 4. 33 Regulated Cost (Ra) 85



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Formalin.....	4
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Formalin	7
Gambar 3. 1 Blok Diagram Proses BASF	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Blok Diagram Proses Recovery Metanol.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Blok Diagram Proses Haldor Topsoe (Mixed Oxyde Catalyst)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik Skala 1 : 1000.....	34
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses	37
Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif.....	44
Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif.....	45
Gambar 4. 5 Proses pengadaan pendingin Dowtherm A.....	54
Gambar 4. 6 Diagram Alir Utilitas	58
Gambar 4. 7 Struktur Organisasi Perusahaan	62
Gambar 4. 8 Grafik Index Harga	78
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Antara Biaya Dengan Kapasitas Produksi	87



ABSTRAK

Pabrik formalin dirancang berkapasitas 40.000 ton/tahun dengan waktu operasinya selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dan direncanakan akan didirikan pada tahun 2025. Pendirian pabrik formalin didasarkan karena kebutuhan di Indonesia besar namun pemasoknya belum memenuhi. Produk dimanfaatkan dalam industri seperti industri tekstil, *n-Methylol* digunakan sebagai bahan pembantu untuk memproduksi tekstil yang tahan lipatan, sukar hancur dan tidak mudah kusut; industri minyak bumi formalin digunakan sebagai pemurni dan penyaring untuk bahan bakar cair dan produk hidrokarbon lain.

Perbandingan mol stoikiometri digunakan sebagai acuan perancangan. Bahan baku yang digunakan adalah metanol sebanyak 3950,144 kg/jam diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri, udara sebanyak 1185,043 kg/jam dalam bentuk O₂ dan sebanyak 4458,020 kg/jam dalam bentuk N₂ yang diambil dari lingkungan sekitar. Katalis yang digunakan adalah kristal perak sebanyak 319 kg/jam. Produksi formalin menggunakan proses BASF (*Complate conversion*), terdapat 2 tahap yaitu yang pertama mengubah bahan baku metanol menjadi fase uap dan memanaskan uap metanol dan udara hingga suhu persiapan reaktor. Tahap kedua yaitu pembentukan produk dengan mereaksikan metanol dan oksigen dari udara dengan menggunakan katalis perak pada suhu 700°C dan tekanan 1,4 atm pada reaktor *fixed bed multitube*. Reaksi berlangsung pada fase uap dan bersifat eksotermis sehingga membutuhkan pendingin untuk menjaga kondisi suhu reaksi agar katalis bekerja sempurna dengan menggunakan pendingin dowtherm A.

Pabrik formalin ini akan didirikan di kawasan industri Kalimantan Timur, Kota Bontang. Luas total bangunan pabrik yang dirancang adalah 3.640 m² dengan luas keseluruhan tanah beserta bangunan seluas 11.203 m². Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 150 orang. Kebutuhan utilitas pabrik formalin terdiri dari air sebesar 6391 kg/jam, listrik sebesar 43,2829 kW, udara tekan sebesar 62 m³/jam, bahan bakar diesel sebanyak 2,796 L/jam minyak solar, bahan bakar furnace sebesar 263 kg/jam LNG.

Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi perancangan pabrik formalin diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 88.486.500.806, keuntungan setelah pajak sebesar Rp 70.346.768.141, persentase *return of investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 66,82% sedangkan ROI setelah pajak sebesar 53,12%. Hasil perhitungan *payout time* (POT) sebelum pajak adalah 1,3 tahun dan POT setelah pajak adalah 1,58 tahun. Nilai *break even point* (BEP) diperoleh 48,59 %, *shut down point* (SDP) diperoleh 38,59 % dan *discounted cash flow rate* (DCFR) diperoleh 7,65 %. Pabrik ini termasuk dalam pabrik beresiko tinggi.

Kata kunci : metanol, udara, formalin, katalis perak

ABSTRACT

Formalin plant is designed to have a capacity of 40,000 tons/year with an operating time of 330 days year and 24 hours/day and is planned to be established in 2025. The establishment of the this plant is based on the large need in Indonesia but the supplier has not yet fulfilled it. Products are used in industries such as the textile industry. N-Methylol is used as an auxiliary material to produce textiles that are crease resistant, hard to crush and not wrinkle easily; the petroleum industry is used as a purifier and filter for liquid fuels and other hydrocarbon products.

The stoichiometric mole comparison method was used as the basis for the design. The raw material used is methanol as much as 3950.144 kg/hour obtained from PT. Kaltim Metanol Industri, as much as 1185,043 kg/hour of air in the form of O₂ and as much as 4458,020 kg/hour in the form of N₂ taken from the surrounding environment. The catalyst used was silver crystals as much as 319 kg/hour. Formalin production uses the BASF (Complete conversion) process, there are 2 stages, namely the first to change the methanol raw material into the vapor phase and heating the methanol vapor and air to the reactor preparation temperature. The second stage is the formation of the product by reacting methanol and oxygen from the air using a silver catalyst at a temperature of 700°C and a pressure of 1.4 atm in areactor. fixed bed multitube. The reaction takes place in the vapor phase and is exothermic so it requires a coolant to maintain the reaction temperature conditions so that the catalyst works perfectly using a dowtherm A cooler.

This formalin plant will be established in the industrial area of East Kalimantan, Bontang City. The total area of the factory building designed is 3,640 m² with a total area of land and buildings covering an area of 11,203 m². The planned company form is a Limited Liability Company (PT) with 150 employees. Formalin plant utility requirements consist of water amounted to 6391 kg/hour, amounting to 43.2829 kW of electricity, compressed air was 62 m³/h, the diesel fuel as much as 2,796 L / h diesel oil, furnace fuel amounted to 263 kg/hr of LNG.

From the calculation of the economic evaluation of the formaldehyde plant design, the profit before tax was Rp.88,486,500,806, the profit after tax was Rp.70,346,768,141, the percentage of return on investment (ROI) before tax was 66.82% while the ROI after tax was 53.12%. . The result of the calculation of payout time (POT) before tax is 1.3 years and the POT after tax is 1.58 years. The break even point (BEP) value was obtained 48.59%, the shut down point (SDP) was obtained 38.59% and the discounted cash flow rate (DCFR) was obtained 7.65%. The plant goes into high risk.

Key words: methanol, air, formalin, silver catalyst

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai salah satu negara yang mempunyai sumber daya manusia dan sumber daya alam yang melimpah sangat berpotensi untuk berkembang di segala aspek bidang, salah satunya di bidang industri. Diantara banyak industri yang ada saat ini, industri kimia memiliki peran yang diharapkan dapat memberi kontribusi besar bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Karena pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat. Jadi pantas apabila bidang industri mendapat perhatian yang serius, karena menjadi pendukung bagi berkembangnya bidang perekonomian yang lain.

Industri kimia yang berpotensi berkembang lebih besar salah satunya yaitu industri formalin. Seiring dengan penggunaan formalin yang meningkatkan maka pertumbuhan pabrik formalin juga meningkat. Formalin merupakan bentuk cair dari formaldehid. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2014 hingga 2018 ekspor produk formalin mengalami fluktuatif namun lebih banyak kenaikannya. Sejak tahun 2014 hingga 2018 impor produk formalin mengalami fluktuatif pula namun lebih cenderung mengalami penurunan. Data tersebut dapat disimpulkan bahwa kebutuhan formalin masih belum stabil tetapi cenderung naik, menjadikan produk ini memiliki nilai strategis dalam perkembangan dunia industri.

Beberapa sektor industri yang membutuhkan formalin, antara lain industri tekstil turunan formalin, *n-Methylol* digunakan sebagai bahan pembantu untuk memproduksi tekstil yang tahan lipatan, sukar hancur dan tidak mudah kusut; industri kertas formalin digunakan sebagai bahan pembantu untuk memproduksi kertas yang tidak mudah kusut dan tahan terhadap minyak; industri minyak bumi formalin digunakan sebagai pemurni dan penyaring untuk bahan bakar cair dan produk hidrokarbon lain; industri

kesehatan dan farmasi formalin digunakan sebagai bahan untuk mengurangi efek racun yang disebabkan oleh virus, gigitan ular atau reptil lainnya. Selain memenuhi kebutuhan industri, formalin juga dibutuhkan oleh beberapa sektor lainnya. Dalam bidang pertanian, senyawa ini digunakan sebagai bahan pendukung dalam pembuatan pupuk urea. Dalam bidang medis, formalin digunakan untuk pengeringan kulit.

Formalin sangat dekat kaitannya dengan pengawetan pada zaman dahulu dan sepertinya masih sama sampai sekarang. Formalin telah digunakan sejak awal 1899 untuk pengawetan mayat yang sebagian besar ada di era Wild West. (Bedino, 2004)

1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku adalah faktor penting dalam proses produksi pada suatu pabrik, sehingga ketersediaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan pabrik. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan formalin adalah metanol dan oksigen. Ketersediaan metanol didatangkan dari PT. Kaltim Metanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dimana 70% dari kapasitas produksi diekspor sedangkan 30% sisanya sekitar 198.000 ton/tahun dijual untuk memenuhi kebutuhan domestik. Bahan baku lainnya yaitu udara diambil dari lingkungan.

1.1.3 Penentuan Kapasitas Produksi

Pabrik formalin dari metanol dan udara dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yang akan dibangun pada tahun 2025, penentuan kapasitas pabrik dapat dipertimbangkan dari beberapa faktor yaitu melalui analisis “*Supply*” (Penawaran) dan “*Demand*” (Permintaan). Penawaran terdiri dari impor dan produksi dalam negeri, sedangkan permintaan terdiri dari ekspor dan konsumsi dalam negeri. Untuk mendapatkan hasil analisis dilakukan dengan dua cara yaitu persen pertumbuhan dan regresi linier. Data riil yang diambil untuk analisis dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Berikut merupakan cara analisis persen pertumbuhan :

Tabel 1. 1 Cara Menghitung Persen Rata-Rata Pertumbuhan Dari Data Riil

Tahun	Ton	Persen Pertumbuhan
2014	a	
2015	b	$\frac{! - \#}{\#} \$ 100$
2016	c	$\frac{(- !}{!} \$ 100$
2017	d	$\frac{) - (}{-100} \$$
2018	e	$\frac{* -)}{) } \$ 100$
Persen rata-rata pertumbuhan		$\frac{+}{4}$

Tabel 1. 2 Cara Memperoleh Data Proyeksi Persen Pertumbuhan

Tahun	Ton
2018	$* * (1 + \frac{+}{4})$
2019	$(* * (1 + \frac{+}{4})) * (1 + \frac{+}{4})$
2020	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^2$
2021	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^3$
2022	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^4$
2023	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^5$
2024	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^6$
2025	$(* * (1 + \frac{1}{2})) * (1 + \frac{1}{2})^7$

Sedangkan, cara regresi linier menggunakan grafik regresi linier dengan Ms. Excel dengan persamaan :

$$y = ax + b$$

a. Supply

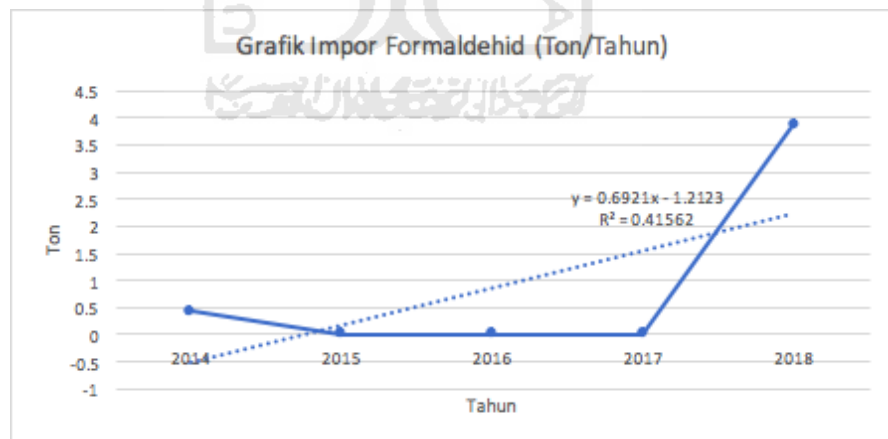
• Impor

Data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan impor formalin, didapatkan data impor tahun 2014 sampai tahun 2018 seperti pada tabel 1.3

Tabel 1. 3 Data Impor Formalin di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2014	0,424
2015	0,005
2016	0
2017	0,008
2018	3,883

Dari data impor di atas dibuat grafik linier antara data tahun sumbu x dan data impor sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Impor Formalin

Nilai perkiraan impor formalin pada tahun 2025 atau pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 0,6921x - 1,2123$ dengan keterangan nilai x adalah tahun pembangunan pabrik dan nilai y adalah jumlah impor. Dengan

persamaan tersebut diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan impor formalin adalah sebesar :

$$y = 0,6921x - 1,2123$$

$$y = 0,6921 (2025) - 1,2123$$

$$y = 1.400,2902 \text{ ton/tahun}$$

- Produksi Dalam Negeri

Data produksi berasal dari situs detik.com berupa data 20 perusahaan yang memproduksi formalin di Indonesia seperti pada tabel 1.4 di bawah ini.

Tabel 1. 4 Data Produksi Formalin di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT Arjuna Utama Kimia	23.000
PT Batu Penggal Chemical Industry	28.000
PT Belawandeli Chemical	30.000
PT Binajaya Roda Karya	45.000
PT Dover Chemical	60.000
PT Duta Pertiwi Nusantara	50.000
PT Duta Rendra Mulia	33.500
PT Dyno Mugi Indonesia	29.400
PT Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
PT Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
PT Kayulapis Indonesia (Irian Jaya)	40.000
PT Kayulapis Indonesia (Jateng)	20.000
PT Kurnia Kapuas Utama Glue Industry	38.000
PT Lakosta Indah	28.000
PT Orica Resindo Mahakam	35.000
PT Pamolite Adhesive Industry	36.000

PT Perawang Perkasa Industry	48.000
PT Putra Sumber Kimindo	45.000
PT Sabak Indah	72.000
PT Superin	36.000

(sumber : detik.com, 2006)

Dari data produksi diatas diketahui bahwa total produksi formalin di Indonesia sebesar 806.400 Ton/Tahun. Berdasarkan data impor dan produksi formalin di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply* formalin di Indonesia, karena data impor formalin yang sangat kecil, sehingga diasumsikan tidak ada impor sampai tahun pendirian pabrik, dan diasumsikan bahwa produksi formalin di Indonesia tidak ada penambahan produksi formalin sampai tahun 2025, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= 0 + 806.400 \text{ ton/tahun} \\
 &= 806.400 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

b.

Demand

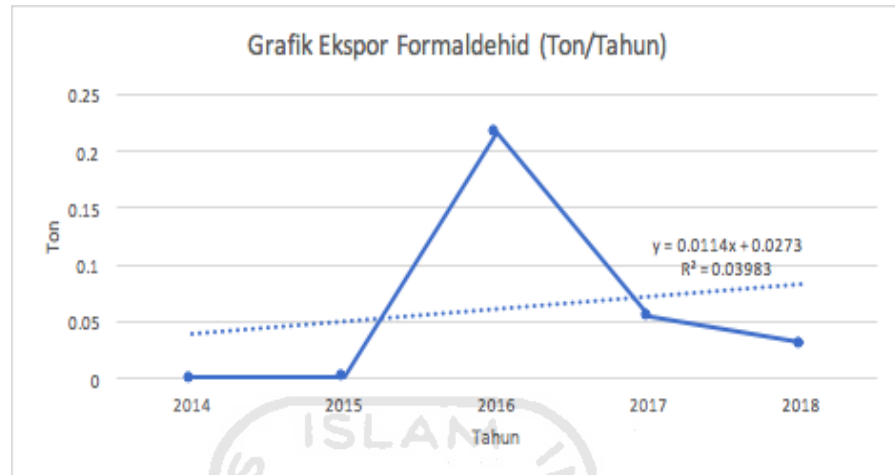
- Ekspor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan ekspor formalin, didapatkan data ekspor tahun 2014 sampai tahun 2018 seperti pada tabel 1.5

Tabel 1. 5 Data Ekspor Formalin di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2014	0,001
2015	0,002
2016	0,217
2017	0,055
2018	0,031

Dari data ekspor di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun sumbu x dan data ekspor sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Formalin

Nilai perkiraan ekspor formalin pada tahun 2025 atau pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 0,0114x + 0,0273$ dengan keterangan nilai x adalah tahun pembangunan pabrik dan nilai y adalah jumlah ekspor. Dengan persamaan tersebut diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan ekspor formalin adalah sebesar:

$$y = 0,0114x + 0,0273$$

$$y = 0,0114 (2025) + 0,0273$$

$$y = 23,1123 \text{ ton/tahun}$$

- **Konsumsi**

Data konsumsi dalam negeri diperoleh dari BPS karena data yang tersaji dalam Statistik Manufaktur Industri terdapat tahun yang tidak menunjukkan data riil konsumsi maka dilakukan perhitungan persen pertumbuhan data konsumsi untuk mengetahui nilai konsumsi pada tahun 2025, tabel 1.5 merupakan perhitungan persen pertumbuhan tiap tahun data pertumbuhan konsumsinya diambil dari tahun 2011 - 2018.

Tabel 1. 6 Data Persen Pertumbuhan Konsumsi

Tahun	Total (Ton)	Persen Pertumbuhan (%)
2011	45998	51%
2012	69519	
2013	49589	-29%
2014	51675	4%
2015	48898	-5%
2016	65783	42%
2017	88499	35%
2018	119059	35 %

Untuk mendapatkan jumlah konsumsi pada tahun 2025 dilakukan perhitungan jumlah konsumsi yang didapat pada tahun 2018 dikalikan dengan jumlah persen pertumbuhan yang dibagi sejumlah persen pertumbuhan yang ada perhitungan dimulai untuk tahun 2019 hingga 2025 untuk setiap tahunnya jumlah konsumsi pada tahun 2018 dipangkatkan sesuai dengan urutannya dan hasil perhitungan terdapat pada tabel 1.7

Tabel 1. 7 Data Persen Pertumbuhan Rata-Rata

Tahun	Jumlah (Ton)
2019	158347.917
2020	210602.730
2021	280101.631
2022	372535.169
2023	495471.775
2024	658977.461
2025	876440.023

Berdasarkan data ekspor dan produksi formalin di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand* formalin di Indonesia karena data ekspor sangat kecil maka diabaikan sehingga diasumsikan tidak ada ekspor sampai tahun pendirian pabrik sehingga didapatkan perkiraan konsumsi pada tahun 2025, yaitu

$$\begin{aligned} Demand &= \text{Ekspor} + \text{Produksi} \\ &= 0 + 876.440,023 \text{ ton/tahun} \\ &= 876.440,023 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi dan produksi pada tahun 2025. Maka, peluang pasar untuk formalin dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= Demand - Supply \\ &= 876.440 - 806400 \\ &= 70.040 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas pabrik formalin yang akan didirikan diambil 60% dari kebutuhan di Indonesia sebesar : $60\% \times 70.040 = 42.024 \text{ ton/tahun}$.

1.1.4 Kapasitas Komersial

Dalam menentukan kapasitas suatu pabrik yang akan dibangun selain menghitung dari kebutuhan ekspor, impor, konsumsi dan jumlah produksi dalam negeri serta ketersediaan bahan baku juga harus melihat dari sisi kapasitas pabrik formalin yang sudah ada di Indonesia. Berikut merupakan pabrik-pabrik yang memproduksi formalin :

Tabel 1. 8 Data Pabrik Formalin di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT Arjuna Utama Kimia	23.000
PT Batu Penggal Chemical Industry	28.000
PT Belawandeli Chemical	30.000
PT Binajaya Roda Karya	45.000
PT Dover Chemical	60.000
PT Duta Pertiwi Nusantara	50.000
PT Duta Rendra Mulia	33.500
PT Dyno Mugi Indonesia	29.400
PT Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
PT Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
PT Kayulapis Indonesia (Irian Jaya)	40.000
PT Kayulapis Indonesia (Jateng)	20.000
PT Kurnia Kapuas Utama Glue Industry	38.000
PT Lakosta Indah	28.000
PT Orica Resindo Mahakam	35.000
PT Pamolite Adhesive Industry	36.000
PT Perawang Perkasa Industry	48.000
PT Putra Sumber Kimindo	45.000

PT Sabak Indah	72.000
PT Superin	36.000

(sumber : detik.com, 2006)

Dari data dan hasil perhitungan pada sub bab 1.1.4, perancangan pabrik formalin ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 40.000 ton/tahun. Kemudian ditinjau dari data produksi formalin di Indonesia maka didapatkan kapasitas industri formalin pada tahun 2025 yang ideal adalah 40.000 ton/tahun. Hal tersebut berdasarkan pertimbangan rata-rata produksi industri di Indonesia pertahunnya adalah 40.000 dan kebutuhan impor formalin cukup tinggi di daerah Asia dan Eropa. Maka formalin akan di ekspor ke beberapa negara di Asia maupun di Eropa. Untuk meningkatkan perekonomian Indonesia di bidang industri dan sebagian akan di gunakan di dalam negeri.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Pengenalan Formalin

Formalin (diformulasikan CH_2O) adalah suatu senyawa organik yang paling sederhana dari aldehida, digunakan sebagai bahan baku dalam jumlah besar untuk berbagai macam proses pembuatan bahan-bahan kimia. Formalin dapat diproduksi oleh reaksi oksidasi metanol dengan udara dan dibantu dengan adanya katalis. Formalin dapat diproduksi dengan biaya yang relatif rendah, kemurnian tinggi, dan dari berbagai reaksi kimia, menjadikan formalin salah satu bahan kimia industri yang paling banyak diproduksi di dunia. (Bizzari, 2007)

1.2.2 Pembuatan Formalin

Beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk membuat formalin, adalah:

a. Proses Katalis Perak (*Silver Catalyst Process*)

Proses katalis perak dapat dibagi menjadi 2 yakni metode konversi metanol sempurna (*complete conversion*) dan konversi metanol tidak sempurna (*incomplete conversion*).

1. Konversi Metanol Sempurna (Proses BASF)

Dalam campuran metanol dan udara untuk umpan masuk ke kolom *vaporizer*. Udara dan jika memungkinkan, *recycled off* gas dari stage terakhir kolom absorpsi dimasukkan ke dalam kolom pemisah. Campuran dari gas dan metanol pada udara dibentuk dalam gas inert yang berisi nitrogen, air dan CO₂ melebihi batas *explosive*. Rasio dari 60% metanol dan 40% air dengan atau tanpa gas inert yang diinginkan. *Packed evaporator* merupakan bagian dari aliran stripping. Panas yang dibutuhkan untuk mengevaporasi metanol dan air menggunakan *heat exchanger* dengan menghubungkan stage pertama dari kolom absorpsi. (Ullmann, 1987)

Pada mode konversi metanol sempurna, konversi metanol adalah 97-98% dengan yield 89,5-90,5% mol. Suhu operasi yang digunakan pada proses ini lebih besar daripada proses konversi tidak sempurna, yakni 680-720°C. Pada operasi mode konversi sempurna, unit absorpsi terdiri dari kolom absorpsi multiple dengan *recycle* larutan formalin pada setiap stage. Produk akhir dari larutan sekitar 50-55wt % formalin, dapat diperoleh stage pertama jika *off-gas* dikembalikan untuk mengurangi penggunaan air pada umpan, sebaiknya larutan 40-44wt % formalin dibentuk. (Cheng, 1994)

2. Konversi Metanol Tidak Sempurna

Pada mode konversi metanol tidak sempurna, konversi metanol adalah 77-78% dengan yield 91-92 % mol. Suhu operasi yang digunakan pada proses konversi tidak sempurna, yakni 600-650°C. Pada mode konversi tidak sempurna, campuran masuk ke unit absorpsi adalah 42wt% formalin dan termasuk metanol. Yang terpenting dari metanol, formalin dan air keluar dari unit pertama. Campurannya adalah umpan yang masuk kolom distilasi, yang mana produk bawahnya mengandung 55wt % formalin dan kurang dari 1wt % diperoleh metanol. Kandungan asam formiat di produk bagian bawah dikurangi dengan menggunakan unit *anion-exchange*. Metanol di

produk bagian atas dikembalikan dan dicampur dengan umpan yang baru. Off gas dari unit absorpsi dibakar untuk menghilangkan residu metanol dan macam-macam zat organik lainnya. Bagian dari itu dikembalikan ke reaktor sebagai diluent inert (Cheng, 1994).

b. Proses Formox (*Formox Process*)

Proses formox adalah pembuatan formalin menggunakan metanol dan katalis memakai katalis *Iron Molybdenum Oxide*. Proses ini beroperasi pada suhu 250-290°C, dan tekanan 1-1,5 atm. Awalnya metanol uap dicampur udara dan gas kemudian direaksikan dengan katalis *iron-molybdenum oxide* dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube*. Katalis ini dapat berumur sampai dengan 18 bulan. Konversi yang diperoleh mencapai 98,4% dengan yield formalin sekitar 88%-91% mol. Gas yang keluar dari reaktor pada suhu 260°C, didinginkan sampai suhu 70°C sebelum memasuki absorber. (Kirk and Othmer, 1994)

Tabel 1. 9 Perbedaan Proses Pembuatan Formalin

Parameter	<i>Silver Catalyst Process</i>		<i>Formox Process</i>
	BASF Proses (<i>Complete Conversion</i>)	<i>Incomplete Conversion</i>	
Suhu operasi	680-720°C	600-650°C	340°C
Tekanan operasi	>1atm	>1atm	>1atm
Konversi metanol	97-98%	77-78%	98,4%
<i>Yield</i>	89,5-90,5%	91-92%	94,4%
Katalis	Perak (3-8 bulan)	Perak (3-8 bulan)	<i>Molybdenum Oxide</i> dan <i>Iron Oxide</i> (12-15 bulan)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Formalin (CH₂O) 37%

Sifat Fisika

Rumus molekul	: H ₂ CO
Wujud	: Cair dan tak berwarna
Berat molekul	: 30,026 g/gmol
Titik didih (1 atm)	: 96 °C
Titik lebur (1 atm)	: -15 °C
Temperatur pembakaran	: 424 °C
<i>Spesific gravity</i>	: 1,06 – 1,08
Kelarutan	: Larut dalam air, alkohol, pelarut polar lain
Kelarutan (20 °C)	: 400000 mg/L

(Kirk and Othmer, 1994)

Sifat Kimia

- Dapat terdekomposisi menjadi CO dan H₂
- Dapat membentuk CH₃OH melalui proses hidrogenasi
- Pada temperatur 80-100 °C relatif stabil tetapi perlahan-lahan akan terjadi polimerisasi pada temperatur rendah.
- Dapat teroksidasi membentuk CO₂ H₂O dan asam formiat.
- Dapat terkondensasi dengan macam-macam senyawa membentuk turunan *methylol* dan *methylen*.

(Kirk and Othmer, 1994)

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Spesifikasi Metanol

Sifat Fisika

Rumus Molekul : CH₃OH

Wujud	: Cairan tak berwarna
Berat Molekul	: 32,04 g/gmol
Densitas pada 25°C	: 0,79 g/cm ³
Titik Didih (1 atm)	: 64,7 °C
Titik Lebur (1 atm)	: -97,68°C
Temperatur Kritis	: 9,49°C
Tekanan Kritis	: 79,9 atm
Viskositas pada 25°C	: cair : 0,54 cP ; gas : 0,0097 cP

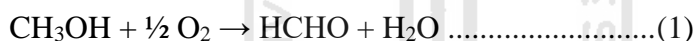
(Kirk and Othmer, 1995)

Sifat Kimia

Metanol merupakan gugus alkohol alifatik yang paling sederhana. Reaktivitasnya ditentukan dengan adanya gugus hidroksil. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya ikatan C-O atau ikatan O-H dan memiliki ciri-ciri reaksi substitusi gugus -H dan -OH (Kirk and Othmer, 1995)

Reaksi metanol yang terjadi :

- 1) Dehidrogenasi dan dehidrogenasi oksidatif dengan *silver catalyst/molybdenum* oksida membentuk formalin.



- 2) Karbonilasi dengan katalis kobalt/rhodium membentuk asam asetat



- 3) Dehidrasi dengan katalis asam membentuk dimethyl eter dan air



(Kirk and Othmer, 1995)

2.2.2 Spesifikasi Udara

Menurut Mc.Ketta campuran utama gas N₂ dan O₂ sebesar 79% dan 21% mol, sifat fisika dari udara adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Sifat Fisika Udara

Sifat Fisika	N ₂	O ₂
Berat molekul	28	32
Wujud	Gas tidak berwarna	Gas tidak berwarna
<i>Specific gravity</i>	12,5	1,71
Titik lebur (C, P = 1 atm)	-209,68	-218,4
Titik didih (C, P = 1 atm)	-195,8	-183
Suhu kritis K	126,2	154,6

2.2.3 Spesifikasi Air

Rumus molekul : H₂O
Wujud : Cair
Berat molekul : 18 kg/kmol
Titik didih : 100°C
Densitas : 1 gr/cm³

2.2.4 Spesifikasi Katalis

Silver Catalyst

Rumus molekul : Ag
Wujud : Kristal Padat
Umur : 3-8 bulan
Titik didih : 2212°C
Titik lebur : 960°C
Relative Density : 10.49 g/cm³
Solubility : Tidak larut dalam air

(MSDS *Silver Catalyst*)

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas pada umpan yang ada dalam sistem produksi bertujuan untuk mengendalikan kualitas terhadap bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Penggunaan bahan baku adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi produksi dan hal ini berpengaruh pada kualitas produk yang akan dihasilkan. Sehingga sebelum memulai proses produksi dilakukan pengujian kualitas bahan baku yang akan digunakan.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Kualitas produk yang dihasilkan dari proses produksi harus dijaga dengan melakukan pengendalian kualitas terhadap proses produksi yang dilakukan, dimulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Pada proses pengendalian kualitas produk ini diperlukan alat kontrol untuk setiap proses yang disebut instrumentasi.

Pengertian dari instrumentasi adalah alat-alat yang digunakan untuk proses kontrol jalannya proses produksi agar mendapatkan hasil atau produk sesuai dengan yang diinginkan. Instrumentasi berfungsi menjadi pengontrol, penunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Alat-alat instrumentasi dipasang pada tiap peralatan proses untuk mempermudah pemantauan dan pengontrolan kondisi yang ada di lapangan. Dengan adanya instrumentasi, bila tanda bahaya atau terdapat proses yang kurang sesuai dapat segera melakukan tindakan.

Tujuan utama dilakukan pengendalian adalah supaya kondisi proses di pabrik minimum kesalahan sehingga produk yang dihasilkan dapat optimal. Instrumen yang paling banyak digunakan adalah :

1. *Pressure Controller (PC)*, digunakan untuk mengamati tekanan operasi alat.
2. *Temperature Controller (TC)*, digunakan untuk mengamati temperatur operasi pada alat.
3. *Level Controller (LC)*, digunakan untuk mengamati ketinggian cairan alat.
4. *Flow Controller (FC)*, digunakan untuk mengamati laju alir cairan yang melewati suatu alat.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembentukan formalin diawali dengan memasukkan campuran metanol dan air ke dalam kolom penguapan (*vaporizer*) untuk diuapkan sampai suhu 75°C, dimana 80% menguap dan 20% tetap dalam fase cair kemudian direcycle lagi. Campuran gas metanol di panaskan dengan heater sampai dengan suhu 150°C. Untuk mencapai suhu reaksi, campuran gas dipanaskan dengan furnace 1 sampai suhu 700°C menggunakan LNG sebagai bahan bakar di furnace 1. Secara terpisah, udara proses dialirkan kedalam preheater 1 untuk dipanaskan sampai suhu 90°C, kemudian dipanaskan lagi dengan preheater 2 sampai suhu 150°C. Untuk mencapai suhu reaksi, udara dipanaskan dengan furnace 2 sampai suhu 700°C menggunakan LNG sebagai bahan bakar di furnace 2.

Campuran gas metanol dan udara yang bersuhu 700°C direaksikan didalam reaktor fixed bed dengan, karena reaksi bersifat eksotermis maka digunakan pendingin Dowtherm A untuk menjaga kondisi reaktor tetap isothermal. Gas produk bersuhu 700°C harus didinginkan ke suhu 30°C sebelum masuk kedalam absorber. Oleh karena itu gas produk bersuhu 700°C dimanfaatkan untuk memanaskan alat vaporizer dan keluar pada suhu 259°C, kemudian dialirkan untuk memanaskan heater dan keluar pada suhu 196°C, kemudian dialirkan untuk memanaskan preheater 1 dan keluar pada suhu 136°C, kemudian dialirkan untuk memanaskan preheater 2 dan keluar pada suhu 75°C. Gas produk yang sudah dimanfaatkan panasnya kemudian didinginkan di cooler menggunakan air pendingin sampai suhu 30°C.

Setelah bersuhu 30°C, gas produk diumpankan kedalam absorber dengan solvent air untuk mengikat gas formalin dan metanol. Keluaran bawah absorber mengalirkan formalin dengan kandungan 37% formalin, 14% metanol, dan 49% air kedalam tangka penyimpanan formalin. Sedangkan keluaran atas

absorber menghasilkan *off gas* yang tidak mengandung zat berbahaya bagi lingkungan.

3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

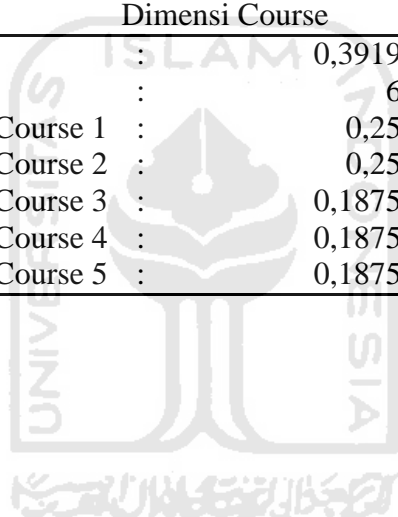
Alat dan bahan yang digunakan dalam tiap proses adalah:

1. Tangki Penyimpanan Metanol

Tangki Penyimpanan Metanol		
Kode	:	T-01
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku metanol selama 4 hari
Tipe	:	Silinder dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap berbentuk torispherical
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 283 grade C
Jenis Sambungan	:	<i>Double Welded Butt Joint</i>
Jumlah	:	1 Unit
Diameter	:	25 ft
Tinggi	:	42 ft
Kapasitas	:	3670 bbl
Jumlah Course	:	7 Buah
Tebal <i>head</i>	:	0,3125 in
Tinggi <i>head</i>	:	7,2722 ft
Tinggi total tangki	:	49,2722 ft
Dimensi Course		
Panjang <i>Plate</i>	:	0,65381 ft
Lebar <i>Plate</i>	:	6 ft
Tebal <i>Shell</i>	Course 1	: 0,375 in
	Course 2	: 0,3125 in
	Course 3	: 0,3125 in
	Course 4	: 0,25 in
	Course 5	: 0,25 in
	Course 6	: 0,1875 in
	Course 7	: 0,188 in

2. Tangki Penyimpanan Formalin

Tangki Penyimpanan Formalin		
Kode	:	T-02
Fungsi	:	Menyimpan produk formalin selama 1 hari
Tipe	:	Silinder dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap berbentuk torispherical
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 283 grade C
Jenis Sambungan	:	<i>Double Welded Butt Joint</i>
Jumlah	:	1 Unit
Diameter	:	15 ft
Tinggi	:	30 ft
Kapasitas	:	945 bbl
Jumlah Course	:	5 Buah
Tebal <i>head</i>	:	0,3125 in
Tinggi <i>head</i>	:	2,86058 ft
Tinggi total tangki	:	32,8606 ft
Dimensi Course		
Panjang <i>Plate</i>	:	0,3919 ft
Lebar <i>Plate</i>	:	6 ft
Tebal <i>Shell</i>	Course 1	: 0,25 in
	Course 2	: 0,25 in
	Course 3	: 0,1875 in
	Course 4	: 0,1875 in
	Course 5	: 0,1875 in



3. Vaporizer

Vaporizer	
Kode	: V-01
Fungsi	: Menguapkan bahan baku metanol dari suhu 30°C ke 75°C
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: CS Annulus, SS 204 Inner Pipe
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 140,907 ft ²
Panjang	: 20 ft
Jumlah Hairpins	: 4 Buah
U _C	: 59,181 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 53,781 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,0017 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0015 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Annulus (Udara)	
IPS	: 3 in
Inside Diameter	: 3,068 in
Outside Diameter	: 3,500 in
Inner Pipe (Gas Pemanas)	
IPS	: 2 in
Inside Diameter	: 2,067 in
Outside Diameter	: 2,38 in
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Silica
Tebal Isolasi	: 0,0003 in

4. Heater

Heater	
Kode	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan bahan baku metanol dari suhu 75°C ke 150°C
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: CS Annulus, SS 204 Inner Pipe
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 80,527 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpins	: 5 Buah
U _C	: 41,592 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 36,538 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,0033 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0010 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Annulus (Udara)	
IPS	: 3 in
Inside Diameter	: 2,469 in
Outside Diameter	: 2,880 in
Inner Pipe (Gas Pemanas)	
IPS	: 1,25 in
Inside Diameter	: 1,380 in
Outside Diameter	: 1,66 in
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Silica
Tebal Isolasi	: 0,0086 in

5. Preheater 1

Preheater 1	
Kode	: HE-02
Fungsi	: Memanaskan bahan baku udara dari suhu 30°C ke 90°C
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: CS Annulus, SS 204 Inner Pipe
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 85,643 ft ²
Panjang	: 20 ft
Jumlah Hairpins	: 3 Buah
U _C	: 42,038 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 37,912 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,0026 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0025 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Annulus (Udara)	
IPS	: 3 in
Inside Diameter	: 2,469 in
Outside Diameter	: 2,880 in
Inner Pipe (Gas Pemanas)	
IPS	: 1,25 in
Inside Diameter	: 1,380 in
Outside Diameter	: 1,66 in
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Silica
Tebal Isolasi	: 0,0021 in

6. Preheater 2

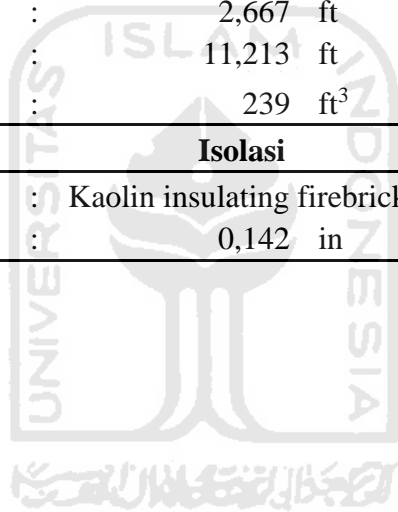
Preheater 2	
Kode	: HE-03
Fungsi	: Memanaskan bahan baku udara dari suhu 90°C ke 150°C
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: CS Shell, SS 204 Tube
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 603,581 ft ²
U _C	: 46,117 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 39,894 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,003 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0025 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Tube (Udara)	
<i>Number of tubes</i>	: 158
<i>Length</i>	: 20 ft
OD	: 3/4 in
BWG	: 10
Pitch	: 1 in Square Pitch
Shell (Gas Pemanas)	
ID	: 17 1/4 in
Baffle Space	: 1 1/4 in
Passes	: 2
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Silica
Tebal Isolasi	: 0,0615 in

7. Cooler

Cooler	
Kode	: HE-04
Fungsi	: Mendinginkan keluaran Heater dari suhu 75°C ke 30°C
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA 283 grade C
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 2,420 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpins	: 1 Buah
U _C	: 15,873 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 2,432 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,348 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,001
Annulus (Udara)	
IPS	: 2 in
Inside Diameter	: 2,067 in
Outside Diameter	: 2,380 in
Inner Pipe (Gas Pemanas)	
IPS	: 1 1/4 in
Inside Diameter	: 1,380 in
Outside Diameter	: 1,66 in

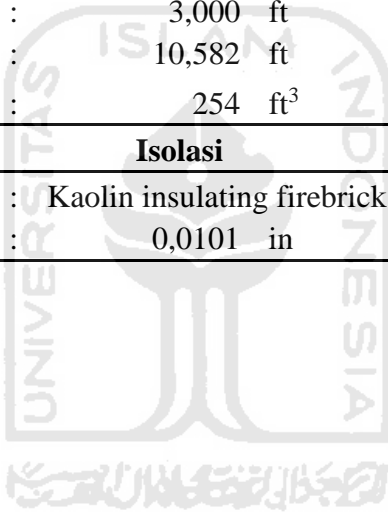
8. Furnace 1

Furnace 1	
Kode	: F-01
Fungsi	: Memanaskan gas metanol dari suhu 150 °C ke 700 °C melalui pembakaran bahan bakar LNG
Bahan Konstruksi	: Stainless Steel 304
Jumlah	: 1 Unit
Kondisi Operasi	: T = 700 °C P = 1,4 atm
Q	: 6389574 BTU/jam
Shedule Number	: 30
Diameter Luar (OD)	: 16 in
Diameter Dalam (ID)	: 15 in
Panjang	: 8,000 ft
Lebar	: 2,667 ft
Tinggi	: 11,213 ft
Volume	: 239 ft ³
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Kaolin insulating firebrick
Tebal Isolasi	: 0,142 in



9. Furnace 2

Furnace 2	
Kode	: F-02
Fungsi	: Memanaskan udara dari suhu 150 °C ke 700 °C melalui pembakaran bahan bakar LNG
Bahan Konstruksi	: Stainless Steel 304
Jumlah	: 1 Unit
Kondisi Operasi	: T = 700 °C P = 1,4 atm
Q	: 6025110 BTU/jam
Shedule Number	: 30
Diameter Luar (OD)	: 18 in
Diameter Dalam (ID)	: 17 in
Panjang	: 8,000 ft
Lebar	: 3,000 ft
Tinggi	: 10,582 ft
Volume	: 254 ft ³
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Kaolin insulating firebrick
Tebal Isolasi	: 0,0101 in



10. Reaktor

Reaktor	
Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi bahan baku utama metanol dan udara membentuk Formalin dengan bantuan katalis Ag
Tipe	: Fixed Bed Multitube
Bahan Konstruksi	: CS Shell, SS 204 Tube
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 1087,502 ft ²
Tinggi	: 24 ft
Diameter	: 10 ft
Tebal Shell	: 3/16 in
U _C	: 47,904 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 44,509 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,002 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0015 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Tube (Udara)	
<i>Number of tubes</i>	: 277
<i>Length</i>	: 20 ft
OD	: 3/4 in
BWG	: 16
Pitch	: 1 in Square Pitch
Shell (Gas Pemanas)	
ID	: 21 1/4 in
Baffle Space	: 1 1/2 in
Passes	: 1
Isolasi	
Bahan Isolasi	: Kaolin Insulating Firebrick
Tebal Isolasi	: 0,001 in

11. Absorber

Absorber	
Kode	: AB-01
Fungsi	: Menyerap CH ₂ O dan CH ₃ OH dengan solvent air
Tipe	: Packed Tower
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA 283 grade C
Jumlah	: 1 Unit
Dimensi Tangki	
Jenis	: Tangki Silinder
Diameter	: 1,55 ft
Tinggi	: 115 ft
Dimensi Head dan Bottom	
Jenis	: Torispherical dished heads
Volume Head	: 0,289 ft ³
Tinggi Head	: 1,053 in
Tebal Head	: 3/16 in
Volume Bottom	: 0,289 ft ³
Packing	
Jenis	: Intalox saddles ceramic 38 mm
Diameter	: 1,55 in
Tinggi Packing	: 93,36 in

3.3 Perancangan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Terdapat beberapa hal yang dijadikan dasar dalam pemilihan kapasitas perancangan, diantaranya yaitu kebutuhan formalin di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan ketentuan kapasitas minimal. Untuk kebutuhan formalin di Indonesia diperkirakan akan meningkat tiap tahunnya. Peningkatan ini diakibatkan dari berkembangnya industri yang menggunakan produk ini sebagai bahan baku maupun sebagai bahan tambahan. Untuk memenuhi hal tersebut maka diputuskan kapasitas pabrik sebesar 40.000 ton/tahun.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Dalam memilih lokasi harus dilakukan dengan cermat karena hal ini sangat penting dalam perancangan sebuah pabrik, pemilihan lokasi berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun. Pabrik formalin dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di Provinsi Kalimantan Timur, tepatnya di Kota Bontang. Pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama mempengaruhi langsung tujuan penitng dalam membangun sebuah pabrik. Tujuan tersebut meliputi proses produksi dan distribusi, faktor-faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi yang dipilih untuk membangun pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi penyedia bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Selain itu, dekat juga dengan pelabuhan laut agar saat ada bahan baku atau produk yang dikirim dari maupun ke luar negeri lebih mudah. Bahan baku dari pabrik ini adalah metanol diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri (KMI), Bontang, Kalimantan Timur.

2. Pemasaran

Pemasaran sangat berpengaruh terhadap pabrik, karena dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan dapat membuat kelangsungan pabrik berjalan lama. Pada kawasan Bontang cukup strategis untuk pemasaran produk karena pada kawasan ini terdapat banyak pabrik-pabrik terutama bagi pabrik yang menggunakan formalin.

3. Utilitas

Utilitas yang paling banyak digunakan yaitu air, listrik, dan bahan bakar. Untuk memenuhi kebutuhan air dapat diambil dari air laut atau air sungai.

Sedangkan untuk kebutuhan listrik dan bahan bakar dapat ditemui dengan mudah pada kawasan ini.

4. Transportasi

Agar mempermudah proses pendistribusian produk dan pemasarannya, pabrik didirikan pada kawasan yang mudah dijangkau dengan transportasi darat, laut maupun udara sekalipun dan di Bontang mudah untuk mendapatkan akses transportasi tersebut, sehingga diharapkan lalu lintas untuk pendistribusian produk dapat dilakukan dengan baik.

5. Letak Geografis

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang akan menentukan kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya. Bontang, Kalimantan Timur merupakan suatu daerah yang terletak pada kawasan industri dan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat mendukung untuk pembangunan pabrik ini.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Selain faktor primer di atas terdapat faktor lain yaitu faktor sekunder. Faktor sekunder ini tidak secara langsung berperan dalam proses industri, adapun faktor-faktor sekunder tersebut adalah :

1. Perluasan Areal Unit

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan produksi provinsi Kalimantan Timur untuk daerah Bontang, sehingga memungkinkan untuk melakukan perluasan area pabrik yang tidak akan mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, dalam hal ini pemerintah telah membuat kebijaksanaan terkait hal-hal mengenai pengembangan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, selain itu fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, perumahan,

bank, dan hiburan agar dapat menunjang keberlangsungan hidup sehari-hari tenaga kerja yang bekerja di pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau dapat disebut *plant layout* adalah penempatan dari seluruh bagian yang ada di dalam sebuah pabrik. Perencanaan dilakukan untuk menentukan tempat peletakan keseluruhan bagian perusahaan yaitu terdiri dari area proses, area utilitas, kantor, area perluasan dan yang lainnya, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut (Peters dan Timmerhaus, 1991) :

1. Pengoptimalan waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, pendistribusian produk, transportasi peralatan, maupun mobilitas karyawan dalam area pabrik.
2. Pemanfaatan area pabrik agar efisien dan efektif, sehingga tidak ada area pabrik yang tidak terpakai. Pemanfaatan ini juga berpengaruh pada biaya lahan yang mana dapat menghemat pajak dan biaya investasi bila diatur dengan baik.
3. Urutan proses produksi.
4. Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
5. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
6. Pemeliharaan dan perbaikan.
7. Keamanan terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
8. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
9. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
10. Masalah pembuangan limbah cair.
11. Service area, seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, mushola dan sebagainya diatur sedemikian rupa, sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan menimbulkan beberapa keuntungan seperti (Peters dan Timmerhaus, 1991) :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blow down*.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja semimumimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Luas total tanah yang dibutuhkan diperkirakan 11.203 m² sudah termasuk dengan perluasan pabrik. Tata letak bangunan disusun dengan mempertimbangkan pengangkutan bahan baku dan personel yang paling ekonomis. Perincian luas tanah dan bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

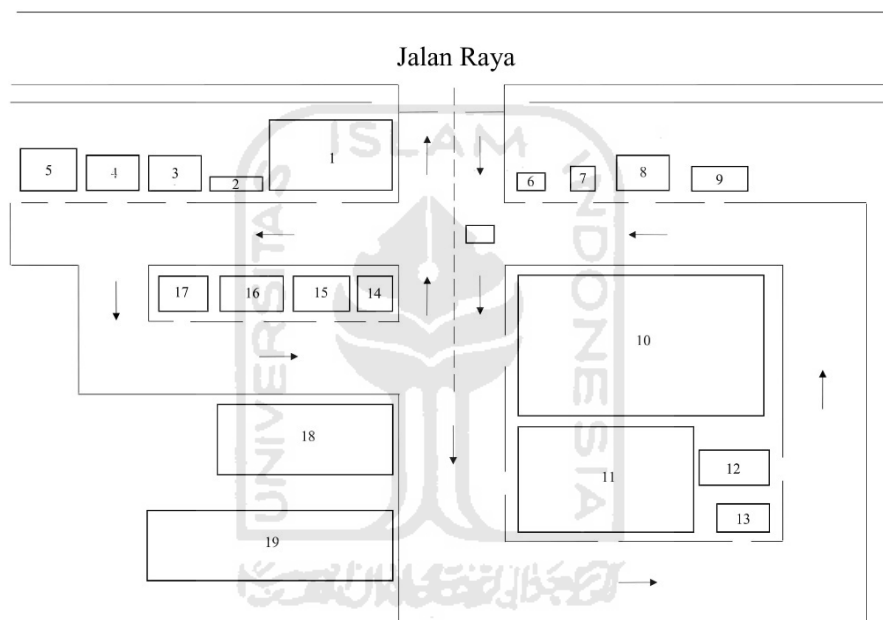
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
1	Perkantoran	35	20	700
2	Taman	15	4	60
3	Aula	15	10	150
4	Perpustakaan	15	10	150
5	Poliklinik	16	12	192
6	Pos Keamanan	8	5	40
7	Ruang K3	7	7	49
8	Unit Pembangkit Listrik	15	10	150
9	Unit Pemadam Kebakaran	16	7	112
10	Area Proses	70	40	2800
11	Area Utilitas	50	30	1500
12	Ruang Kontrol	20	10	200
13	Bengkel	15	8	120
14	Laboratorium	10	10	100
15	Mesjid	16	10	160
16	Area Parkir	18	10	180
17	Kantin	14	10	140
18	Mess Karyawan	50	20	1000

19	Area Perluasan	70	20	1400
20	Jalan			2000
Luas Tanah				3640
Luas Bangunan				7563
Total				11203

Berikut merupakan gambar tata letak pabrik formalin yang akan dibangun :

Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik Skala 1 : 1000



Keterangan

- | | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| 1. Perkantoran | 8. Unit | 13. Bengkel |
| 2. Taman | Pembangkit | 14. Laboratorium |
| 3. Aula | Listrik | 15. Mesjid |
| 4. Perpustakaan | 9. Unit Pemadam | 16. Area Parkir |
| 5. Poliklinik | Kebakaran | 17. Kantin |
| 6. Pos Keamanan | 10. Area Proses | 18. Mess Karyawan |
| 7. Ruang K3 | 11. Area Utilitas | 19. Area Perluasan |
| | 12. Ruang Kontrol | |

4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak alat proses adalah penataan letak alat – alat yang digunakan dalam proses pembuatan dari penyimpanan bahan baku hingga menjadi produk yang siap dipasarkan. Tata letak harus disusun sedemikian rupa agar proses produksi dapat berjalan lancar dan menghasilkan produk yang baik, penyusunan alat proses yang baik dapat meminimalisir kegagalan produksi dan produktifitas karyawan. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan pada perancangan tata letak alat proses sebagai berikut:

1. Aliran bahan baku

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan dibidang ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa diatas tanah, perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih. Sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa, sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Lalu lintas alat berat

Sebaiknya diperhatikan jarak antar alat dan lebar jalan agar seluruh alat proses dapat tercapai oleh pekerja dengan mudah agar jika terjadi gangguan atau kerusakan alat proses dapat segera diperbaiki tanpa memakan waktu dan tenaga yang besar. Selain itu, keselamatan pekerja selama bertugas harus diprioritaskan, karena keselamatan pekerja harus diutamakan serta kenyamanan dalam kerja akan meningkatkan semangat kerja dan produktivitas kerja.

3. Aliran Udara

Aliran udara dan arah hembusan angin di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan para pekerja.

4. Pencahayaan

Penerangan seluruh area pabrik harus memadai, pada tempat-tempat proses yang berbahaya, atau berisiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

5. Lalu lintas manusia dan kendaraan

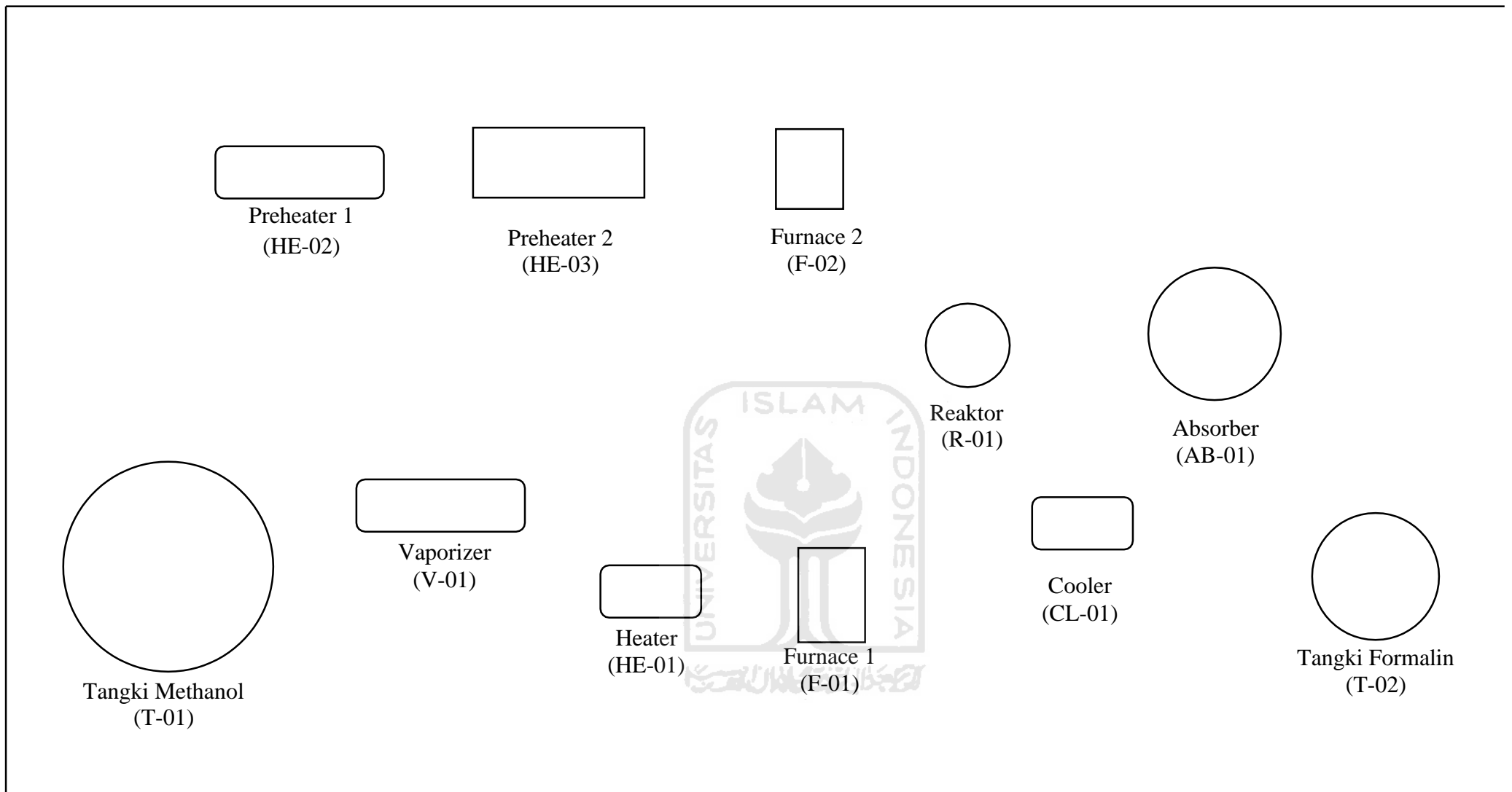
Lalu lintas manusia dan kendaraan juga perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah apabila terjadi gangguan pada alat proses sehingga dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga perlu diprioritaskan.

6. Pertimbangan ekonomi

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

7. Jarak antar alat proses

Alat proses yang mempunyai tekanan dan suhu operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain, sehingga apabila terjadi peledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya



Skala 1 : 200

Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

Kapasitas Produksi : 40.000 ton/tahun
 Operasi : 330 hari/tahun, 24 jam/hari
 Satuan Massa : Kg
 Basis Waktu : 1 Jam

Dari basis waktu yang digunakan dapat ditentukan kapasitas produksi perjama adalah 5050,505 Kg/jam.

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4. 2 Neraca Massa Total

Komponen	Arus Masuk			Arus Keluar	
	Arus 1	Arus 7	Arus 17	Arus 18	Arus 19
	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam
CH ₃ OH	3950,144			1169,248	707,071
O ₂		1185,043		197,507	
N ₂		4458,020		4458,020	
CH ₂ O				75,525	1868,687
H ₂ O	5,934		1419,170	61,335	2474,747
H ₂				6,172	
	3956,078	5643,063	1419,170	5967,806	5050,505
Total		11018		11018	

4.4.1.2 Neraca Massa Komponen

1. Neraca Massa di Vaporizer

Tabel 4. 3 Neraca Massa Vaporizer

Komponen	Massa Masuk		Massa Keluar			
	Arus 4		Arus 2		Arus 3	
	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam
CH ₃ OH	4937,680	154,303	3950,144	123,442	987,536	30,861
H ₂ O	7,418	0,412	5,934	0,330	1,484	0,082
	4945,098		3956,078		989,020	
Total	4945			4945		

2. Neraca Massa di Reaktor

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Arus Masuk				Arus Keluar	
	Arus 6		Arus 10		Arus 11	
	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam
CH ₃ OH	3950,144	123,442			1876,318	58,635
O ₂			1185,043	37,033	197,507	6,172
N ₂			3900,767	139,313	3900,767	139,313
CH ₂ O					1944,212	64,807
H ₂ O	5,934	0,330			1116,912	62,051
H ₂					6,172	3,086
	3956	124	5086	176	9041,889	334,064
Total	9042				9042	

3. Neraca Massa di Absorber

Tabel 4. 5 Neraca Massa Absorber

Komponen	Arus Masuk				Arus Keluar			
	Arus 16		Arus 17		Arus 18		Arus 19	
	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam
CH ₃ OH	1876	59			1169	37	707	22
O ₂	198	6			198	6		
N ₂	3901	139			3901	139		
CH ₂ O	1944	65			76	3	1869	62
H ₂ O	1117	62	1408	78	51	3	2475	137
H ₂	6	3			6	334		
	9042		1408		5400		5051	
Total	10450				10450			

4.4.2 Neraca Energi

Kapasitas Produksi	: 40.000 ton/tahun
Basis Waktu	: 1 Jam
T referensi	: 25 °C
Satuan	: kJ/jam

Dari perhitungan neraca massa, maka dapat diketahui kebutuhan pemanas dan pendingin yang digunakan.

1. Neraca Energi di Vaporizer

Tabel 4. 6 Neraca Energi Vaporizer

Neraca Energi Total di Vaporizer			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
Qp	5798362	H2	243037
H4	98461	H3	73053
		P. Laten	5337554
		P. Sensible 1	233098
		P. Sensible 2	2038
		P. Sensible 3	8043
Total	5896823		5896823

Dimana,

H2 = Energi gas keluar vaporizer

H3 = Energi cairan keluar vaporizer

H4 = Energi masuk vaporizer

2. Neraca Energi di Heater

Tabel 4. 7 Neraca Energi Heater

Neraca Energi Total di Heater			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H2	243037	H5	600504
Qp	719809	Panas Sensible	362342
Total	962845		962845

Dimana,

H2 = Energi masuk heater

H5 = Energi keluar heater

3. Neraca Energi di Preheater 1

Tabel 4. 8 Neraca Energi Preheater 1

Neraca Energi Total di Preheater 1			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H7	28815	H8	373113
Qp	688809	Panas Sensible	344510
Total	717623		717623

Dimana,

H7 = Energi masuk preheater 1

H8 = Energi keluar preheater 1

4. Neraca Energi di Preheater 2

Tabel 4. 9 Neraca Energi Preheater 2

Neraca Energi Total di Preheater 2			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H8	373113	H9	715510
Qp	686907	Panas Sensible	344510
Total	1060020		1060020

Dimana,

H8 = Energi masuk preheater 2

H9 = Energi keluar preheater 2

5. Neraca Energi di Furnace 1

Tabel 4. 10 Neraca Energi Furnace 1

Neraca Energi Total di Furnace 1			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H5	600504	H6	4190211
Qp	6741337	Panas Sensible	3151630
Total	7341841		7341841

Dimana,

H5 = Energi masuk furnace 1

H6 = Energi keluar furnace 1

6. Neraca Energi di Furnace 2

Tabel 4. 11 Neraca Energi Furnace 2

Neraca Energi Total di Furnace 2			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H9	715510	H10	3909039
Qp	6356809	Panas Sensible	3163280
Total	7072319		7072319

Dimana,

H9 = Energi masuk furnace 2

H10 = Energi keluar furnace 2

7. Neraca Energi di Reaktor

Tabel 4. 12 Neraca Energi Reaktor

Neraca Energi Total di Reaktor			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H6	4190211	H11	8471287
H10	3909039	Qpendingin	4550731
$\Delta H_{R1\ 973\ K}$	4922768		
Total	13022018		13022018

Dimana,

H6 = Energi masuk reaktor dari furnace 1

H10 = Energi masuk reaktor dari furnace 2

H11 = Energi keluar reaktor

8. Neraca Energi di Cooler

Tabel 4. 13 Neraca Energi Cooler

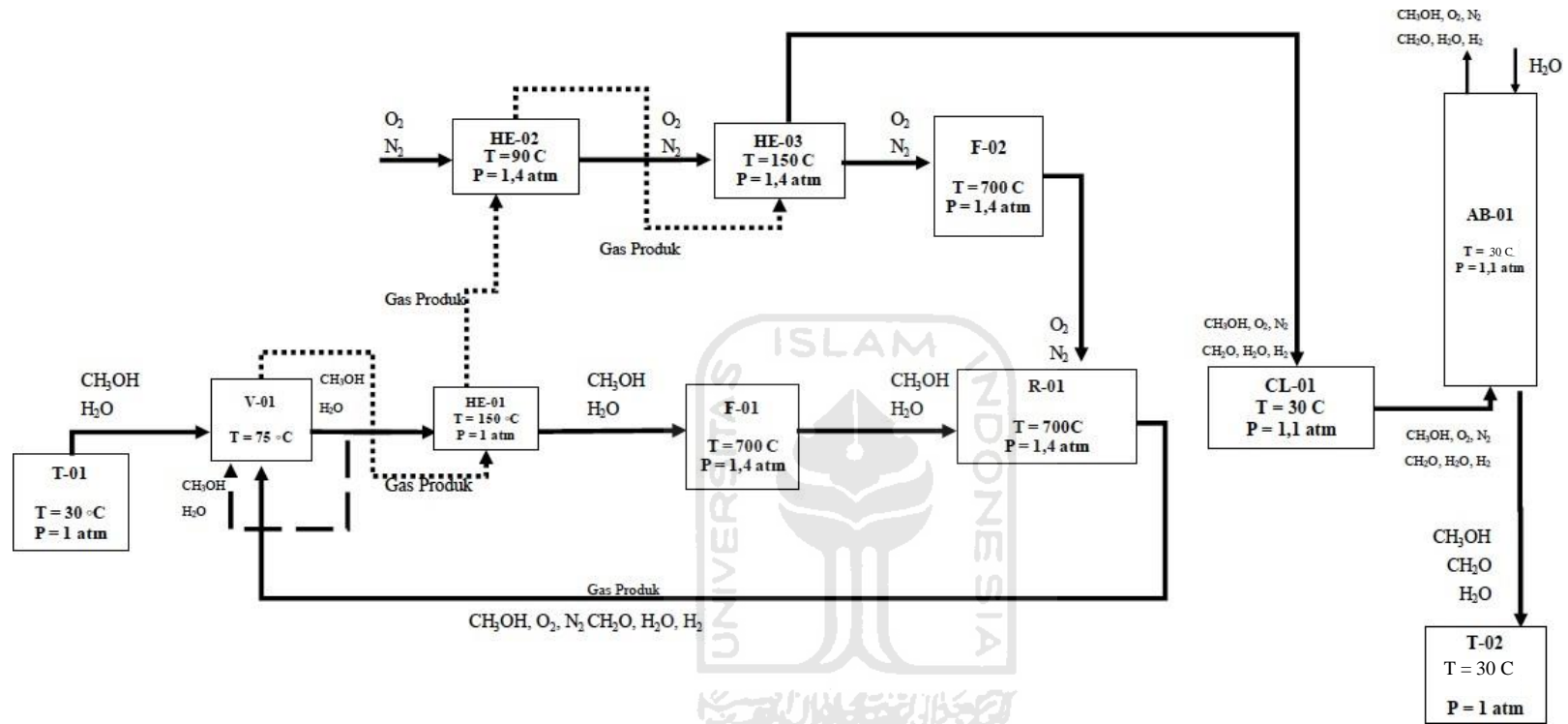
Neraca Energi Total di Cooler			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H15	577400	H16	23224
		Panas Sensible	553515
		Qpendingin	662
Total	577400		577400

Dimana,

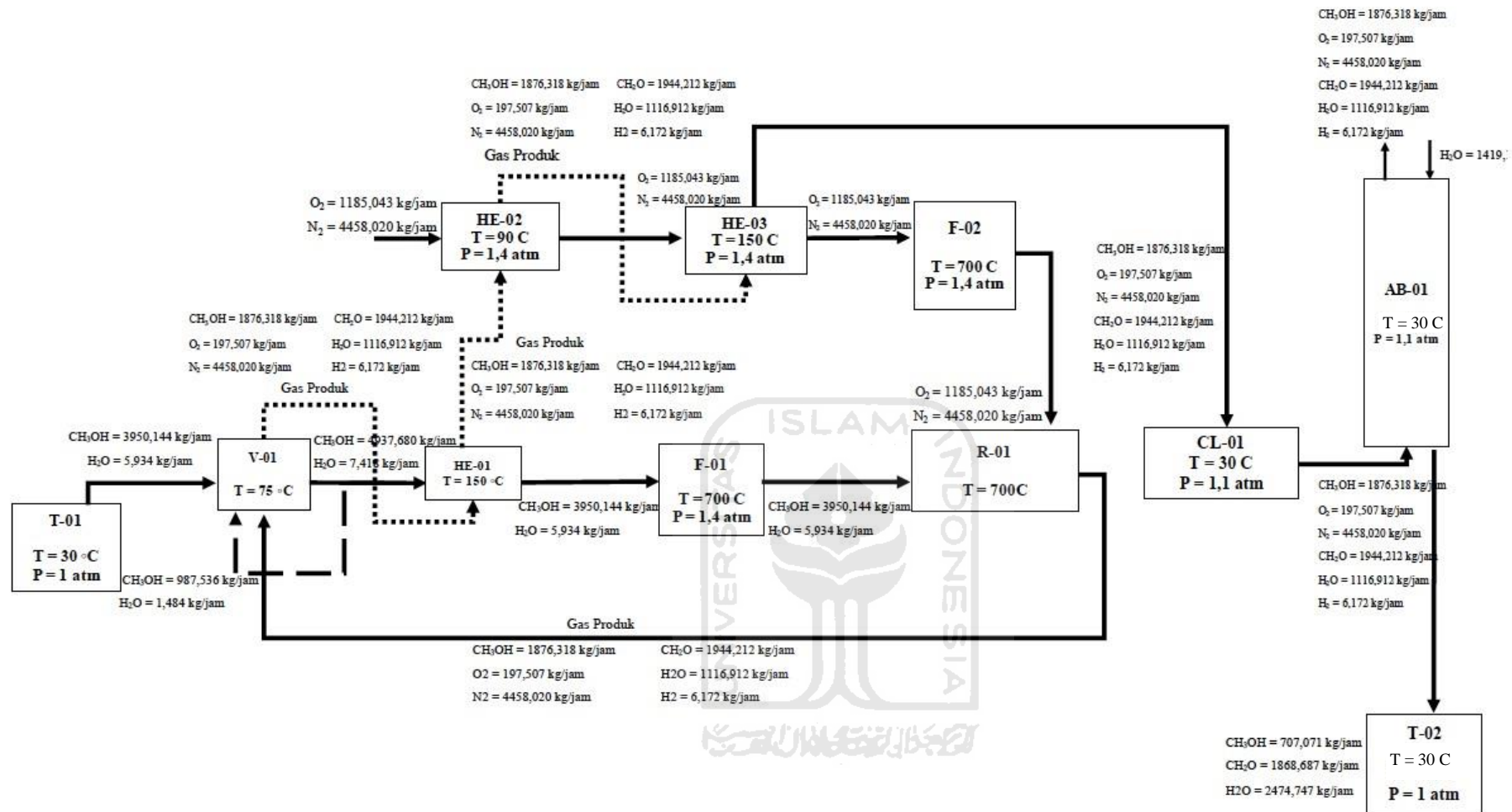
H15 = Energi masuk cooler

H16 = Energi keluar cooler





Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan memiliki fungsi untuk menjaga fasilitas, sarana dan semua peralatan pabrik yaitu dengan cara pemeliharaan serta perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas alat menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi sehingga spesifikasi produk sesuai dengan yang diharapkan.

Perawatan di dalam pabrik terbagi menjadi dua, berdasarkan dengan perbedaan waktu perawatan yaitu yang pertama Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Yang kedua yaitu perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada.

Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapatkan perawatan khusus secara bergantian. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin setiap alat meliputi :

1. *Over head* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* :

a. Umur alat

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

b. Bahan baku

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

c. Tenaga manusia

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

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit pendukung proses atau utilitas adalah unit yang bertugas menyediakan sarana penunjang untuk menjamin kelancaran proses produksi. Unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik formalin ini diantaranya :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air bersih sebagai air pendingin, air servis, air domestik dan air proses.

2. Unit Pengadaan Pendingin *Dowtherm A*

Unit ini berfungsi untuk menyediakan pendingin pada alat reaktor *fixed bed multitube*.

3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant System*)

Unit ini berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik untuk tenaga penggerak peralatan proses dan untuk penerangan. Listrik disuplai dari PLN dan sebagai cadangan digunakan generator.

4. Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini menyediakan bahan bakar untuk generator dan furnace.

5. Unit pengadaan udara tekan (*Power Air System*)

Unit berfungsi untuk menyediakan udara instrumen sebagai penggerak alat-alat instrumen.

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

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan kebutuhan penunjang yang penting dalam berdirinya suatu pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik, pada umumnya menggunakan air laut, air danau, air sungai maupun air sumur sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik formalin ini, sumber yang digunakan berasal dari air laut. Berikut pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber air :

1. Lokasi pendirian pabrik terletak tidak jauh dari laut sehingga dapat memudahkan dalam pengangkutan dan penggunaan air sebagai kebutuhan pabrik. Dengan begitu dapat meminimalisir anggaran transportasi.
2. Ketersediaan air laut sangat berlimpah dibanding air sumur, maupun air sungai sehingga dipilih air laut sebagai bahan penyediaan air dalam utilitas pabrik, dengan harapan dapat meminimalisir kendala akan kekurangan air.

Air dalam unit utilitas ini dapat berfungsi sebagai berikut :

1. Air Proses

Air ini digunakan dalam proses pembuatan produk secara langsung. Syarat agar air dapat digunakan adalah cukup murni, bebas dari segala pengotor, mineral dan oksigen. Dalam proses pembuatan formalin, air digunakan dalam proses pada alat absorber.

2. Air Pendingin

Faktor – faktor air digunakan sebagai media pendingin :

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

3. Air Domestik atau Air Sanitasi

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

- a. Syarat fisika, meliputi :

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

- b. Syarat kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.

- Tidak mengandung bakteri.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Air pada pabrik yang didirikan sumbernya berasal dari laut. Karena air laut maka untuk menghindari kerak yang terjadi pada alat penukar panas, maka perlu adanya pengolahan air laut secara fisik dan kimia, maupun dengan penambahan desinfektan. Pengolahan secara fisik adalah dengan *filter* sedangkan secara kimia dengan penambahan *chlorine*.

Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari daerah terbuka *water intake system* yang terdiri dari *filter* dan pompa. *Filter* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *filter* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air. Pada *discharge* pompa diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm. Jumlah ini memenuhi untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya pada proses perkembangannya.

Desalinasi

Air laut adalah air murni yang di dalamnya larut berbagai zat padat dan gas. Zat terlarut meliputi garam organik, gas terlarut dan garam-garam anorganik yang berwujud ion-ion. Banyaknya kandungan garam pada air laut mengharuskan adanya proses desalinasi. Desalinasi adalah proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut untuk mendapatkan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam desalinasi adalah *reverse osmosis* yang telah banyak digunakan diberbagai industri, metode ini menggunakan *membrane semi permeable* yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa *retentate* atau disebut konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membrane) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membrane) proses pemisahan pada membrane merupakan perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air proses.

Untuk keperluan air proses, tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut, yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut. Garam terlarut didalam air berikatan dalam bentuk ion positif (*cation*) dan negatif

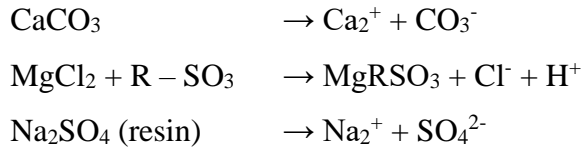
(*anion*). Ion-ion tersebut dihilangkan dengan cara pertukaran ion di alat penukar ion (*ion exchanger*). Mula-mula air bersih (*filtered water*) dialirkan ke *cation exchanger* yang diisi resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion H^+ . Selanjutnya air mengalir ke *anion exchanger* dimana anion dalam air bertukaran dengan ion OH^- dari resin anion. Air keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tangki penyimpanan (*demin water storage*).

Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat *cation/anion* secara optimal, untuk itu perlu dilakukan penyegaran/ pengaktifan kembali secara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin *cation* diregenerasi menggunakan larutan H_2SO_4 , sedangkan resin anion menggunakan larutan $NaOH$. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air adalah sebagai berikut :

a. *Cation Exchanger*

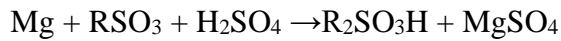
Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung didalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung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

Reaksi :



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

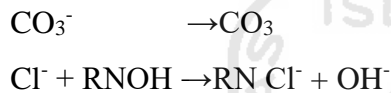
Reaksi :



b. *Anion Exchanger*

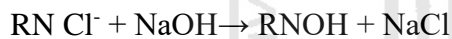
Anion Exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negative (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi :



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

Reaksi:



c. Pendinginan dan Menara Pendingin

Air yang telah digunakan dalam cooler, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan dalam *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendinginan pabrik.

4.6.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air proses

Kebutuhan air proses terdapat pada alat Absorber (AB-01) sebanyak 1419,17 kg/jam. Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air proses sebesar 1703,004 kg/jam.

2. Kebutuhan air pendingin

Kebutuhan air pendingin terdapat pada alt Cooler (HE-04) sebanyak 11 kg/jam. Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin sebesar 14 kg/jam.

3. Air untuk keperluan perkantoran dan rumah tangga

Penyediaan keperluan air domestik meliputi :

- Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100 – 120 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 L/hari
= 4 kg/jam

Jumlah karyawan = 150 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 641 kg/jam

- Kebutuhan air untuk Mess

Jumlah mess = 20 rumah

Jumlah penghuni tiap mess = 40 orang

Kebutuhan air tiap penghuni = 100 kg/hari

Kebutuhan air untuk mess = 80.000 kg/hari = 3.333 kg/jam

Kebutuhan total air domestik = (641 + 3.333) kg/jam

= 3.974 kg/jam

- Kebutuhan *service water*

Kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) meliputi :

Bengkel = 200 kg/hari

Poliklinik = 400 kg/hari

Laboratorium = 400 kg/hari

Pemadam kebakaran = 5.000 kg/hari

Kantin, mushola dan taman = 8.000 kg/hari

Total kebutuhan air untuk *service water* = 14.000 kg/hari

= 583 kg/jam

Over design 20% = 1,2 x 583 kg/jam

= 700 kg/jam

Tabel 4. 14 Total Kebutuhan Air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	3974
2	<i>Service Water</i>	700
3	<i>Cooling Water</i>	14
4	<i>Air Proses</i>	1703
	Total	6391

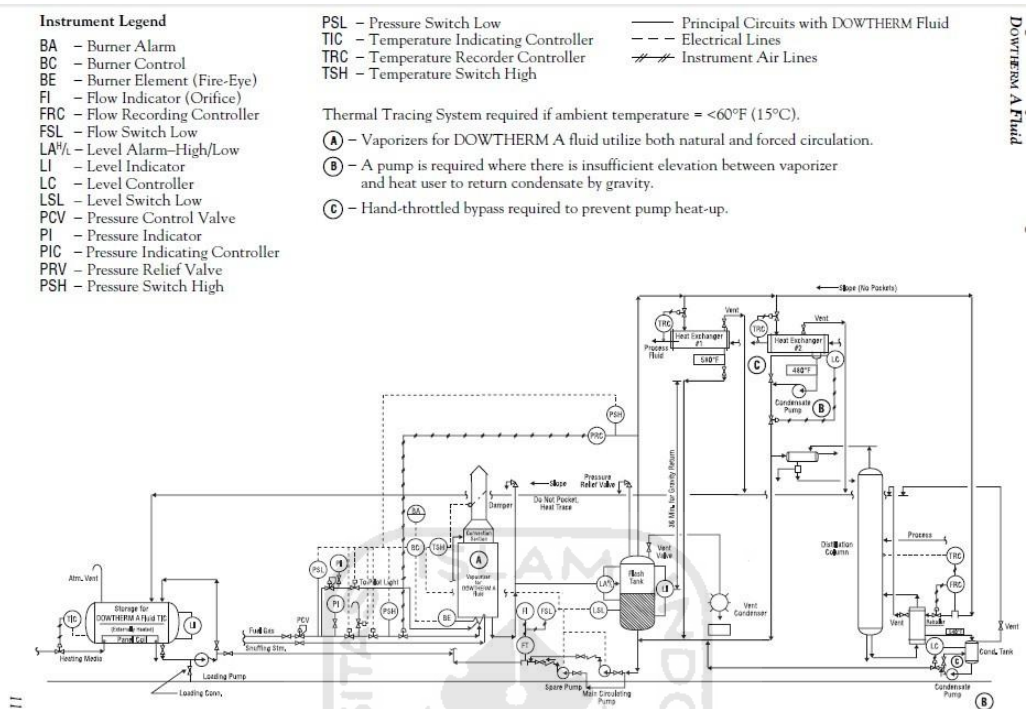
4.6.2 Unit Pengadaan Pendingin *Dowtherm A*

Dowtherm A digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses yang digunakan (Reaktor). Kondisi operasi proses dilakukan dalam fase gas serta beroperasi pada suhu 700°C dan pada tekanan 1,4 atm. Jika menggunakan air sebagai pendingin akan banyak air yang akan teruapkan. Maka, dicari bahan pendingin yang sifat fisik dan kimianya lebih ringan dan dapat bertahan pada suhu tinggi dan tekanan tinggi, oleh karena itu dipilih *dowtherm A* sebagai pendingin yang terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter.

Dowtherm A adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60°F sampai 750°F (15 – 400)°C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 152,2 psig (10,6 bar). Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan. Fluida ini *non-corrosive* untuk logam biasa dan paduan.

(msdssearch.dow.com)

Kebutuhan pendingin *Dowtherm A* untuk *reactor fixed bed multitube* sebesar 6.500 kg/jam. Proses pengadaan pendingin *Dowtherm A* terdapat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Proses pengadaan pendingin Dowtherm A

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator disel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power – power yang dinilai penting antara lain, blower, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas : 279,0926 kW

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

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. Pada operasi sehari-hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi

apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

Tabel 4. 15 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Cooling Tower	CT-01	1/20	37,2850
Udara Tekan	UT-01	7 1/2	5592,7500
Pompa	P-01	1/6	124,2336
	P-02	1/6	124,2336
	P-03	1/6	124,2336
	P-04	1/6	124,2336
	P-05	1/4	186,4250
	P-06	1/20	37,2850
	P-07	1/20	37,2850
	P-08	1/20	37,2850
	P-09	1/12	62,1417
	P-10	1/12	62,1417
	P-11	1/12	62,1417
Total		8,8664	6611,6745

Kebutuhan Listrik untuk menggerakkan alat control, kantor dan penerangan sebagai berikut :

- Untuk alat kontrol (25% kebutuhan penggerak motor) = 3,4240 kW
- Untuk penerangan (15% kebutuhan penggerak motor) = 2,0544 kW
- Untuk peralatan kantor (15% kebutuhan penggerak motor) = 2,0544 kW
- Lain-lain (15% kebutuhan penggerak motor) = 2,0544 kW

Kebutuhan Listrik Perumahan

- Tiap rumah membutuhkan sekitar = 1.000 Watt
- Jumlah rumah = 20 unit
- Kebutuhan listrik perumahan = 20.000 Watt = 20 kW

Tabel 4. 16 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	7,0842
	b. Utilitas	6,6117
2	a. Alat kontrol	3,4240
	b. Listrik Penerangan	2,0544
	c. Peralatan kantor	2,0544
	d. Perlatan bengkel & Lab	2,0544
3	Listrik Perumahan	20,0000
Total		43,2829

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control* dan *pneumatic system*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebanyak 62 m³/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada furnace dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar furnace menggunakan LNG sebanyak 263 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 2,796 L/jam

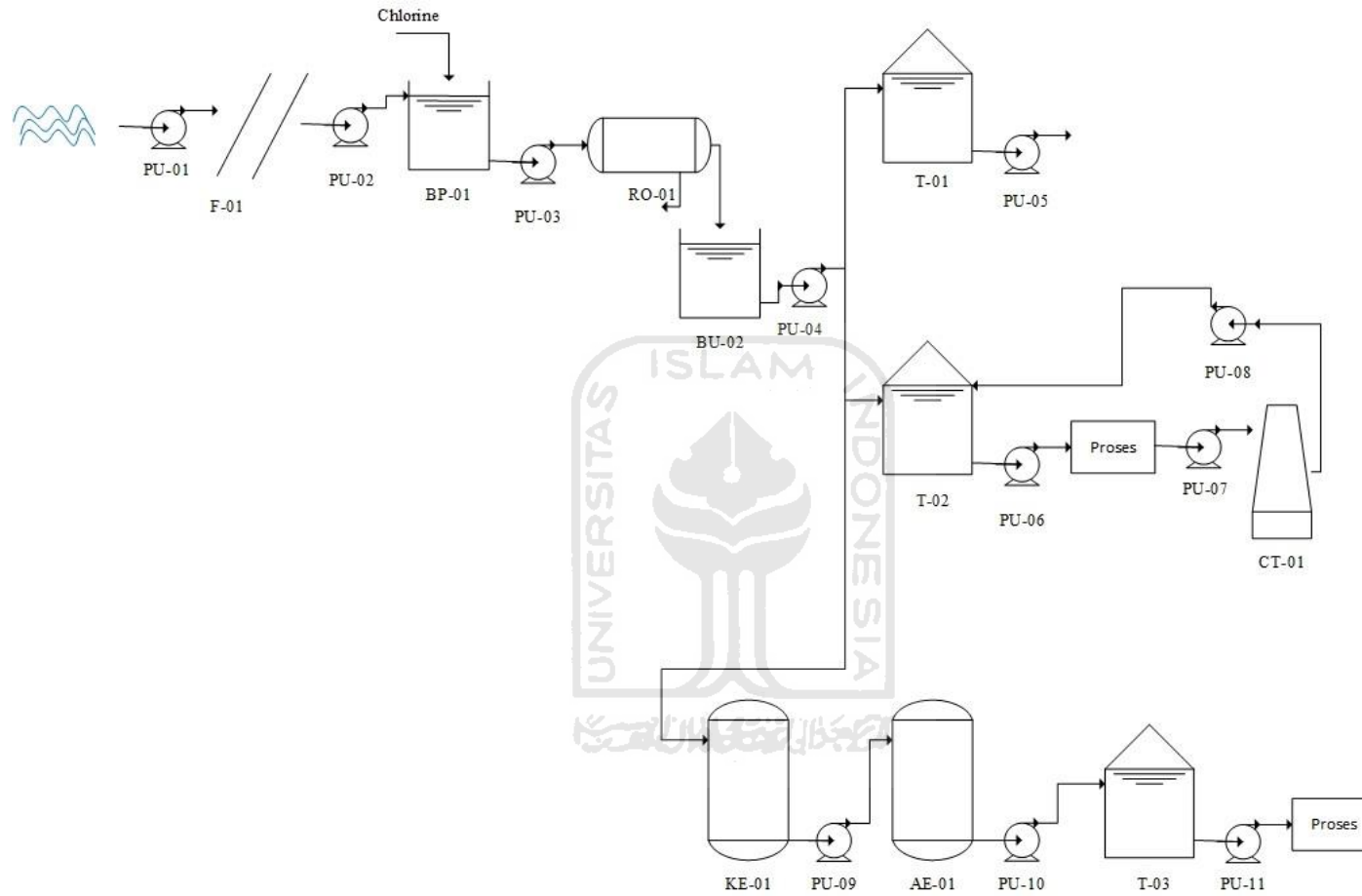
4.6.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah gas. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut harus dipastikan memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah gas ini berasal dari alat absorber dan furnace, pada alat absorber suhu gas buang sebesar 30°C , sedangkan pada alat furnace suhu gas buang sebesar 700°C sehingga perlu dilakukan peninjauan berapa suhu gas buang yang akan tercampur dengan udara (angin) di lokasi pabrik didirikan.

Di kota Bontang, kecepatan anginnya adalah 10 km/jam dengan asumsi luas penampang bidang aliran angin 64 m². Sehingga laju alir massa udara (angin) dapat dihitung dengan mengalikan densitas anging, luas penampang, dan kecepatan angin. Digunakan rumus $Q_1 + Q_2 = Q_3$, dimana Q_1 adalah data gas

buang, Q2 adalah data angin, dan Q3 adalah data campuran gas buang dan angin, dari perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai T3 atau suhu campuran gas buang dan angin adalah 33°C, sehingga gas buang dari furnace dapat dengan aman dilepas ke atmosfer.





Gambar 4. 6 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

- F-01 : Filter
- BP-01 : Bak penggumpal (koagulasi dan flokulasi)
- RO-01 : Reverse osmosis
- BU-02 : Bak pengendap
- T-01 : Tangki penyimpanan air domestik dan air servis
- T-02 : Tangki penyimpanan air pendingin
- CT-01 : *Cooling tower*
- KE-01 : Kation Exchanger
- AE-01 : Anion Exchanger
- T-03 : Tangki penyimpanan air proses

4.7 Organisasi Perusahaan

Secara umum perusahaan adalah suatu organisasi dimana sumber daya (input), seperti bahan baku yang diproses untuk menghasilkan barang dan jasa (output) bagi pelanggan. Tujuan dari sebuah perusahaan secara umum adalah untuk mendapatkan laba atau keuntungan dan bias menyejahterakab masyarakat. Untuk mencapai hasil yang maksimal maka harus mempunyai sebuah struktur organisasi dan manajemen yang bisa menerangkan hubungan kerja antar bagian yang satu dengan yang lainnya dan juga mengatur hak dan kewajiban masing-masing bagian.

Tujuan dibuatnya struktur organisasi dan manajemen adalah untuk memperjelas dan mempertegas kedudukan suatu bagian dalam menjalankan tugas sehingga akan mempermudah untuk mencapai tujuan dari perusahaa yang telah ditetapkan.

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Formalin adalah perseroan terbatas (PT). Hal ini dikarenakan modal yang dibutuhkan besar dan dalam UU 40/2007 minimum modal dasar PT yaitu Rp 50.000.000 (lima puluh juta rupiah). PT merupakan suatu badan hukum usaha yang didirikan oleh beberapa orang, dimana badan hukum ini memiliki

kekayaan, hak dan kewajiban sendiri, yang terpisah dari pendiri (pemegang saham), maupun pengurusnya (Dewan Komisaris dan Dewan Direksi).

Bentuk perusahaan besar, sebagian besar menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa faktor yang mendukung antara lain :

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
2. Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
4. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

4.7.2 Struktur Organisasi

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

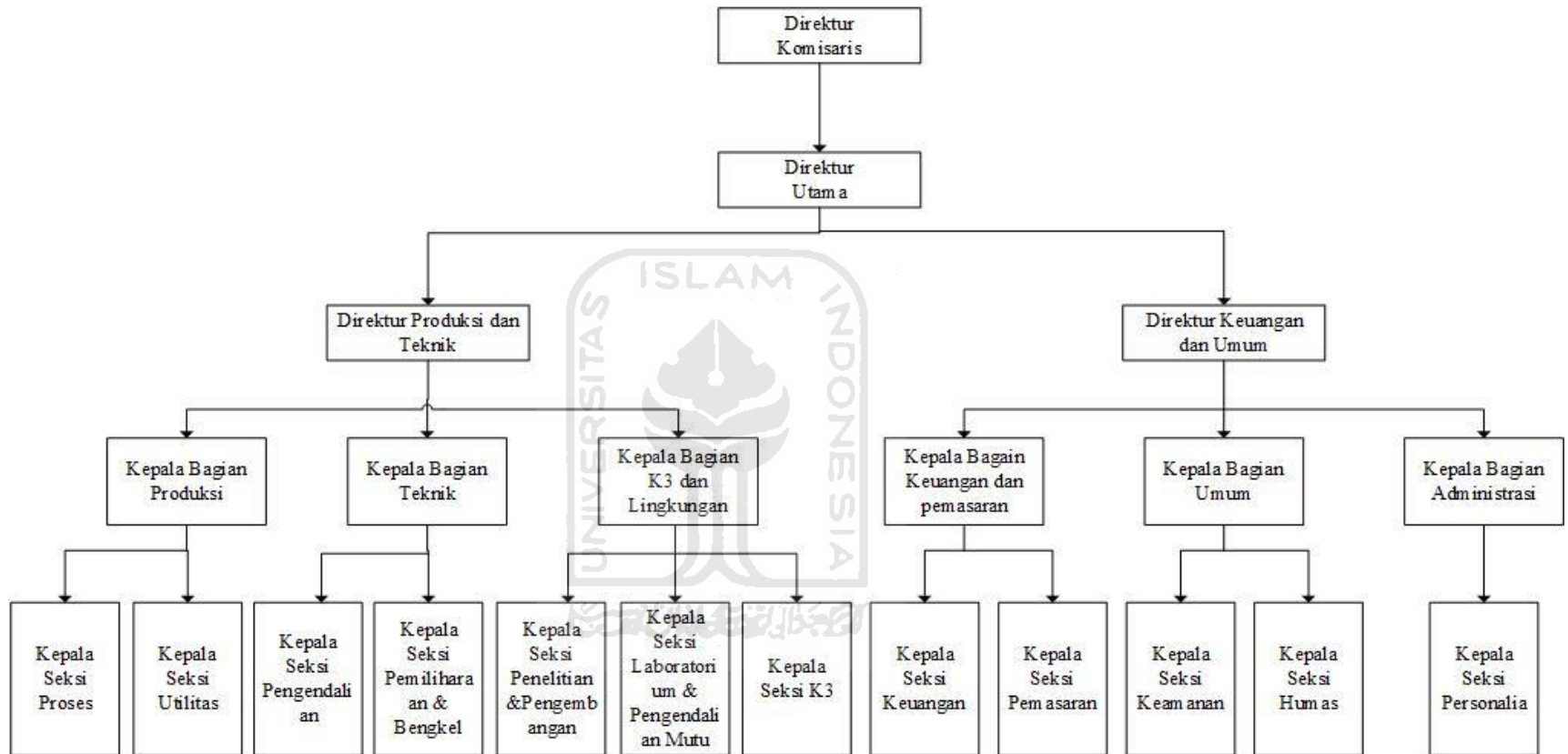
- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| a. Pemegang saham | e. Kepala Bagian |
| b. Direktur Komisaris | f. Kepala Seksi |
| c. Direktur Utama | g. Karyawan dan Operator |
| d. Direktur | |

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 dan Direktur Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, teknik, serta K3 dan lingkungan. Direktur Keuangan dan Umum membawahi bidang keuangan dan pemasaran, umum, dan administrasi.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa kepala seksi (supervisor) dan masing-masing kepala seksi akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf 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. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Menjelaskan wewenang pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang
- b. Sebagai bahan orientasi pejabat.
- c. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- d. Penyusunan program pengembangan manajemen.
- e. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.
- f. Secara keseluruhan struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 7 Struktur Organisasi Perusahaan

4.7.3 Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang Saham

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

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

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

4.7.3.2 Dewan Komisaris

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

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

4.7.3.3 Direktur Utama

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

Direktur utama membawahi :

- a. Direktur Teknik dan Produksi

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

b. **Direktur Keuangan dan Umum**

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

4.7.3.4 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 :

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

4.7.3.5 Kepala Bagian

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

1. **Kepala Bagian Produksi**

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

2. Kepala Bagian Teknik

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

3. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

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

4. Kepala Bagian Administrasi

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

5. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan.

6. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan dan pengawasan mutu.

4.7.3.6 Kepala Seksi

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

1. Kepala Seksi Proses

Tugas : Mempimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

2. Kepala Seksi Pengendalian

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

3. Kepala Seksi Utilitas
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel
Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.
5. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
6. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
7. Kepala Seksi Keuangan
Tugas : Bertanggung jawab pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
8. Kepala Seksi Pemasaran
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
9. Kepala Seksi Personalia
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan bertanggung jawab kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.
10. Kepala Seksi Humas
Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah dan masyarakat.
11. Kepala Seksi Keamanan
Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
12. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.7.4 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor-faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antar karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktifitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan itu dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah system pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan ditingkatkan.

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

- 1. Karyawan Tetap**

Karyawan tetap adalah 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 adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

- 3. Karyawan Borongan**

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, system upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

4.7.5 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik Formalin ini direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari. Sisa hari – hari lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan alat – alat dan fasilitas di dalam pabrik. Catatan hari kerja dan libur karyawan :

- a. Catatan 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.
- b. Hari Libur Nasional Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai hari lembur (*overtime*)
- c. Kerja lembur (*Overtime*) Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan shift dan non shift.

a. Karyawan Non Shift

Karyawan non shift merupakan para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah Direktur, Manajer, Kepala bagian, serta staff yang berada di kantor. Karyawan non shift berlaku 6 hari kerja dalam seminggu, libur pada hari minggu dan hari libur nasional. Total jam kerja dalam seminggu adalah 45 jam. Dengan perurutan sebagai berikut:

- Senin – Jumat : Jam 08.00 – 16.00 WITA
- Sabtu : Jam 08.00 – 12.00 WITA
- Waktu istirahat setiap jam kerja : Jam 12.00 – 13.00 WITA
- Waktu Istirahat hari Jumat : Jam 12.00 – 13.30 WITA

b. 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. Bagi karyawan shift, setiap 3 hari kerja mendapatkan libur 1 hari dan masuk shift secara bergantian waktunya. Kelompok kerja shift ini dibagi menjadi 3 shift sehari masing – masing berkerja selama 8 jam, sehingga harus dibentuk 4 kelompok, dimana setiap hari 3 kelompok berkerja, sedangkan 1 kelompok libur. Aturan jam kerja karyawan shift:

- Shift 1 : Jam 07.00 – 15.00 WITA
- Shift 2 : Jam 15.00 – 23.00 WITA
- Shift 3 : Jam 23.00 – 07.00 WITA
- Shift 4 : Libur

Tabel 4. 17 Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift

Hari & Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Siang	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Malam	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Libur	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV

Hari & Shift	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Siang	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Malam	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Libur	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III

Hari & Shift	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Siang	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Malam	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Libur	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II

Jam kerja diambil 45 jam per minggu, kelebihan jam kerja dihitung lembur.

4.7.6 Perincian Jumlah Karyawan

Banyaknya karyawan harus disesuaikan secara tepat agar semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Kebutuhan Operator per Alat Proses

No	Alat	Jumlah	Jumlah	Jumlah
		(Unit)	(operator/unit/shift)	(operator/shift)
Proses (Sumber : Aries & Newton tabel 35 pg 162 ; Ulrich tabel 6-2 pg 329)				
1	Tangki	2	0,1	0,2
2	HE	4	0,1	0,4
3	Vaporizer	1	0,05	0,05
4	Furnace	2	0,5	1
5	Reaktor continous	1	0,5	0,5
6	Absorber	1	0,25	0,25
7	Pompa	4	0,2	0,8
8	Blower	15	0,2	3
Utilitas (Sumber : Ulrich tabel 6-2 pg 329)				
1	Screening	1	0,05	0,05
2	RO	1	2	2
3	Cooling Tower	1	1	1
4	Electrical	1	3	3
5	Pompa	22	0,2	4,4
Total				16,65

Jumlah operator untuk peralatan proses = 17 operator/shift × 4 shift = 68 Orang

4.7.7 Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang diberikan kepada setiap karyawan direncanakan diatur menurut tingkatan pendidikan terakhir, status pekerjaan dan

tingkat/golongan. Upah minimum yang diberikan kepada pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah setempat atau sering disebut dengan upah minimum regional dan pelaksanaannya sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang di sandang seorang karyawan menentukan besarnya upah yang diterima karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi karyawan.

4.7.8 Sistem Gaji Karyawan

Penggajian karyawan didasarkan kepada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keahlian dan resiko kerja. Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat dengan cara menghitung jumlah karyawan proses berdasarkan jumlah peralatan dan jumlah karyawan proses per unit per regu, dan rincian karyawan yang lain ditentukan, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif. Sedangkan sistem gaji pegawai dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

- 1. Gaji bulanan**

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

- 2. Gaji harian**

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

- 3. Gaji lembur**

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4. 19 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1	Direktur Utama	1	45.000.000	45.000.000	540.000.000
2	Direktur Produksi & Teknik	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
3	Direktur Keuangan & Umum	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
4	Staff Ahli	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000
7	Ka. Bag. Administrasi	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan & Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
9	Ka. Bag. Umum	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
10	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
11	Ka. Sek. Proses	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
12	Ka. Sek. Pengendalian	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
13	Ka. Sek. Laboratorium	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
14	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
15	Ka. Sek. Utilitas	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
16	Ka. Sek. Pembelian	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000

17	Ka. Sek. Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
18	Ka. Sek. Administrasi	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
19	Ka. Sek. Kas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
20	Ka. Sek. Personalia	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
21	Ka. Sek. Humas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
22	Ka. Sek. Keamanan	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
23	Ka. Sek. K3	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
24	Ka. Sek. Litbang	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
25	Karyawan Proses	6	10.000.000	60.000.000	720.000.000
26	Karyawan Pengendalian	3	10.000.000	30.000.000	360.000.000
27	Karyawan Laboratorium	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000
28	Karyawan Pemeliharaan	3	9.000.000	27.000.000	324.000.000
30	Karyawan Utilitas	5	9.000.000	45.000.000	540.000.000
31	Karyawan Pembelian	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
32	Karyawan Pemasaran	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
33	Karyawan Administrasi	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
34	Karyawan Kas	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
35	Karyawan Personalia	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
36	Karyawan Humas	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
37	Karyawan Keamanan	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000

38	Karyawan K3	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000
39	Karyawan Litbang	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000
40	Operator	2	6.000.000	12.000.000	144.000.000
41	Supir	3	3.600.000	10.800.000	129.600.000
42	Librarian	1	3.750.000	3.750.000	45.000.000
43	<i>Cleaning service</i>	5	3.600.000	18.000.000	216.000.000
44	Dokter	2	10.000.000	20.000.000	240.000.000
45	Perawat	4	5.000.000	20.000.000	240.000.000
Total (Rupiah)					12.942.600.000

4.7.9 Fasilitas Karyawan

Tersedianya fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan prosuktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas di dalam perusahaan bertujuan untuk meningkatkan kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari – harinya dan kegiatan yang ada di dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan. Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah:

1. Tunjangan

- Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun
- Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pengobatan

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

4. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain :

- Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- Sarana peribadatan seperti masjid.
- Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti safety helmet, safety shoes dan safety glasses, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti masker, ear plug, sarung tangan tahan api.
- Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Analisis ekonomi perlu dilakukan dalam perancangan pabrik untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menghasilkan keuntungan. Dengan mempertimbangkan kelayakan investasi modal ditinjau dari kebutuhan modal investasi, lamanya modal investasi dapat dikembalikan

dan terjadinya titik seimbang dimana keuntungan yang diperoleh nilainya sama dengan total biaya produksi dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Evaluasi ekonomi ini terdiri dari beberapa faktor diantaranya, yaitu :

1. *Return on Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Shut Down Point* (SDP)
5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Untuk menghitung faktor-faktor yang disebutkan diatas memerlukan penaksiran terhadap beberapa hal, yaitu :

1. Penentuan modal industri (Total Capital Investment), meliputi :
 - a. *Fixed Capital Investment* (FCI)
 - b. *Working Capital Investment* (WCI)
2. Penentuan biaya produksi total (Total Production Cost), meliputi :
 - a. *Manufacturing Cost*
 - b. *General Expenses*
3. Pendapatan modal

Sebelum memperkirakan BEP, ada beberapa hal yang harus diperkirakan terlebih dahulu, yaitu :

- a. *Fixed Cost*
- b. *Variable Cost*
- c. *Regulated Cost*

4.8.1 Penaksiran Harga Alat

Kondisi ekonomi yang terjadi saat pembelian alat mempengaruhi harga peralatan tersebut. Hal ini berarti harga peralatan tidak selalu sama setiap

tahunnya, harga-harga alat dapat mengalami penurunan maupun kenaikan bergantung pada kondisi ekonomi saat akan membeli alat. Untuk dapat mengetahui perkiraan harga alat pada tahun tertentu, dapat dicari dengan terlebih dahulu melihat harga indeks peralatan pada tahun tersebut.

Analisis ekonomi dihitung pada tahun saat melakukan analisis yaitu pada tahun 2020. Untuk dapat mengetahui harga pada tahun 2020, perlu mencari nilai indeks terlebih dahulu dengan persamaan regresi linier yang mengambil data indeks dari tahun 1990 sampai tahun 2018.

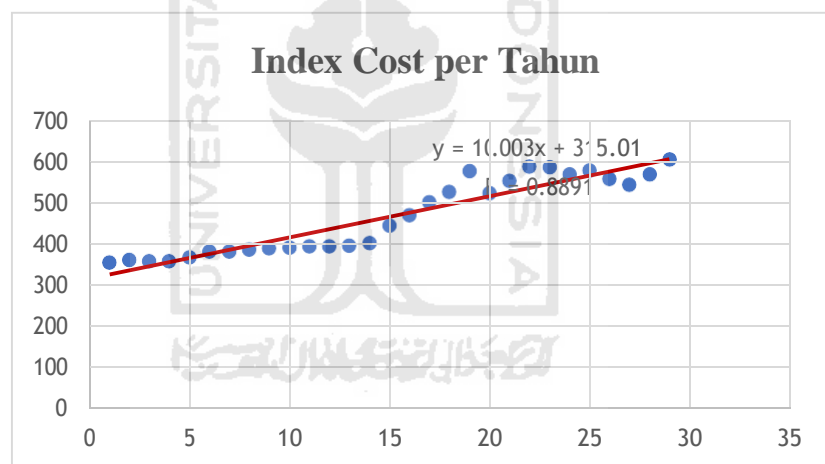
Tabel 4. 20 Indeks Harga Alat

No	Tahun (X)	indeks (Y)
1	1990	356
2	1991	361,3
3	1992	358,2
4	1993	359,2
5	1994	368,1
6	1995	381,1
7	1996	381,7
8	1997	386,5
9	1998	389,5
10	1999	390,6
11	2000	394,1
12	2001	394,3
13	2002	395,6
14	2003	402
15	2004	444,2
16	2005	468,2
17	2006	499,6
18	2007	525,4
19	2008	575,4
20	2009	521,9
21	2010	550,8
22	2011	585,7

23	2012	584,6
24	2013	567,3
25	2014	576,1
26	2015	556,8
27	2016	541,7
28	2017	567,5
29	2018	603,1

(Sumber : *Chemical Engineering Progress*, 2017)

Dari data yang ada di atas, dibuat persamaan regresi linier yang nilainya adalah $y = 10,0030x + 315,01$. Pabrik Formalin 37% akan didirikan pada tahun 2025 dengan kapasitas 40.000 ton/tahun, berikut grafik linierisasi indeks harga :



Gambar 4. 8 Grafik Index Harga

Data dari grafik diatas menunjukkan persamaan regresi linier yaitu $y = 10,0030x + 315,01$. Pabrik Formalin direncanakan akan didirikan pada tahun 2025 dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Indeks pada tahun 2025 dapat diperoleh dari persamaan regresi linier yang nilainya sebesar 675,12. Untuk harga alat dihitung dengan referensi Aries & Newton (1955) dan Ulrich (1990). Harga dihitung pada tahun evaluasi (2020) dengan persamaan :

$$I_n = I_e \frac{I_n}{I_e}$$

Keterangan :

- Ex : Harga pembelian pada tahun 2020
Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (1955 dan 1990)
Nx : Indeks harga pada tahun 2020
Ny : Indeks harga pada tahun referensi (1955 dan 1990)

4.8.2 Analisis Kelayakan

Untuk mendirikan sebuah pabrik terlebih dahulu dilakukan analisis kelayakan supaya dapat mengetahui saat pabrik itu didirikan akan mendapatkan keuntungan yang besar atau tidak. Perhitungan-perhitungan yang dapat digunakan untuk menganalisis kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

a. Dasar Perhitungan

- Kapasitas produksi = 40.000 Ton/Tahun
- Satu tahun beroperasi = 330 Hari
- Tahun pendirian pabrik = 2025
- Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp. 14.677 (11/09/2020)

b. Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital investment adalah total dari pengeluaran yang diperlukan untuk membangun dan mengoperasikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Capital investment mencakup beberapa hal, yaitu :

- *Fixed Capital Investment*

Biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik.

- *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan sebagai modal supaya proses dapat berjalan sesuai dengan target di waktu tertentu.

2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah total keseluruhan dari *Direct*, *Indirect*, dan *Fixed Manufacturing Cost* yang berkaitan dengan

pembuatan produk. Menurut Aries and Newton, 1955 *Manufacturing Cost* terdapat beberapa hal, yaitu :

- *Direct Cost*, merupakan pengeluaran yang langsung terkait dengan pembuatan produk.
- *Indirect Cost*, merupakan pengeluaran yang dilakukan secara tidak langsung ditinjau dari operasi pabrik.
- *Fixed Cost*, merupakan biaya tertentu yang tetap dikeluarkan saat pabrik beroperasi ataupun tidak, serta tidak bergantung pada waktu.

a. *General Expenses*

General Expenses adalah pengeluaran umum yang termasuk dalam operasi perusahaan.

b. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment merupakan suatu tingkatan keuntungan yang bisa didapatkan dari hasil investasi yang dikeluarkan.

Persamaan menghitung ROI:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Net Income}}{\text{Investment}} \times 100\%$$

3. *Pay Out Time (POT)*

- a. Jumlah tahun yang dibutuhkan untuk mengembalikan capital investment dengan profit yang belum dikurangi dengan depresiasi.
- b. Waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap yang tertanamkan atas dasar penjumlahan antara keuntungan per tahun dan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal dari hasil keuntungan. Tujuan dari perhitungan ini untuk mengetahui berapa lama dana investasi akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\text{Investment}}{\text{Net Income}} \times 100\%$$

4. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point merupakan titik seimbang produksi dimana menunjukkan jumlah biaya dan penghasilan memiliki nilai yang sama.

Titik ini menyatakan kondisi pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Pabrik akan mengalami keuntungan jika pabrik beroperasi diatas titik seimbang (BEP), begitu juga sebaliknya pabrik akan mengalami kerugian apabila pabrik beroperasi dibawah BEP.

$$B! = \frac{21 + 0,3 (1}{E1 - G1 - 0,7(1} " 100\%$$

Keterangan :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost

Ra : Annual Regulated Expenses

Va : Annual Variable Value

Sa : Annual Sales Value

5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik penentuan suatu operasi pabrik atau aktivitas produksi dihentikan. Hal ini dapat terjadi jika nilai *variable cost* yang tinggi atau faktor lain seperti sistem manajemen yang buruk sehingga tidak dapat menghasilkan suatu profit.

$$E@ = \frac{0,3 (1}{E1 - G1 - 0,7 (1} " 100\%$$

6. Discounted Cash Flow Rate of Return (DSCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah nilai perkiraan profit yang dihasilkan dalam setiap tahun, berdasar dari investasi yang tidak kembali selama umur pabrik. DSCFR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$(25 + J5)(1+3)^L = 5 \sum_{RSNT}^{MNO PQ} (1+3)^L + J5 + EG$$

Keterangan :

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow (Profit after taxes + Depresiasi + finance)*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DSCFR

4.8.3 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Formalin memerlukan rencana *Physical Plant Cost*, *Fixed Capital Investment*, *Direct Manufacturing Cost*, *Indirect Manufacturing Cost*, *Fixed Manufacturing Cost*, *Total Manufacturing Cost*, *Working Capital* serta *General Expense*. Hasil rancangan masing–masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 21 Physical Plant Cost (PPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp	26.844.956.970
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp	6.711.239.243
3	Instalasi cost	Rp	4.773.516.950
4	Pemipaan	Rp	6.816.176.375
5	Instrumentasi	Rp	4.498.237.710
6	Insulasi	Rp	1.198.260.513
7	Listrik	Rp	2.684.495.697
8	Bangunan	Rp	37.815.000.000
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp	5.460.000.000
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp	96.801.883.458

Tabel 4. 22 Direct Plant Cost (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	
1	Teknik dan Konstruksi	Rp	19.360.376.692
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp	116.162.260.149

Tabel 4. 23 Fixed Capital Investment (FCI)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	
1	Total DPC + PPC	Rp	116.162.260.149
2	Kontraktor	Rp	4.646.490.406
3	Biaya tak terduga	Rp	11.616.226.015
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp	132.424.976.570

Tabel 4. 24 Working Capital (WC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp	4.621.795.330
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp	836.155.596
3	<i>Product Inventory</i>	Rp	1.672.311.192
4	<i>Extended Credit</i>	Rp	18.082.064.000
5	<i>Available Cash</i>	Rp	50.169.335.767
Working Capital (WC)		Rp	75.381.661.885

Tabel 4. 25 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Raw Material</i>	Rp	381.298.114.710
2	<i>Labor</i>	Rp	17.694.600.000
3	<i>Supervision</i>	Rp	1.769.460.000
4	<i>Maintenance</i>	Rp	2.648.499.531
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp	397.274.930
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp	27.123.096.000
7	<i>Utilities</i>	Rp	644.105.540
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp	431.575.150.711

Tabel 4. 26 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp	2.654.190.000
2	<i>Laboratory</i>	Rp	1.769.460.000
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp	9.732.030.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp	38.747.280.000
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp	52.902.960.000

Tabel 4. 27 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Depreciation</i>	Rp	13.242.497.657
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp	2.648.499.531
3	<i>Insurance</i>	Rp	1.324.249.766
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp	17.215.246.954

Tabel 4. 28 Manufacturing Cost (MC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp	431.575.150.711
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp	52.902.960.000
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp	17.215.246.954
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp	501.693.357.665

Tabel 4. 29 General Expense (GE)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Administration</i>	Rp	30.101.601.460
2	<i>Sales expense</i>	Rp	110.372.538.686
3	<i>Research</i>	Rp	40.135.468.613
4	<i>Finance</i>	Rp	4.156.132.769
<i>General Expense (GE)</i>		Rp	184.765.741.529

Tabel 4. 30 Total Production Cost (TPC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp	501.693.357.665
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp	184.765.741.529
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp	686.459.099.194

Tabel 4. 31 Fixed Cost (FC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Depreciation</i>	Rp	13.242.497.657
2	<i>Property taxes</i>	Rp	2.648.499.531
3	<i>Insurance</i>	Rp	1.324.249.766
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp	17.215.246.954

Tabel 4. 32 Variable Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	
1	<i>Raw material</i>	Rp	381.298.114.710
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp	38.747.280.000
3	<i>Utilities</i>	Rp	644.105.540
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp	27.123.096.000
<i>Variable Cost (Va)</i>		Rp	447.812.596.250

Tabel 4. 33 Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)
1	Labor cost	Rp 17.694.600.000
2	Payroll overhead	Rp 2.654.190.000
3	Supervision	Rp 1.769.460.000
4	Plant overhead	Rp 9.732.030.000
5	General expenses	Rp 1.769.460.000
6	Maintenance	Rp 184.765.741.529
7	Plant supplies	Rp 2.648.499.531
Regulated Cost (Ra)		Rp 221.033.981.060

4.8.4 Analisis Keuntungan

Harga jual produk Formalin	= Rp 19.374 /kg
Total penjualan	= Rp 774.945.600.000 /tahun
Total <i>Production cost</i>	= Rp 686.459.099.194
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 88.486.500.806
Pajak	= Rp 30 %
Zakat	= Rp 2,5%
Keuntungan setelah pajak	= Rp 70.346.768.141

4.8.5 Hasil Kelayakan Ekonomi

1. Percent Return On Investment (ROI)

ROI sebelum pajak	= 66,82 %
ROI sesudah pajak	= 53,12 %

2. Pay Out Time (POT)

POT sebelum pajak	= 1,30 tahun
POT sesudah pajak	= 1,58 tahun

3. Break Even Point (BEP)

BEP	= 48,59 %
-----	-----------

4. Shut Down Point (SDP)

SDP	= 38,59 %
-----	-----------

5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik	= 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment</i>	= Rp 132.424.976.570

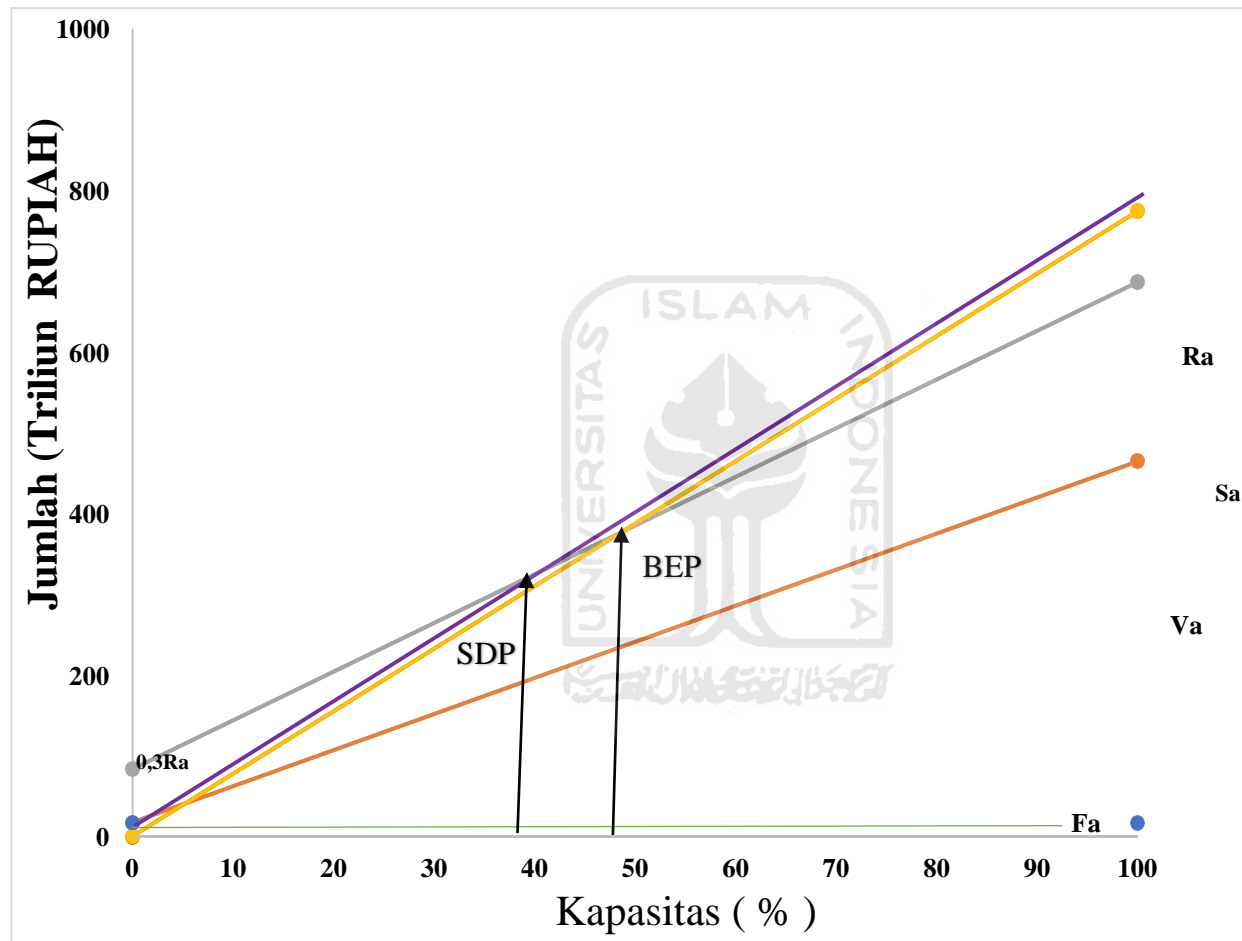
Working Capital = Rp 75.381.661.885
Salvage Value (SV) = Rp 13.242.497.657
Cash flow (CF) = Annual profit + depresiasi + finance
= Rp 87.745.398.567

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error* $R = S$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 0,0748$

DCFR = 7,65





Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Antara Biaya Dengan Kapasitas Produksi

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik formalin dari metanol dan udara dengan kapasitas 40.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2025 guna memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia. Dalam perancangan pabrik formalin ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik formalin dari metanol dan udara dengan kapasitas 40.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan formalin di Indonesia, dan memberikan lapangan kerja serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik formalin dari metanol dan udara ini tergolong pabrik dengan resiko tinggi (*high risk*).
3. Pabrik akan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku, pelabuhan laut untuk mempermudah proses pengiriman bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan listrik dan air serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
4. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik formalin ini adalah 11.203 m²
5. Pabrik formalin dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun ini membutuhkan utilitas berupa :
 - Air = 6.391 kg/jam
 - Bahan Bakar = 2.516 kg/jam
 - Listrik = 43,2829 kWh
6. Pabrik ini membutuhkan tenaga kerja sebanyak 150 orang.
7. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
 - *Return On Investment* (ROI)
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 66,82% dan presentase ROI setelah pajak sebesar 53,12%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik

kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton,1955).

- *Pay Out Time (POT)*

POT sebelum pajak selama 1,30 tahun dan POT setelah pajak selama 1,58 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia resiko tinggi adalah maksimum 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

- *Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP)*

BEP pabrik formalin berkisar pada 48,59% dan memiliki SDP sebesar 38,59%.

- *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

DCFR pabrik formalin adalah 7,65% Syarat Minimum DCFR adalah diatas suku bunga simpanan bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga simpanan atau berkisar 6,00%.

Dari hasil analisis ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik formalin dari metanol dan udara dengan kapasitas 40.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

5.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat memperoleh keuntungan yang lebih besar
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan pada masa yang mendatang akan ada pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah terhadap lingkungan.

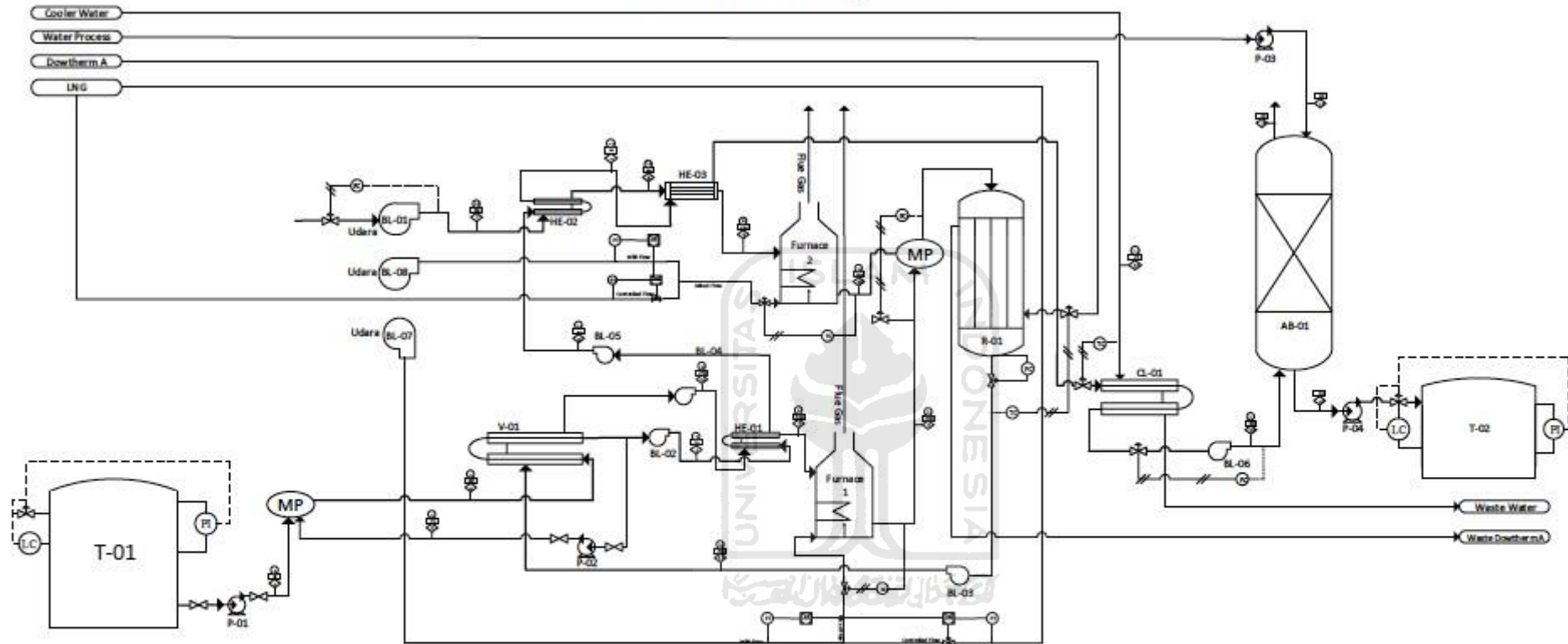
DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc Graw Hill Book Co Inc.
- Badan Pusat Statistik. 2011-2015. Bahan Baku Statistik Industri Manufaktur Indonesia. Jakarta : BPS.
- Badan Pusat Statistik. 2011-2015. Produksi Statistik Industri Manufaktur Indonesia. Jakarta : BPS.
- Brownell, L. E and Young, E.H. 1979. *Process Equipment Design*. New York : John Willey and Sons Inc.
- Bedino, J. H. (2004). Formalin Exposure Hazards and Health Effects: A Comprehensive Review for Embalmers. Research and Education Department, The Champion Company, 2633-2649.
- Bizzari, Sebastian N. "Formalin." Chemical Industries Newsletter [Menlo Park, CA] Mar. 2007
- Cheng, W.-H. (1994). Metanol Production and Use. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Detik. Daftar Pabrik Formaldehid di Indonesia. <https://news.detik.com> [diakses : 23 Maret 2020]
- Formalin. (2007). Material Safety Data Sheet version 1.10, Sigma Aldrich Inc.
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Tokyo : Internasional Students Edition, Mc Graw Hill Book Ltd.
- Kirk R. E. and Othmer, D. F. 1993. *Encyclopedia of Chemical Technology (Vol. 16, 4th edition)*. New York : A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co.
- Mc Cabe, W. L and Smith, H.C. 1967. Unit Operation of Chemical Engineering. New York : Mc Graw Hill Book Co Inc.
- Mc Ketta, J.John and Cunningham, D.F. 1988. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design (Vol. 29)*. New York and Basel : Marcel Dekker Inc.
- msdssearch.dow.com [diakses : 9 November 2020]

- Perry, H.J. 1997. *Chemical Engineers Handbook (7th edition)*. Tokyo : Mc Graw Hill Book Co, Kogakusha Company Ltd.
- Smith, J.M and Van Ness. 2001. *Introduction of Chemical Engineering Thermodynamics (6th edition)*. Singapore : Mc Graw Hill Book Co.
- Ullmans, Barbara Elvers. 1988. *Encyclopedia of Industrial Chemistry (Vol. A-11, Completely Edition)*. New York : John Willey and Sons Inc.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics (2nd edition)*. New York : John Willey and Sons Inc.
- Wallas, Stanley. 1959. *Reaction Kinetics for Chemical Engineers*. Tokyo : Mc Graw Hill Book Co Ltd.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Usa : Mc Graw Hill Book Co Inc.



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DARI METHANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS PERAK
MENGGUNAKAN KONVERSI METANOL SEMPURNA
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Alat	Keterangan	Simbol	Keterangan		
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam						
CH ₃ OH	3950.144	3950.144	987.536	4937.680	3950.144	3950.144															AB	Absorber	L/C	Level Controller	
O ₂							1185.043	1185.043	1185.043	1185.043	197.507	197.507	197.507	197.507	197.507	197.507	197.507	197.507	1169.248	707.071		BL	Blower	TC	Temperature Controller
N ₂											3000.767	3000.767	3000.767	3000.767	3000.767	3000.767	3000.767	3000.767				F	Furnace	PC	Pressure Controller
CH ₂ O																						HE	Heat Ex	FC	Flow Controller
H ₂ O	5.934	5.934	1.481	7.415	5.934	5.934					1116.912	1116.912	1116.912	1116.912	1116.912	1116.912	1408.383	80.548	2474.747		MP	Mix Point			
H ₂											6.172	6.172	6.172	6.172	6.172	6.172						P	Pump		
Total	3956	3956	989	4945	3956	3956	3086	3086	3086	3086	9042	9042	9042	9042	9042	9042	1408	5408	5051		R	Resistor			
																						T	Tangki		
																						V	Vaporizer		Alarm Listrik
																						CL	Cooler		Pneumatic


UNIVERSITAS INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS INDONESIA
 DEPARTEMEN TEKNIK DAN PERENCANAAN
 PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN
 HASIL MITRANI BINA USAHA
 8.1.2017.01.0000.0001.0001.0001

Disusun oleh:
 1. Ni Almasia (1012001)
 2. Andika Budhi W (1012111)
 Dosen Pembimbing:
 1. Prof. Dr. Irwan Sukri, S.T.
 2. Irwan Yohani, S.T., S.E.

LAMPIRAN

REAKTOR (R-01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi bahan baku utama Metanol dan Udara membentuk Formalin

Tipe Reaktor : *Fixed Bed Multitube*

Kondisi Operasi :

- Tekanan : 1,4 atm
- Suhu : 700 °C
- Konversi : 98% (*Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*)
- Isothermal

Tipe Perancangan : Silinder tegak dengan *flange and dish head* (torispherical) sebagai tutup atas dan bawah

Bahan Konstruksi : Stainless Steel 304

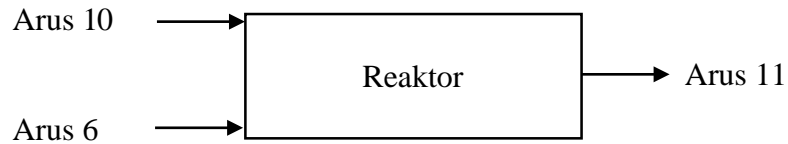
a. Dasar pemilihan jenis reaktor

1. Reaksi pada fasa gas dengan katalis padat.
2. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal.
3. Pressure drop lebih kecil
4. Pengendalian suhu relatif lebih mudah karena menggunakan tipe shell and tube.

b. Dasar pemilihan bahan konstruksi

1. Stainless Steel 304 memiliki komposisi 18-20% kromium dan 8-12% nikel. Karena tingginya kadungan kromium, bahan ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi.
2. Tahan terhadap suhu ekstrem
3. Harga lebih murah.

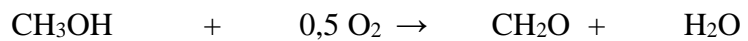
1. Neraca Massa di sekitar Reaktor



Aliran massa disekitar reaktor

Reaksi di reaktor :

Reaksi Utama :



Reaksi Samping



Neraca Massa Total

$$A_{10} + A_6 = A_{11}$$

$$A_{10} \cdot X_o + A_{10} \cdot X_n + (A_6 \cdot X_m + A_6 \cdot X_a) = A_{11} \cdot X_m + A_{11} \cdot X_a + A_{11} \cdot X_o + A_{11} \cdot X_n + A_{11} \cdot X_f$$

Data

1. Berat Massa

Komponen	BM (Kg/Kmol)
CH ₃ OH	32
O ₂	32
N ₂	28
CH ₂ O	30
H ₂ O	18
H ₂	2

2. Komposisi

Komposisi Campuran metanol

Komponen	% Berat
CH ₃ OH	99,85
H ₂ O	0,15

Komposisi Udara

Komponen	% Berat
O ₂	21
N ₂	79

Massa Keluar

Arus 11

Arus 11 merupakan arus keluaran reaktor.

Persen udara berlebih = 20%

Rasio Mol Umpan Udara : Metanol = 2 : 1 (McKetta Hal 362)

Konversi = 98,0% Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry

Reaksi Utama :

	CH ₃ OH	+	0,5 O ₂	→	CH ₂ O	+	H ₂ O	
m	123,442		37,033					Kmol/Jam
r	61,721		30,861		61,721		61,721	Kmol/Jam
s	61,721		6,172		61,721		61,721	Kmol/Jam
	1975,072		197,507		1851,630		1110,978	Kg/Jam

Reaksi Samping :

Konversi = 5%

	CH ₃ OH	↔	CH ₂ O	+	H ₂	
m	61,721					Kmol/Jam
r	3,086	3,086	3,086	3,086		Kmol/Jam
s	58,635	3,086	3,086	3,086		Kmol/Jam
	1876,318	92,582	6,172			Kg/Jam

Massa Masuk

Arus 6

Arus 6 merupakan arus gas metanol yang keluar dari furnace 1

m CH₃OH masuk = 123,442 Kmole/Jam = 3950,144 Kg/Jam

$$\begin{aligned} \text{!} \# \$ \% \&' \$ ()^* _ +, * ! \$ - \& _ = \frac{011\%}{33,56\%} \times \text{!})^* _ +, * ! \$ - \& _ \\ &= 3956,078 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$m \text{ H}_2\text{O masuk} = 5,934 \text{ Kg/Jam} = 0,330 \text{ Kmol/Jam}$$

Arus 10

Arus 10 merupakan arus udara yang keluar dari furnace 2

$$\text{O}_2 \text{ Masuk} = 37,033 \text{ Kmol/Jam} = 1185,043 \text{ Kg/Jam}$$

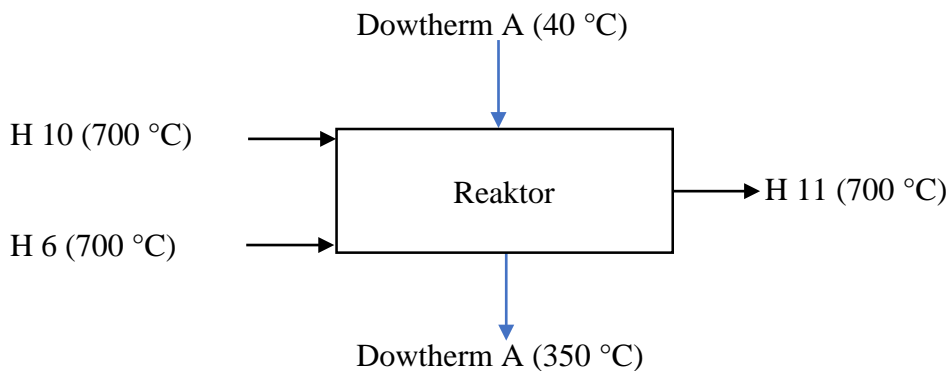
$$\text{BM rata-rata udara} = 28 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{!} \& 8 \$ \% \$ = \frac{21\%}{21\%} = 5643,063 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{N}_2 \text{ Masuk} = 4458,020 \text{ Kg/Jam} = 159,215 \text{ Kmol/Jam}$$

Komp	Massa Masuk				Massa Keluar	
	Arus 6		Arus 10		Arus 11	
	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam
CH ₃ OH	3950	123			1876	59
O ₂			1185	37	198	6
N ₂			4458	159	4458	159
CH ₂ O					1944	65
H ₂ O	5,93	0,33			1117	62
H ₂					6	3
	3956	124	5643	196	9599	353,966
Total	9599				9599	

2. Neraca Energi di sekitar Reaktor



Energi Masuk

Energi gas metanol (H6)

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

$$T = 700 \text{ } ^\circ\text{C} = 973 \text{ K}$$

Kapasitas Panas Gas (C_p), J/(mol K)

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₃ OH (g)	40,046	-3,83E-02	2,45E-04	-2,17E-07	5,99E-11
H ₂ O (g)	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

$$\int C_p dT (\text{CH}_3\text{OH}) = 33882,729 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{H}_2\text{O}) = 23231,162 \text{ KJ/Kmol}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{OH}} = 3950,144 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{CH}_3\text{OH}} = 123,442 \text{ Kmol/Jam}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 5,934 \text{ Kg/Jam} = n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,330 \text{ Kmol/Jam}$$

$$H = n \cdot \int C_p dT$$

$$H_{\text{CH}_3\text{OH}} = 4182552 \text{ KJ/Jam}$$

$$H_{\text{H}_2\text{O}} = 7659 \text{ KJ/Jam}$$

Komponen	n (Kmol/Jam)	$\int C_p dT$ (KJ/Kmol)	H (KJ/Jam)
CH ₃ OH (g)	123,442	33883	4182552
H ₂ O (g)	0,330	23231	7659
Total			4190211

Energi udara (H10)

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

$$T = 700 \text{ } ^\circ\text{C} = 973 \text{ K}$$

Kapasitas Panas Gas (C_p), J/(mol K)

Komponen	A	B	C	D	E
N ₂ (g)	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
O ₂ (g)	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12

$$\int C_p dT (\text{N}_2) = 19815,958 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{O}_2) = 20361,570 \text{ KJ/Kmol}$$

$$m_{N_2} = 4458,020 \text{ Kg/Jam} = n_{N_2} = 159,215 \text{ Kmol/Jam}$$

$$m_{O_2} = 1185,043 \text{ Kg/Jam} = n_{O_2} = 37,033 \text{ Kmol/Jam}$$

$$H = n \cdot \int c_p dT$$

$$H_{N_2} = 3154997 \text{ Kj/Jam}$$

$$H_{O_2} = 754042 \text{ Kj/Jam}$$

Komponen	n (Kmol/Jam)	$\int C_p dT$ (Kj/Kmol)	H (Kj/Jam)
N ₂ (g)	159,215	19816	3154997
O ₂ (g)	37,033	20362	754042
Total			3909039

Panas Reaksi

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

$$T_{reaksi} = 700 \text{ } ^\circ\text{C} = 973 \text{ K}$$

Enthalphy of Formation (ΔH_f), Kjoule/Mol

Komponen	A	B	C
CH ₂ O	-109,671	-2,32E-02	7,87E-06
CH ₃ OH	-188,188	-4,98E-02	2,08E-05

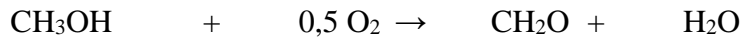
Komponen	Hf 298 K
H ₂ O (g)	-241,800
H ₂ (g)	0,000
O ₂ (g)	0,000

Kapasitas Panas Gas (C_p), J/(mol K)

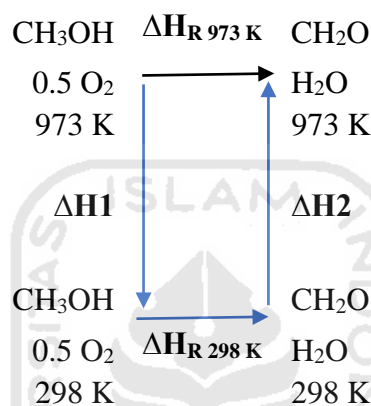
Komponen	A	B	C	D	E
CH ₂ O (g)	34,428	-2,98E-02	1,51E-04	-1,27E-07	3,39E-11
CH ₃ OH (g)	40,046	-3,83E-02	2,45E-04	-2,17E-07	5,99E-11

H ₂ O (g)	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
H ₂ (g)	25,399	2,02E-02	-3,85E-05	3,19E-08	-8,76E-12
O ₂ (g)	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12

Reaksi Utama :



Konversi = 0,98



ds

$$\Delta H_R = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_{R1 \ 973 \text{ K}} = \Delta H1 + \Delta H_{R \ 298 \text{ K}} + \Delta H2$$

$$\Delta^*1 = \dots$$

$$\Delta H_{R1 \ 298 \text{ K}} = (\Delta H_f \text{CH}_2\text{O}, 298 \text{ K} + \Delta H_f \text{H}_2\text{O}, 298 \text{ K}) - (\Delta H_f \text{CH}_3\text{OH}, 298 \text{ K} + 0,5 \Delta H_f \text{O}_2, 298 \text{ K})$$

$$\Delta^*2 = \dots$$

Komponen Reaktan	$\Delta H1$ (KJ/Kmol)	ΔH_f 298 K (Kj/Kmol)	n (Kmol/Jam)	Q1 (Kj/Jam)	Q _{298 K} (Kj/Jam)
CH ₃ OH	-73829	-201189	62	4556825	12417582
O ₂ (g)	-27803	0	31	858026	0
Total	-101633	-201189	0	5414851	12417582

Komponen	ΔH_f 298 K (Kj/Kmol)	$\Delta H2$ (KJ/Kmol)		Q _{298 K} (Kj/Jam)	Q2 (Kj/Jam)
----------	---------------------------------	--------------------------	--	--------------------------------	----------------

Produk			n (Kmol/Jam)		
CH ₂ O	-115871	26280	62	7151682	1622045
H ₂ O (g)	-242	-50823	62	14924	3136847
Total	-116113	-24543	0	7166607	4758892

$$\Delta H_1 = -101632,792 \text{ KJ/Kmol} = 5414851,295 \text{ KJ/Jam}$$

$$\Delta H_{R1 \text{ } 298 \text{ K}} = 85075,993 \text{ KJ/Kmol} = -5250975,356 \text{ KJ/Jam}$$

$$\Delta H_2 = -24542,722 \text{ KJ/Kmol} = 4758891,825 \text{ KJ/Jam}$$

$$\Delta H_{R1 \text{ } 973 \text{ K}} = -41099,521 \text{ KJ/Kmol} = 4922767,764 \text{ KJ/Jam}$$

Reaksi Eksotermis

Energi Keluar

Arus 11

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

$$T = 700 \text{ } ^\circ\text{C} = 973 \text{ K}$$

Kapasitas Panas Gas (Cp), J/(mol K)

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₃ OH (g)	40,046	-3,83E-02	2,45E-04	-2,17E-07	5,99E-11
O ₂ (g)	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
N ₂ (g)	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
CH ₂ O (g)	34,428	-2,98E-02	1,51E-04	-1,27E-07	3,39E-11
H ₂ O (g)	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
H ₂ (g)	25,399	2,02E-02	-3,85E-05	3,19E-08	-8,76E-12

$$\int C_p dT (\text{CH}_3\text{OH}) = 33882,729 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{O}_2) = 20361,570 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{N}_2) = 19815,958 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{CH}_2\text{O}) = 26280,281 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{H}_2\text{O}) = 23231,162 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{H}_2) = 19198,317 \text{ KJ/Kmol}$$

$m_{\text{CH}_3\text{OH}}$	= 1876,318 Kg/Jam	=	$n_{\text{CH}_3\text{OH}}$	= 58,635	Kmol/Jam
m_{O_2}	= 197,507 Kg/Jam	=	n_{O_2}	= 6,172	Kmol/Jam
m_{N_2}	= 4458,020 Kg/Jam	=	n_{N_2}	= 159,215	Kmol/Jam
$m_{\text{CH}_2\text{O}}$	= 1944,212 Kg/Jam	=	$n_{\text{CH}_2\text{O}}$	= 64,807	Kmol/Jam
$m_{\text{H}_2\text{O}}$	= 1116,912 Kg/Jam	=	$n_{\text{H}_2\text{O}}$	= 62,051	Kmol/Jam
m_{H_2}	= 6,172 Kg/Jam	=	n_{H_2}	= 3,086	Kmol/Jam

$$H = n \cdot \int c_p dT$$

$H_{\text{CH}_3\text{OH}}$	=	1986712,137	Kj/Jam
H_{O_2}	=	125673,645	Kj/Jam
H_{N_2}	=	3154997,464	Kj/Jam
$H_{\text{CH}_2\text{O}}$	=	1703147,507	Kj/Jam
$H_{\text{H}_2\text{O}}$	=	1441509,234	Kj/Jam
H_{H_2}	=	59246,967	Kj/Jam

Komponen	n (Kmol/Jam)	$\int C_p dT$ (Kj/Kmol)	H (Kj/Jam)
CH ₃ OH (g)	58,635	33883	1986712
O ₂ (g)	6,172	20362	125674
N ₂ (g)	159,215	19816	3154997
CH ₂ O (g)	64,807	26280	1703148
H ₂ O (g)	62,051	23231	1441509
H ₂ (g)	3,086	19198	59247
Total			8471287

Neraca Energi Total

Energi masuk = Energi keluar

$$H_{10} + H_6 + \Delta HR = H_{11} + Q_{\text{pendinginan}}$$

H ₆	=	4190211	Kj/Jam
H ₁₀	=	3909039	Kj/Jam
H ₁₁	=	8471287	Kj/Jam

$$\Delta H_{R1\ 973K} = 4922768 \quad \text{Kj/Jam}$$

$$\text{Maka, } Q_{\text{pendingin}} = 4550731 \quad \text{Kj/Jam}$$

Kebutuhan Pendingin

Digunakan Dowtherm A sebagai pendingin karena stabil, tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif dalam fase uap maupun cair, serta bersifat nonkorosif

$$\text{Range suhu} = 15 - 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{BM av dowtherm} = 166 \text{ Kg/Kmol}$$

Komposisi dowtherm A

Komponen	% Berat
C ₁₂ H ₁₀	27
C ₁₂ H ₁₀ O	73

Kapasitas Panas Liquid (C_p), J/(mol K)

Komponen	A	B	C	D
C ₁₂ H ₁₀	27,519	1,54E+00	-3,16E-03	2,58E-06
C ₁₂ H ₁₀ O	109,032	1,19E+00	-2,58E-03	2,30E-06

$$\text{Tin dowtherm} = 312,34 \text{ K} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Tout} = 623 \text{ K} = 350 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Tref} = 298 \text{ K} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Kapasitas panas masuk

$$\int C_p dT (\text{C}_{12}\text{H}_{10}) = 583 \text{ Kj/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}) = 1761 \text{ Kj/Kmol}$$

Kapasitas panas keluar

$$\int C_p dT (\text{C}_{12}\text{H}_{10}) = 83016 \text{ Kj/Kmol}$$

$$\int C_p dT (\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}) = 35543 \text{ Kj/Kmol}$$

$$Q_p = n \int C_p dT$$

maka kebutuhan dowtherm A adalah

$$Q_p = \frac{D}{F} = 39 \text{ Kmol/Jam} = 6500 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Energi Total di Reaktor			
Energi Masuk		Energi Keluar	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
H6	4190211	H11	8471287
H10	3909039	Qpendingin	4550731
$\Delta H_{R1 \text{ 973 K}}$	4922768		
Total	13022018		13022018

3. Spesifikasi Reaktor

Data

$$Q \text{ Pendingin} = 4550731 \text{ Kj/Jam} = 4313274 \text{ BTU/Jam}$$

Fluida Panas (Gas Produk)

$$T_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C} = 973 \text{ K} = 1291,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 700 \text{ }^\circ\text{C} = 973 \text{ K} = 1291,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$W = 9599 \text{ Kg/Jam} = 21166 \text{ lb/Jam}$$

Fluida Dingin (Dowtherm A)

$$t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313 \text{ K} = 103,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 350 \text{ }^\circ\text{C} = 623 \text{ K} = 661,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$w = 6500 \text{ Kg/Jam} = 14333 \text{ lb/Jam}$$

a. Menghitung True temperature difference Δt

Fluida Panas (T)	Suhu	Fluida Dingin (t)	Selisih
1291,730	Suhu Tinggi	103,730	1188
1291,730	Suhu Rendah	661,730	630

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} \quad (\text{Pers. 5.14, Kern})$$

$$\text{LMTD} = 879,701 \quad ^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}, \quad R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}, \quad S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$\Delta t = \text{LMTD} \times F_T \quad (F_T \text{ from Fig. 18}) \quad (\text{Pers. 7.42, Kern})$$

$$R = 0,0$$

$$S = 0,5$$

$$F_T = 1 \quad (\text{Fig. 21, Kern})$$

$$\Delta t = 879,701 \quad ^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{av}} = 1291,730 \quad ^\circ\text{F}$$

$$t_{\text{av}} = 382,730 \quad ^\circ\text{F}$$

b. Menghitung A

Nilai UD dan dimensi tube ditrial hingga didapatkan $R_d \text{ hitung} \approx R_d \text{ total}$,
dimana,

$$R_d \text{ total} = R_d \text{ inside} + R_d \text{ outside}$$

Nilai R_{di} dan R_{do} dapat diketahui dari Table 12 hal 845 Kern, $R_{do} = R_d$
dowtherm(organic liquid) a, $R_{di} = R_d$ gas produk (organic gas)

$$R_{do} = 0,001 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

$$R_{di} = 0,0005 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

$$R_d \text{ total} = 0,0015 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

Jika $R_d > \rightarrow U_d < \rightarrow A > \rightarrow$ dilakukan perancangan ulang : Memperbesar U_d
atau dimensi tube diperkecil sampai diperoleh R_d mendekati nilai $R_{di} + R_{do}$

Jika $R_d < \rightarrow U_d > \rightarrow A < \rightarrow$ dilakukan perancangan ulang : Memperkecil U_d
atau dimensi tube diperbesar sampai diperoleh R_d mendekati nilai $R_{di} + R_{do}$

Dari Table 8 hal 840 Kern diketahui nilai UD adalah 40 - 70 untuk fluida panas dan fluida dingin berupa light organics ($cp < 0,5$ dan komposisi C kecil), diasumsikan :

$$UD = 45 \text{ BTU/Jam.}^\circ\text{F.ft}^2$$

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta t}$$

$A = 980,623 \text{ ft}^2$, Karena nilai $A \geq 200 \text{ ft}^2$ maka digunakan Shell and Tube

c. Data

Dari Table 10 hal 843 Kern dipilih data tube sebagai berikut :

Tube OD	3/4	in
BWG	16	
Wall Thickness	0,065	in
ID	0,62	in
Flow area per tube	0,302	in ²
Surface per lin ft	Outside (a")	0,1963 ft ² /lin ft
	Inside	0,1623 ft ² /lin ft
Weight per lin ft	0,52	lb steel

d. Menghitung Jumlah Tube

Jika fluida panas mengalir didalam tube, maka luas permukaan transfer panasnya = $\pi \times OD \times L$ atau surface per lin ft outside x panjang tube

Jika fluida panas mengalir didalam shell, maka luas permukaan transfer panasnya = $\pi \times ID \times L$ atau surface per lin ft inside x panjang tube

$$a_o = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin ft}$$

Direncanakan panjang tube (L) = 20 ft (Perry, 1980 : hal 11-11)

$$\frac{Q}{\pi \times a_o \times L} = 250$$

Dipilih square pitch karena :

a. Baik untuk kondisi yang membutuhkan pressure drop rendah

- b. Pembersihan luar tube secara mekanik dapat dilakukan dengan baik
- c. Baik untuk menangani fluida yang fouling

Dari data diatas diketahui bahwa ada 250 tubes, 1 passes, 3/4 in OD, 1 in square pitch

Sehingga didapat data paling mendekati dari Table 9 Kern hal 841 sebagai berikut :

277 tubes, 1 passes, 3/4 in OD, 1 in square pitch, 21 1/4 shell ID

Nt	=	277	OD	=	3/4	in
Passes	=	1	Square Pitch (PT)	=	1	in
Shell ID	=	21 1/4	in			

e. Koreksi koefisien UD (Design Overall Coefficient)

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin ft}$$

$$A = Nt \times L \times a'' = 1087,502 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta t}$$

$$UD = 44,509 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(\text{°F})$$

f. Menghitung nilai hio dan ho

Menghitung hio

Fluida Panas : di Tube, Gas Produk

1. Flow area per tube

$$a_t = 0,302 \text{ in}^2 \quad (\text{Table 10, Hal 843, Kern})$$

$$a_i = \frac{\text{No. of tubes} \times \text{flow area/tube}}{\text{No. of passes}} = N_t a_t' / 144n, \text{ ft}^2 \quad \text{Eq. (7.48)} \quad (\text{Hal 151, Kern})$$

$$a_t = 0,581 \text{ ft}^2$$

2. Mass Velocity

$$G_s = \frac{W}{a_s} \quad \text{lb}/(\text{hr})(\text{ft}^2) \quad (\text{Pers. 7.2, Hal 138, Kern})$$

$$G_t = 36435 \text{ lb}/\text{jam}.\text{ft}^2$$

3. Menghitung nilai jH

Pada Tav	=	1291,730	°F	=	973	K
$\mu_{\text{CH}_3\text{OH}}$	=	305	micropoise	=	0,033	centipoise
μ_{O_2}	=	484	micropoise	=	0,031	centipoise
μ_{N_2}	=	411	micropoise	=	0,020	centipoise
$\mu_{\text{CH}_2\text{O}}$	=	334	micropoise	=	0,037	centipoise
$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$	=	365	micropoise	=	0,041	centipoise
μ_{H_2}	=	203	micropoise	=	0,048	centipoise
μ_{gas}	=	0,304	centipoise			

$$\mu_{\text{gas pada } 1291,730 \text{ } ^\circ\text{F}} = \text{cp} \times 2,42 = 0,735 \text{ lb}/\text{ft}.\text{jam}$$

De didapat dari fig.28 Kern hal 838

$$De = 0,95 \text{ in} = 0,079 \text{ ft}$$

$$S_{JT} = \frac{\bar{U}_V \times W_T}{X} \quad (\text{Pers. 7.3, Hal 138, Kern})$$

$$\text{Ret} = 3925$$

$$jH = 40 \quad (\text{fig.28, Hal 838, Kern})$$

4. Menghitung nilai hio

$$\text{Pada Tav} = 1291,73 \text{ } ^\circ\text{F} = 973 \text{ K}$$

Cari panas spesifik (c) dan Konduktivitas thermal (k)

c _{CH₃OH}	=	89,012 J/(mol.K)
c _{O₂}	=	34,806 J/(mol.K)
c _{N₂}	=	31,698 J/(mol.K)
c _{CH₂O}	=	61,528 J/(mol.K)
c _{H₂O}	=	40,945 J/(mol.K)
c _{H₂}	=	30,053 J/(mol.K)
c _{gas}	=	39,025 J/(mol.K)

$$\begin{aligned}
 &= 1220,329 \text{ J/(kg.K)} \\
 &= 0,291 \text{ BTU/(lb.}^\circ\text{F)} \\
 \\
 k_{\text{CH}_3\text{OH}} &= 0,132 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{O}_2} &= 0,072 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{N}_2} &= 0,067 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{CH}_2\text{O}} &= 0,111 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{H}_2\text{O}} &= 0,093 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{H}_2} &= 0,425 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{gas}} &= 0,248 \text{ W/ (m.K)} \\
 &= 0,144 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F/ft)}
 \end{aligned}$$

$$h_o = j_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/4} \quad (\text{Pers. 6.15b, Kern})$$

$$h_i = 82,869 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

$$\frac{h_{i0}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD} \quad (\text{Pers. 6.5, Kern})$$

$$h_{i0} = 68,505 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$$

Menghitung ho

Fluida Dingin : di Shell, Dowtherm A

1'. Flow area per tube

$$a_s = \frac{ID \times C'B}{P_T \times 144} \quad \text{ft}^2 \quad (\text{Pers. 7.1, Hal 138, Kern})$$

$$C' = PT - OD = 1/4 \quad \text{in}$$

$$\text{Baffle space} = 1 \ 1/2 \quad \text{in}$$

$$a_s = 0,056 \quad \text{ft}^2$$

2'. Mass Velocity

$$G_s = \frac{W}{a_s} \quad \text{lb}/(\text{hr})(\text{ft}^2) \quad (\text{Pers. 7.2, Hal 138, Kern})$$

$$G_s = 255956 \text{ lb}/\text{jam}.\text{ft}^2$$

3'. Menghitung nilai j_H

$$\text{Pada tav} = 382,730 \quad ^\circ\text{F} = 468,0 \text{ K}$$

Dari table 2 Dowtherm A, diketahui data sebagai berikut

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,41 \text{ centipoise} = 0,992 \text{ lb}/\text{ft}.\text{jam}$$

$$\text{Panas Spesifik } (c) = 0,492 \text{ BTU}/\text{lb}.\text{}^\circ\text{F}$$

$$\text{Konduktivitas Panas } (k) = 0,0641 \text{ BTU}/\text{jam}.\text{ft}^2 \text{ } (^\circ\text{F}/\text{ft})$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 57,02 \text{ lb}/\text{ft}^3$$

De didapat dari fig.28 Kern hal 838

$$De = 0,95 \text{ in} = 0,079 \text{ ft}$$

$$S_j \bar{U}_v \times W_v \quad (\text{Pers. 7.3, Hal 138, Kern})$$

$$\text{Res} = 20422$$

$$j_H = 100 \quad (\text{fig.28, Hal 838, Kern})$$

4'. Menghitung nilai h_o

$$h_o = j_H \frac{k}{D_s} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/4} \quad (\text{Pers. 6.15b, Kern})$$

$$h_o = 159,301 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

g. Menghitung nilai UC (Clean Overall Coefficient)

$$U_C = \frac{h_{io}h_o}{h_{io} + h_o} \quad (\text{Pers. 6.38, Kern})$$

$$U_C = 47,904 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

h. Faktor Kekotoran (Rd)

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c U_D}$$

(Pers. 6.13, Kern)

$$R_d = 0,002 \text{ jam.ft}^2 \cdot \text{°F/BTU}$$

i. Jumlah Katalis yang dibutuhkan

Umpan masuk = 9599 Kg/Jam

Gas masuk kolom (A12)

Komponen	kg/jam	kmol/jam	Fraaksi berat	Fraaksi mol	BM(kg/kmol)
CH ₃ OH	3950,144	123,442	0,412	0,386	32
O ₂	1185,043	37,033	0,123	0,116	32
N ₂	4458,020	159,215	0,464	0,498	28
H ₂ O	5,934	0,330	0,001	0,001	18
Total	9599,141	320,019	1,000	1,000	29,996

$$Z [\text{°F}] = \frac{\ln \left[\frac{T_c}{T_b} \right]}{S \cdot B}$$

Top = 700 °C = 973 K

Pop = 1,4 atm

R = 0,00008206 m³.atm/K.mol

ρ gas = 0,526 kg/m³ = 0,033 lb/ft³

Laju alir volumetrik = 18251 m³/jam

Waktu tinggal = 0,01 detik = 2,77778E-06 jam

Volume campuran gas masuk = 0,05 m³/jam

V alat = 120% volume gas = 0,06 m³/jam

X (void fraction) = 0,5 (table 17.8 Walas)

V katalis = V alat (1-X) = 0,03 m³/jam

ρ Katalis = 10490 kg/m³

m katalis = 319 kg/jam

j. Menghitung tebal dinding reaktor

$$t = \frac{P \cdot D \cdot C}{E \cdot (1 - 0,6 \cdot C)} \quad \text{Brownell, Pers 13-1, P.254}$$

Digunakan bahan Carbon Steel SA 283 Grade C

Efisiensi Pengelasan (E)	=	0,85
Allowable Stress (f)	=	12650
Faktor Korosi (C), in per 10 tahun	=	0,125

P (atm)	=	1,4
P (Psi)	=	20,5743
P 20% overdesain (Psi)	=	24,6891
Jari-jari dalam Shell (r)	=	(ID shell/2)
	=	10 5/8 in

ts	=	0,15
ts standar	=	3/16 in
	=	0,476 cm

k. Menghitung tebal head reaktor

$$t_h = \frac{c \cdot deY}{9 \cdot f \cdot g \cdot h \cdot 1,9 \cdot c} +)$$

P (over desain 20%)	=	24,689 Psi
IDs	=	21 1/4 in
f	=	12650 Psi
E	=	0,85
C (in per 10 tahun)	=	0,125

th	=	0,149 in
th standar	=	0,188 in
	=	0,476 cm

ODs	=	IDs + 2*ts
-----	---	------------

$$\begin{aligned} \text{ODs} &= 21,625 \text{ in} \\ \text{ODs standar} &= 22 \text{ in} \\ &= 55,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Menghitung tinggi head reactor

Diketahui,

$$\begin{aligned} \text{ODs} &= 22 \text{ in} \\ \text{th} &= 0,188 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga daari Table 5.7 Brownell diperoleh

$$\begin{aligned} \text{Icr} &= 1 \frac{3}{8} \text{ in} \\ r &= 21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \text{IDs}/2 \\ &= 10,625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AB} &= a - \text{icr} \\ &= 9,250 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BC} &= r - \text{icr} \\ &= 19,625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AC} &= (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{1/2} \\ &= 17,308 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \text{AC} \\ &= 3,692 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.6 Brownell dengan $\text{th} = 0,188 \text{ in}$ diperoleh $\text{sf} = 1 \frac{1}{2} - 2$ maka diambil $\text{sf} = 1,75 \text{ in}$

Tinggi Head Reaktor diperoleh dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{hH} &= \text{th} + b + \text{sf} \\ &= 5,629 \text{ in} \\ &= 14,298 \text{ cm} \\ &= 0,143 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana,

$$\text{Icr} = \text{Jari-jari dalam sudut icr}$$

- r = Jari-jari luar dish
- a = Jari-jari dalam head
- b = Tinggi head
- sf = Straight Flange

m. Menghitung tinggi reaktor

$$\begin{aligned} \text{Panjang Tube} &= 20 \text{ ft} \\ &= 6,096 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HR} &= \text{Panjang tube} + (2 * \text{Tinggi head reaktor}) \\ &= 6,382 \text{ m} \\ &= 20,939 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Appendix E table item 1 hal 348 diketahui ukuran standar

$$\begin{aligned} H &= 24 \text{ ft} \\ D &= 10 \text{ ft} \end{aligned}$$

n. Menghitung tebal isolasi

$$\begin{aligned} Q_{\text{pendingin}} &= 4550731 \text{ Kj/Jam} = 4313274 \text{ BTU/Jam} \\ Q_{\text{lepas}} &= 10\% Q_{\text{pemanas}} \\ &= 455073 \text{ Kj/Jam} = 431327 \text{ BTU/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{insulasi}} &= 10\% \cdot \frac{8B}{8j} \\ 8j &= \frac{-0,1 \dots i}{D_{\text{insulasi}}} \\ j &= \frac{8B}{-0,1 \dots 3,14 \dots U \cdot m^0} \\ j_1 &= \frac{8B}{D_{\text{insulasi}}} = B \\ j &= \frac{-0,314 \dots U \cdot m^0}{D_{\text{insulasi}}} (B1 - B2) \end{aligned}$$

Dari table 2 hal 796, Kern dipilih isolasi dengan bahan kaolin insulating firebrick

$$\text{kiso} = 0,113 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

$$\begin{aligned}
 T1 &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 85,73 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 T2 &= 330 \text{ } ^\circ\text{C} = 603 \text{ K} = 625,73 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 OD &= 3/4 \text{ in} = 0,063 \text{ ft} \\
 H &= 21 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

maka,

$$x = 0,0001 \text{ ft} = 0,001 \text{ in}$$

sehingga tebal isolasi yang diperlukan adalah 0,001 in

o. Spesifikasi Reaktor

Reaktor	
Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi bahan baku utama metanol dan udara membentuk Formalin dengan bantuan katalis Ag
Tipe	: Fixed Bed Multitube
Bahan	
Konstruksi	: Stainless Steel 304
Jumlah	: 1 Unit
Luas Area	: 1087,502 ft ²
Tinggi	: 24 ft
Diameter	: 10 ft
Tebal Shell	: 3/16 in
U _C	: 47,904 BTU/(Jam.°F.ft ²)
U _D	: 44,509 BTU/(Jam.°F.ft ²)
R _d	: 0,002 (Jam.°F.ft ²)/BTU
R _{d min}	: 0,0015 (Jam.°F.ft ²)/BTU
Tube (Udara)	
<i>Number of tubes</i>	: 277
<i>Length</i>	: 20 ft
OD	: 3/4 in
BWG	: 16
Pitch	: 1 in Square Pitch
Shell (Gas Pemanas)	

ID	:	21 1/4 in
Baffle Space	:	1 1/2 in
Passes	:	1
Isolasi		
Bahan Isolasi	:	Kaolin Insulating Firebrick
Tebal Isolasi	:	0,001 in

