

TUGAS AKHIR

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL
DAN UDARA DENGAN KATALIS METALOKSIDA**



BOSIWA
Disusun Oleh

IRWAN CAHYADI

4593044001 / 9951111010267

DAHNIAR ISKANDAR

4593044019 / 9941111010005

ANDI ERAWATI

4593044021 / 9931101010119

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI (PROGRAM TEKNIK KIMIA)

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS "45"

UJUNG PANDANG

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas "45" Ujungpandang Nomor : 348/01/U-45/VI/1999 tentang Panitia Dan Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada Hari/Tanggal : Sabtu, 12 Juni 1999

Skripsi Atas Nama : 1. Irwan Cahyadi : 4593044001/9951111010267
2. Dahniar Ikandar : 4593044019/9941111010005
3. Andi Erawati : 4593044021/9931101010119

Judul Skripsi : PRA-RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS METALOKSIDA

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Skripsi Sarjana Negara Fakultas Teknik Universitas "45" Ujungpandang. Setelah dipertahankan di depan Penguji Skripsi Sarjana Negara untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana jenjang Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik Industri (Program Studi Teknik Kimia) Universitas "45" Ujungpandang.

PENGAWAS UMUM

1. DR. Andi Jaya Sose, SE, MBA (.....) (Rektor Universitas "45" Ujungpandang)
2. DR. Ir. H. Muhammad Arif, Dipl. Ing (.....) (Dekan Fakultas Teknik Univ. Hasanuddin Ujungpandang)

TIM PENGUJI

- Ketua : Ir. Mulyono Hadisuwoyo, MS (.....)
- Sekretaris : Ir. Ridwan (.....)
- Anggota : Ir. Abdul Hayat Kasim, MS (.....)
- : Ir. Mandasini (.....)
- : Ir. Zulmanwardi, MSi (.....)
- : Sitti Chadijah, S, Si (.....)
- Ex. Officio : Prof. DR. Ir. Tjodi Harlim (.....)
- : Ir. Yani Nursyamsu (.....)
- : Ir. Said HI Abbas (.....)

Disahkan
Rektor Universitas "45"
Ujungpandang

DR. ANDI JAYA SOSE, SE. MBA

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Rek. Teknik Univ. "45"

IR. A. ZUFIKAR SYAIFUL

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS METALOKSIDA.

Nama : Irwan Cahyadi
Stambuk / Nirm : 4593044001 / 9951111010267
Nama : Dahniar Iskandar
Stambuk / Nirm : 4593044019 / 9941111010005
Nama : Andi Erawati
Stambuk / Nirm : 4593044021 / 9931101010119

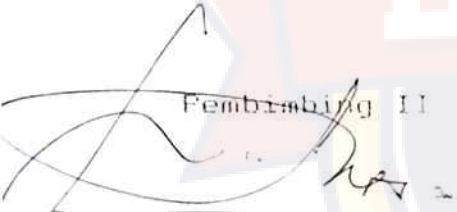
Telah diperiksa dan Disahkan oleh :

UNIVERSITAS


Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Tjodi Harlim

Pembimbing II


Ir. Yani Nursyamsu

Pembimbing III



Ir. Said HI Abbas


Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas "45"
Ujung Pandang

Ketua Jurusan
Teknik Industri
Universitas "45"
Ujung Pandang




Mursyid Mustafa MSi


Ir. A. Zulfikar

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS METALOKSIDA.

Nama : Irwan Cahyadi
Stambuk / Nirm : 4593044001 / 9951111010267
Nama : Dahniar Iskandar
Stambuk / Nirm : 4593044019 / 9941111010005
Nama : Andi Erawati
Stambuk / Nirm : 4593044021 / 9931101010119

Telah diperiksa dan Disahkan oleh :


Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Tjodi Harlim

Pembimbing II


Ir. Yani Nursyamsu

Pembimbing III


Ir. Said HI Abbas

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN
KATALIS METALOKSIDA

Nama Mahasiswa : 1. IRWAN CAHYADI
2. DAHNIAR ISKANDAR
3. ANDI ERAWATI

Stambuk/Nirm : 1. 4593044001 / 9951111010267
2. 4593044019 / 9941111010005
3. 4593044021 / 9931101010119

Jurusan : TEKNIK INDUSTRI

Program Studi : TEKNIK KIMIA

Periode : SEMESTER AKHIR 1998 / 1999

Disetujui :
Komisi Pembimbing

Prof. DR. Ir. Tjodi Harlim
Pembimbing Utama

Ir. Yani Nursyamsu
Pembimbing II

Ir. Said Hi Abbas
Pembimbing III

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas "45" UP


Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas "45" UP

Ir. Mursyid Mustafa, Msi.
Nip. 131914693

Ir. A. Zulfikar Syaiful
Nip. D 450187

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN KATALIS
METALOKSIDA**

Kapasitas 50.000 Ton/Tahun



Skripsi ini diajukan sebagai prasyarat guna memenuhi
Gelar sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas "45" Ujung Pndang

Disusun Oleh :

Irwan Cahyadi : 4593 044 001 / 9951111010267

Dahniar Iskandar : 4593 044 019 / 9941111010005

Andi Erawati : 4593 044 021 / 9931101010119

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45"
UJUNG PANDANG
1999**

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur kehadirat Tuhan yang Maha Kuasa, oleh karena berkat dan bimbingan - Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul "**Pra Rancangan Pabrik Formaldehid dari Metanol dan Udara dengan Katalis Metaloksida**" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa dalam menempuh jenjang pendidikan Strata Satu dengan jurusan Teknik Industri, Program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas "45" Ujung Pandang, dengan bobot, 4 SKS.

Kami menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini terdapat kekurangan dan kesalahan yang luput dari perhatian kami. Oleh sebab itu kami mengaharapkan kritikan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Pada kesempatan yang berharga ini, kami tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Tjodi Harlim, Selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ir. Yani Nursyamsu, Selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Ir. Said Hi Abbas, Selaku Dosen Pembimbing III
4. Bapak Ir. Mursyid Mustafa, MSi, Selaku Dekan Fakultas Teknik
5. Bapak Ir. A. Zulfikar Syaiful, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri
6. Ibu St. Chadijah, Ssi Selaku Koordinator Tugas Akhir
7. Bapak dan Ibu tersayang atas dukungan moral dan materilnya
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Industri Universitas "45" Ujung Pandang
9. Dan semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara moral maupun materialnya.

Akhir kata semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Ujung Pandang, Mei 1999

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

INTISARI

BAB I PENDAHULUAN

- 1.1. Perkembangan Industri Formaldehid I-1
- 1.2. Pembuatan Formaldehid I-3
- 1.3. Penggunaan Formaldehid I-4
- 1.4. Sifat-sifat Fisik dan Kimia bahan baku dan Produk I-5
- 1.5. Perkiraan kapasitas Produksi I-7

BAB II TINJAUAN DAN URAIAN PROSES

- II.1. Macam – macam Proses II-1
- II.2. Pemilihan Proses II-3
- II.3. Uraian Proses II-5

BAB III NERACA MASSA

BAB IV NERACA PANAS

BAB V SPESIFIKASI ALAT

BAB VI SAFETY DAN INSTRUMENTASI

BAB VII UTILITAS

BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

BAB IX BENTUK DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

BAB X ANALISA EKONOMI

BAB XI KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI



INTISARI

Ringkasan Proses

Proses dipilih adalah katalik dengan menggunakan katalis Iron Molibdenum (25 % Fe_2O_3 dan 75 % MoO_3) karena lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses lain yang ada. Secara singkat proses pembuatan Formaldehid adalah dengan menggunakan bahan baku metanol dan oksigen dari udara. Reaksi pembentukan Formaldehid berlangsung di reaktor tipe Multi tube fixed bed. Produk Formaldehid kemudian di murnikan dengan absorpsi.

Perencanaan Operasi

Perencanaan Operasi: Proses kontinyu 330 hari /tahun

Kapasitas Produksi : 50.000 ton / tahun

Bahan Baku

- Metanol : 22596 ton/ tahun

- Udara : 57023 ton/ tahun

Utilitas

- Air : 261.151,47 liter/jam

- Steam : 844,91 kg/jam

Organisasi Perusahaan

Bentuk perusahaan : perseroan terbatas

Sistem organisasi : Garis dan staf

Jumlah Tenaga Kerja : 128 orang

Lokasi Perusahaan

Lokasi : Kalimantan Timur

Analisa Ekonomi

Modal tetap : Rp 99.914.446.416

Modal kerja : Rp 66.609.630.944

Investasi total : Rp 166.524.077.360

Waktu pengembalian modal : 3 tahun

Laju pengembalian modal : 36,13%

Titik impas / BEP : 29,38%

Dari perhitungan secara teknis maupun ekonomis diatas maka Pra Rancangan pabrik Formaldehid dapat dilanjutkan ketahap perencanaan.



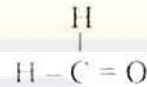
BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Formaldehid adalah senyawa organik seri pertama dari gugus aldehid dengan rumus melokul CH_2O dan rumus bangun



Penamaan secara *Internasional Union Applied of Chemistry (IUPAC)* adalah mental yang mempunyai berat melokul 30,26 gr/mol. Secara komersial Formaldehid diproduksi dan dipasarkan dalam bentuk larutan dengan kadar 30 – 56% berat dan kandungan metanol sekitar 0,5-15% untuk memudahkan pengiriman dan penyimpanan.

1.1. Perkembangan Industri Formaldehid

Formaldehid pertama kali ditemukan oleh Butlerov pada tahun 1859 reaksi pembentukannya didasarkan pada reaksi antara Perak acetat dan Methylene Iodide membentuk Methyl acetat yang selanjutnya dihidrolisa menjadi Formaldehid. Pada tahun 1869 A. W. Von Hoffman telah berhasil membuat Formal dehid dari metanol dengan mereaksikannya dengan udara berlebih dengan bantuan katalis perak. Produksi Formaldehid secara komersial dimulai di Jerman pada tahun 1888 sedangkan di Amerika Serikat dimulai pada tahun 1910 selama dekade Perang Dunia II 20% konsumsi Formaldehid di dunia di produksi oleh Amerika Serikat dengan proses non katalis distilasi dari propane dan butane dalam fase gas. Produksi dengan teknologi ini memiliki banyak kekurangan antara lain : proses pemisahan yang rumit, membutuhkan energi panas yang tinggi sehingga biaya untuk bahan bakar bertambah dan pemilihan metode yang selektif untuk pembuatannya. Teknologi ini kemudian diganti dengan proses perak katalis dan proses metaloksida dari metanol.

Produksi dunia tahun 1976 7,5 10⁶ ton larutan Formaldehid 37% berat. Pada tahun 1977 produksi mengalami kenaikan sebesar 68% menjadi 12,6166 ton. Produksi dari negara Amerika Serikat, Eropa Barat dan Jepang mendekati 90% dari

Kapasitas produksi Formaldehid di Amerika Serikat tahun 1978 adalah 2.948.103 ton/tahun dengan harga \$ 0 112/kg. Produksi mengalami kenaikan terus sejak tahun 1960 (ditunjukkan pada tabel 1. 1).

Tabel 1. 1 Perkembangan Produksi Formaldehid di Amerika Serikat

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Harga (\$/kg)
1960	848	0,06
1965	1.409	0,07
1970	2.008	0,08
1975	2.067	0,09
1977	2.742	0,11
1978	2.948	0,12

Sumber : Ensiklopedia, Krik Othmer

Produksi Formaldehid di dalam negeri pada tahun 1992 dihasilkan oleh lebih kurang 27 produsen Formaldehid dengan jumlah produksi total 567.570 ton/tahun. Untuk produksi semester 1 tahun 1993 adalah sebesar 307.625 ton/tahun. (Sumber : CIC).

Suplai Formaldehid diperoleh dari produksi dalam negeri dan impor dari beberapa negara seperti Rep. of Korea, Taiwan, Australia, Jepang dan lain-lain (seperti pada Tabel 1.2).

Tabel 1.2. Perkembangan Impor Formaldehid dan Proyeksi tahun 2000 di Indonesia

Tahun	Jumlah (kg)	Pertumbuhan (%)
1991	5.240.856	-
1992	2.012.819	- 61,59*
1993	2.309.819	14,7
1994	3.410.024	47,64
1995	3.979.270	16,69
.....
2000	11.878.407

Sumber : Diolah dari Data BPS Jakarta

- Tidak digunakan sebagai dasar perhitungan

Dari data perkembangan impor diatas diperoleh angka pertumbuhan impor rata-rata tahun sebesar 26,36%. Dari angka pertumbuhan tersebut maka proyeksi impor pada tahun 2000 adalah sebesar 11.878.047 kg.

Disamping impor juga dilakukan ekspor ke negara lain Malaysia yang perkembangan dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tahun	Jumlah (kg)	Pertumbuhan
1991	700.000	-
1992	2.18.484	187,83
1993	7.409.692	267,75
1994	900.000	-87,85*
1995	18.84.011	109,93
.....
2000	628.290.000

Sumber : Diolah dari data BPS Jakarta

- Tidak digunakan sebagai dasar perhitungan

Dari data perkembangan ekspor diatas diperoleh angka pertumbuhan rata-rata setiap tahun sebesar 188.30%. Dari angka pertumbuhan tersebut maka proyeksi ekspor tahun 2000 adalah sebesar 628.390.000 kg.

1.2 Pembuatan Formaldehid

a. Proses Katalitis perak

Proses ini menggunakan campuran metanol dan udara yang diuapkan di vaponzer dengan bantuan steam dan selanjutnya di distilasi. Proses ini menggunakan katalitis perak yang merupakan pengganti katalitis tembaga yang digunakan pada teknologi sebelumnya.

Reaksi :



b. Proses Katalitik Metaloksida

Pada proses ini juga digunakan bahan baku campuran metanol-udara dan katalis yang dipakai adalah metaloksida. Berbeda dengan proses perak katalitik karena tidak membutuhkan distilasi untuk pemisahan produk.

Raeaksi :



1.3 Penggunaan Formaldehid

Formaldehid dan Polimernya banyak digunakan pada berbagai industri misalnya

- Industri phenolic dan amino resin

Resin ini banyak digunakan sebagai adhesive (perekat) untuk produk industri kayu lapis, senyawa moulding, bahan pembuat telepon, kabel dan alat-alat kontrol listrik. Bagian terbesar dari animo resin adalah melamin resin yang digunakan sebagai bahan pembuat piring.

□ Industri Chelating Agent

Formaldehid dibutuhkan sebagai bahan baku untuk pembuatan Chelating Agent (EDTA, NTA).

□ Industri Textil

Dibutuhkan sebagai bahan akhir textil (finishing textil).

□ Industri Fotografi

Formaldehid digunakan untuk memperoleh kerasan dan insolubility kertas film.

□ Industri Acetal Resin

Acetal Resin dibuat dari formaldehid anhidrat digunakan untuk keperluan otomotif.

□ Formaldehid digunakan sebagai inhibitor korosi pada sumur minyak, reducing agent untuk recovery emas dan perak, herbisida, fertilizer, coating dan desinfektan.

Perkembangan penggunaan Formaldehid dan polimernya di Amerika Serikat tahun 1975-1977 dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Distribusi produksi Formaldehid berdasarkan penggunaan (1975-1977)

Produk	1975(%)	1977(%)
Phenolic Resin	22	25
Urea	25	25
Acetal Resin	7	9
Melamin Resin	3	5
Fertilizer	4	----- *
Acetalycs	7	6
Pentaerythritol	7	5
Hexamethylenetetramine	5	5
Trimethylolpropane	1,5	----- *
Ethylene glycol	0	0
Lain-lain	18	20

Sumber : Emsiklopedi, Kirk Othmer

- Data tidak diketahui

(Produksi formaldehid tahun 1975 : $2.067 \cdot 10^6$ ton
 1977 : $2.067 \cdot 10^6$ ton

1.4 Sifat-Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan formaldehid adalah metanol yang merupakan seri pertama dari senyawa alkohol yang mempunyai karakteristik dari segi fisik dan kimia. Sifat-sifat fisik terdapat dalam tabel dibawah ini :

Sifat	Nilai
Titik baku, °C	-97,8
Titik didih, °C	64,7
Temperatur kritis, °C	239,43
Spesifik heat uap, 25 °C, J/(g.K)	1,37
Spesifik heat cair, 25 °C, J/(g.K)	2,53
Tekanan uap, 25 °C, kPa	16,96
Densitas, 25 °C, g/cm ³	0,79
Viskositas cair 25 ⁰ , cP	0,54
Konduktivitas panas, W/(m.K)	0,2

Sumber : Ensiklopedi, Kirk Othmer

Sedangkan sifat kimia metanol, merupakan senyawa alkohol yang mempunyai sifat-sifat kimia antar lain : senyawa yang tidak berwarna merupakan liquids dengan polaritas yang tinggi, dapat larut dalam air, alkohol dan eter, dan mudah terbakar.

1.4.2 Sifat Fisik dan Kimia Formaldehid

Formaldehid di produksi sebagai yang larut dalam air yang mengandung metanol dengan jumlah tertentu. Larutan ini merupakan campuran setimbang kompleks dari merhylene glycol ($\text{CH}_2(\text{OH})_2$), poly (oxymethylene glycol) dan hemiformal dari glycol.

Tabel 1.6 sifat-sifat Fisika Formaldehid

Sifat	Niali
Densitas, g/cm ³	
-80°C	0,92
-20°C	0,82
Titik didih pada 1 atm, °C,	-19
Titik leleh, °C,	-118
Panas penguapan, kJ/mol, 19°C,	23,2
Flammabilitas di udara, %	7-73
Energi bebas 52°C, kJ/mol	-109,9
Kapasitas panas, J/(mol.K)	35,4
Panas pembakaran, kJ/mol	561 – 571

Sumber : Ensiklopedi, Kirk Otmer dan Condensed

Sifat kimia dari Formaldehid

Formaldehid dikenal dengan reaktifitasnya yang tinggi dan merupakan bahan kimia intermediat yang banyak digunakan untuk pembentukan larutan, polimer dan turunnya. Gas formaldehid relatif stabil pada 80-100°C tetapi sangat lambat untuk proses pelimerisasi pada suhu rendah. Pada suhu kelarutan di dalam air dan alifatik alkohol rendah adalah sebesar 63 kJ/mol. Reaksi anhidrat formaldehid dengan air adalah sangat cepat, rate orde pertama adalah konstan pada 22°C yaitu sebesar $9.8s^{-1}$. Formaldehid dapat direduksi menjadi metanol dengan menggunakan hidrogen dan katalis MO. Impurities polar yang terdapat adalah asam, alkali dan air yang mempengaruhi pembentukan polimer. Untuk penguraian tanpa katalis sangat lambat pada suhu 500 °C.

1.5 Perkiraan Kapasitas Produksi

Dengan kebutuhan pasar yang semakin meningkat akan produk yang semakin bahan formaldehid seperti, industri kayu lapis, industri polimer, industri pupuk, dan industri lainnya maka kebutuhan akan formaldehid semakin besar. Kapasitas produksi

pabrik baru yang akan dibangun disesuaikan atas dat-data yang diperoleh mengenai ekspor, impor, produksi pabrik yang ada pada tahun 2000 dan referensi data kebutuhan pasar seperti tabel 1.8

Tabel 1.7 Produksi dan Konsumsi Formaldehid di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/thn)	Konsumsi (tin/thn)
1991	162.691	94.193
1992	206.618	116.305
1993	262.618	143.607
1994	333.254	177.319
1995	423.233	218.944
----	-----	-----
2000	1.398.292	628.390

Sumber : Statistik Indonesia Besar & sedang, vol 11 BPS

Tabel 1.8 Proyeksi Kondisi Formaldehid pada tahun 2000

Kondisi	Jumlah (ton)
Ekspor	1.144.197,01
Impor	11.878,407
Produksi	1.398.292
Konsumsi	628.390

Sumber : Data diolah dari BPS

Perhitungan kapasitas produksi :



$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

Dimana :

M1 = Import pada tahun 2000

M2 = Produksi pabrik lama pada tahun 2000

M3 = Kapasitas pabrik baru pada tahun 2000

M4 = Ekspor pada tahun 2000

M5 = Kebutuhan pasar tahun 2000, maka :

$$M3 = (1.144.197,01 + 628.390) - (11.878,407 + 1.398.292)$$

$$M3 = 362.417 \text{ ton}$$

Dengan perkiraan pembangunan pabrik pada tahun 2000 dan pertumbuhan impor semakin kecil serta semakin besarnya kebutuhan maka kapasitas produksi pabrik baru berdasarkan supply dan demand adalah sebesar 362.417 ton sehingga kapasitas pabrik baru yang direncanakan adalah 50.000 ton/tahun.



BAB II

TINJAUAN DAN URAIAN PROSES

BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

Sejak ditemukan pada tahun 1859 proses pembuatan Formaldehid telah mengalami kemajuan. Penelitian-penelitian untuk penyempurnaan hasil telah dilakukan sehingga dari tahun 1921 sampai sekarang terdapat berbagai macam proses produksi Formaldehid.

II. 1. Macam-macam Proses

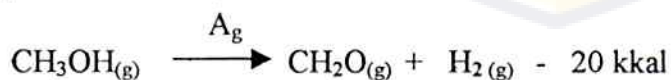
Proses pembuatan Formaldehid yang ada saat ini ada beberapa jenis. Jenis proses yang di dasarkan atas perbedaan reaksi yang terjadi dan katalis yang digunakan. Berdasarkan kedua hal itu tersebut proses pembuatan Formaldehid di bagi menjadi dua, yaitu :

- a. Proses katalitik perak dengan reaksi oksidasi dan hidrogenasi
- b. Proses katalitik metaloksida dengan reaksi oksidasi

II. 1. a. Proses Katalitik Perak

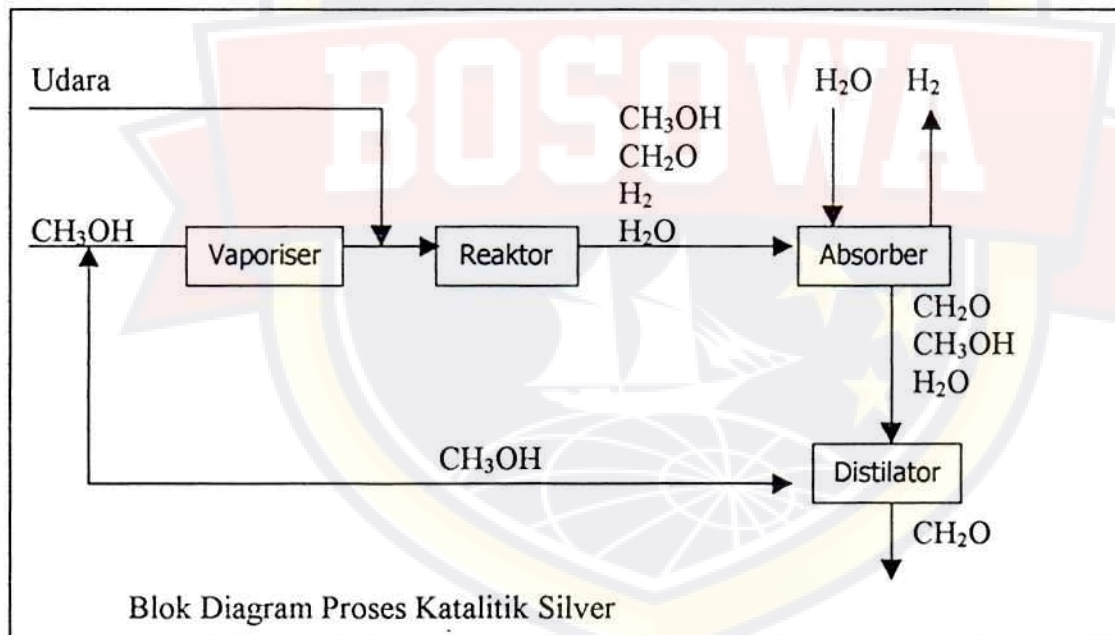
Udara dicampur dengan metanol pada temperatur 50°C untuk menghasilkan 40% campuran udara dan metanol. Campuran udara dan metanol tersebut dilewatkan ke raktor yang berisi katalis perak pada 700°C sehingga campuran tadi terkonversi menjadi gas Formaldehid.

Reaksi :



Gas Formaldehid panas yang di hasilkan kemudian didinginkan dengan memproduksi steam dan selanjutnya melalui bagian bawah menara absorpsi dan tangki pencuci dimana terjadi proses pendinginan dan pencucian dengan air sehingga Formaldehid terkondensasi menjadi larutan encer. Untuk yield yang tinggi yaitu 85-

90% dan produk samping yang sedikit maka reaksi di kontrol sehingga 60% metanol terkonversi menjadi Formaldehid. Metanol yang masih terdapat dalam produk di pisahkan dengan proses distilasi dan sebagian ada yang di Recycle. Produk dasar menara distilasi mengandung 37-50% larutan Formaldehid. Alternatif lain adalah dengan penambahan steam pada campuran udara dan metanol sehingga katalis perak dapat di operasikan pada 700°C dan larutan Formaldehid dengan 2-4% metanol bisa diperoleh tanpa adanya proses destilasi. Regenerasi katalis dilakukan setiap 3-8 bulan. Katalis perak mudah teracuni oleh logam-logam transisi dan belerang sehingga digunakan alkali untuk pencucian katalis yang terkena racun tersebut.



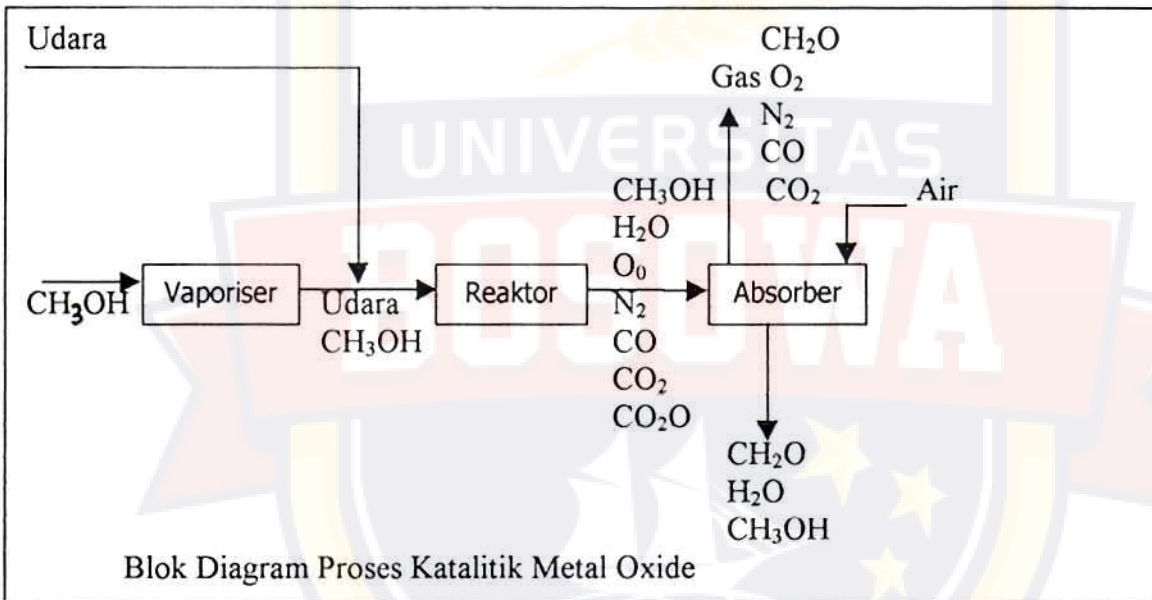
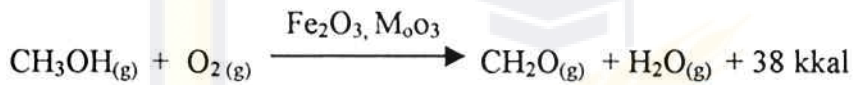
Sumber : Mc Ketta " Encyclopedia of Chemical Processing and Design ", Vol. 23

II. 1. b. Proses Katalitik Metaloksida

Metanol segar dicampur bersama-sama dengan udara dan kemudian dilewatkan ke Reaktor yang diisi dengan katalis Feromolybdenum oksida (25 % Fe_2O_3 dan 75 % MoO_3) dan kemudian terkonversi menjadi gas Formaldehid pada temperatur $300 - 400^{\circ}\text{C}$. Panas yang dihasilkan selama reaksi di dimanfaatkan untuk membuat steam sehingga dapat digunakan sebagai utilitas. Seperti halnya pada

proses perak katalis, gas Formaldehid dialirkan kemenera absorpsi dan tangki pencuci dimana terjadi pendinginan dan pencucian dengan air. Produk atas dimenera absorpsi berupa gas, sedangkan produk bawah menghasilkan 35 – 50 % larutan Formaldehid. Regenerasi katalis untuk proses ini dilakukan setiap 12 – 18 bulan sekali.

Reaksi :



Sumber : Mc Ketta " Encyclopedia of Chemical Processing and Design ", Vol. 23

II. 2. Pemilihan Proses

Dari kedua proses diatas dilakukan pemilihan parameter aspek teknik dan ekonomi untuk mendapatkan proses yang terbaik. Perbandingan kedua proses ini dapat dilihat pada tabel II. 2. 1

Tabel II. 2. 1. Perbandingan Proses Katalitik Perak dan Proses Katalitik Meteloksida

Parameter	P. Perak	P. Mo
Aspek Teknis		
1. Proses		
- Kuantitas bahan baku metanol, kg untuk menghasilkan produk dalam ton	429	420
- Kemurnian bahan baku	100%	100%
- Kuantitas produk, ton	1	1
- Regenerasi katalis, bulan	3 – 8	12 – 18
- Steam 5 atm gavage, kg	500	400
- Air Pendingin 20°C, m ³	35	40
- Air proses, m ³	450	450
- Katalis, DM	1	3
- Konversi, %	65 – 75	91 – 94
2. Operasional		
- Temperatur Reaktor, °C	560 – 620	300 – 450
- Alloy tambahan untuk katalis	ada	tidak
Aspek Ekonomis		
- Biaya pembuatan, \$	6,72	6,62

Sumber : Hydrocarbon Processing November 1977

Mc Ketta " Encyclopedia of Chemical Processing and Design".

Dari perbandingan diatas dapat dilihat bahwa proses katalitik metaloksida memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan proses katalitik perak yang sangat berpengaruh dalam aspek teknis dan ekonomis yaitu :

- Kuantitas bahan baku yang lebih kecil untuk jumlah produk yang sama
- Regenerasi katalis yang lebih lama
- Konversi reaksi yang lebih besar

- Jumlah steam yang lebih sedikit
- Temperatur operasi Reaktor yang lebih rendah
- Biaya pembuatan yang lebih murah

Dari tinjauan aspek teknis dan ekonomis maka proses yang dipilih adalah

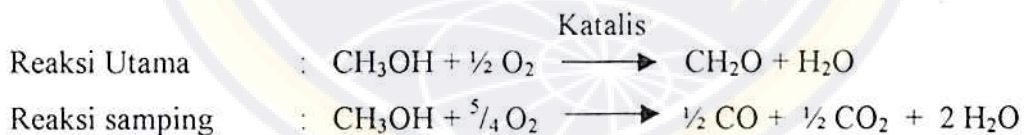
“PROSES KATALITIK METALOKSIDA”

II. 3. Uraian Proses

Metanol dengan kemurnian 98% dari tangki penyimpanan metanol (F-110) di pompakan dengan pompa (L-III) menuju Vaporiser (V-112), kemudian udara dihembuskan dengan Blower (G-113) menuju ke Reaktor bersama dengan metanol dan mengalami beberapa tahanan untuk memenuhi kondisi operasi Reaktor.

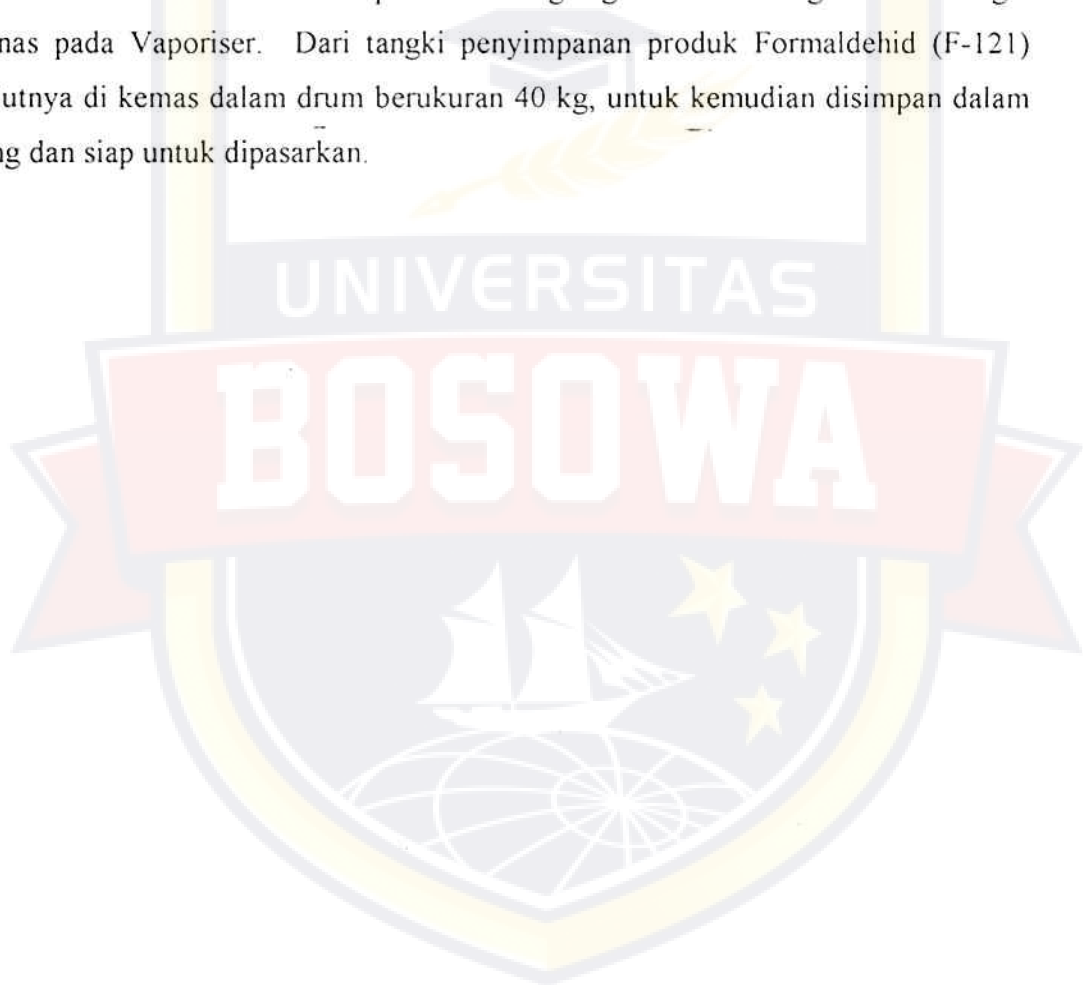
Udara dan metanol kemudian di lewatkan pada Preheater (E-114) sebagai pemanas awal, kemudian masuk ke Superheater (E-115) dan selanjutnya menuju ke Reaktor (R-116).

Campuran umpan yang masuk ke Reaktor (R-116) type Fixed Bed multi Tubular pada tekanan 1,5 atm dan suhu 300°C. Katalis yang digunakan adalah Iron Molibdenum Oksid (Oksida Besi Molibdenum), sedangkan reaksi yang terjadi adalah :



Karena reaksi ini bersifat eksotermis maka untuk menjaga suhu reaksi digunakan pendingin. Adapun pendingin yang digunakan adalah pendingin dowtherm A. Gas campuran keluar dari Reaktor pada suhu 380°C, kemudian didinginkan dalam Cooler (E-117) hingga suhu 100°C. Selanjutnya melalui Blower (G-118) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 2 atm dan dialirkan kemenera Absorber (D-119). Didalam menara Absorber gas Formaldehid dan metanol dipisahkan dari N₂, O₂, CO dan CO₂ dengan menggunakan air sebagai absorbent, dan beroperasi pada tekanan 1,5 atm.

Hasil bawah dari menara absorber adalah Formaldehid, metanol dan air di alirkan dengan menggunakan Pompa (L-120), kemudian didinginkan dalam Cooler (E-121) dan selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan produk (F-121), sedangkan gas yang keluar dari bagian atas menara dialirkan kedalam Furnace (Q-122) untuk di bakar dari hasil pembakaran gas-gas tersebut digunakan sebagai pemanas pada Vaporiser. Dari tangki penyimpanan produk Formaldehid (F-121) selanjutnya di kemas dalam drum berukuran 40 kg, untuk kemudian disimpan dalam gudang dan siap untuk dipasarkan.





BAB III

NERACA MASSA

BAB III
NERACA MASSA

Kapasitas = 50.000 ton/tahun
 = 6313,13 kg/jam
 Basis perhitungan = 100 kg/jam CH₂OH
 Satuan = Kg/jam

1. VAPORISER

Masuk Vaporiser (Kg/jam)	% Massa	Keluar Absorber (kg/jam)	% Massa
CH ₂ OH = 2795,94	98	CH ₂ OH = 2795,94	98
H ₂ O = 57,06	2	H ₂ O = 57,06	2
Total = 2853	100	Total = 2853	100

2. REAKTOR

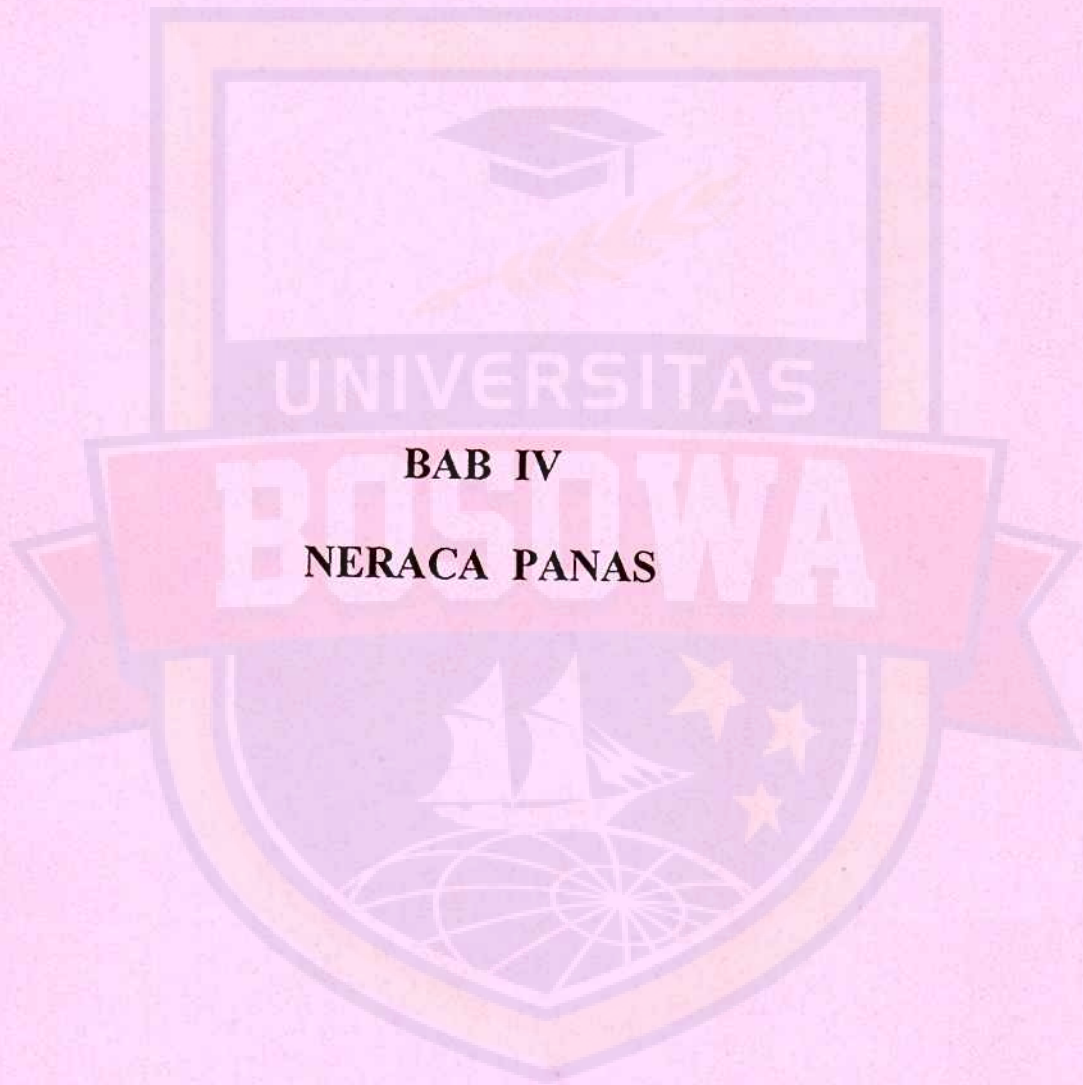
Masuk Reaktor (Kg/jam)	% Massa	Keluar Reaktor (kg/jam)	% Massa
CH ₂ OH = 2795,94	27,81	CH ₂ OH = 167,19	1,66
H ₂ O = 57,06	0,57	H ₂ O = 1598,71	15,90
O ₂ = 1679,85	16,71	O ₂ = 281,31	2,80
N ₂ = 5519,98	54,91	N ₂ = 5519,98	54,91
		CH ₂ O = 2359,43	23,47
		CO = 49,07	0,49
		CO ₂ = 77,03	0,77
Total = 10052,72	100	Total = 10052,72	100

3. ABSORBER

Masuk Absorber (kg/jam)		% massa	Keluar Absorber (kg/jam)		% massa
CH ₃ OH	= 167,19	1,36	Produk Bawah (Liquid) :		
H ₂ O	= 1598,71	13,03	CH ₂ O 37%	= 2335,75	19,04
CH ₂ O	= 2359,43	19,24	CH ₃ OH	= 167,76	1,37
O ₂	= 281,31	2,29	H ₂ O	= <u>3809,90</u>	31,06
N ₂	= 5519,98	45,01		6313,41	
CO	= 49,07	0,40	Produk Atas (Gas) :		
CO ₂	= 77,03	0,63	CH ₂ O 1%	= 23,68	0,19
			O ₂	= 281,31	2,29
			CO	= 49,07	0,40
			CO ₂	= 77,03	0,63
			N ₂	= <u>5519,98</u>	54,01
H ₂ O yang ditambahkan	= 2211,19	18,03		5951,07	
Total	= 12265,047	100	Total	= 12265,047	100

4. FURNACE

Masuk Furnace (Kg/jam)		% Massa	Keluar Furnace (kg/jam)		% Massa
CH ₂ OH	= 23,68	0,40	O ₂	= 228,24	3,84
O ₂	= 281,31	4,73	CO ₂	= 188,58	3,17
CO	= 49,07	0,82	H ₂ O	= 15,41	0,26
CO ₂	= 77,03	1,29	N ₂	= 5519,98	92,76
N ₂	= 5519,98	92,76			
Total	= 5951,07	100	Total	= 5951,07	100



BAB IV

NERACA PANAS

BAB IV
NERACA PANAS

1. VAPORISER

Masuk Vaporiser (kkal/jam)		Keluar Vaporiser (kkal/jam)	
CH ₃ OH	= 4753,098	CH ₃ OH	= 406502,15
H ₂ O	= 285,30	H ₂ O	= 2853
Steam	= 495906,65	Kondesat	= 91589,90
Total	= 500945,05	Total	= 500945,05

2. PREHEATER

Masuk Preheater (kkal/jam)		Keluar Preheater (kkal/jam)	
CH ₃ OH	= 396339,812	CH ₃ OH	= 652415,82
H ₂ O	= 970,02	H ₂ O	= 31150,195
Udara	= 17013,198	Udara	= 127796,98
Steam	= 486981	Kondesat	= 89941,03
Total	= 901304,03	Total	= 901304,03

3. SUPERHEATER

Masuk Superheater (kkal/jam)		Keluar Superheater (kkal/jam)	
CH ₃ OH	= 741957,77	CH ₃ OH	= 1222263,44
H ₂ O	= 1044076,87	H ₂ O	= 813019,31
O ₂	= 13581,65	O ₂	= 7233,89
N ₂	= 288060,65	N ₂	= 142967,48
CO	= 2560,72	CO	= 1270,91
CO ₂	= 4101,85	CO ₂	= 1852,57
CH ₂ O	= 431362,79	CH ₂ O	= 187697,73
Udara	= 127796,98	Udara	= 277193,46
Total	= 2.653.498,79	Total	= 2.653.498,79

4. REAKTOR

Masuk Reaktor (kkal/jam)		Keluar Reaktor (kkal/jam)	
Gas Feed	= 1482710,35	Gas Produk	= 1842135,79
Q_R 380 ⁰ C	= 13629192,78	Pendinginan Dowtherm A	
Pendidikan Dowtherm A		pada T 257,8 ⁰ C	= 19576690,96
Pada T 100 ⁰ C	= 6306923,62		
Total	= 21418826,75	Total	= 21418826,75

5. COOLER

Masuk Cooler (kkal/jam)		Keluar Cooler (kkal/jam)	
CH ₃ OH	= 47844,76	CH ₃ OH	= 30299,84
H ₂ O	= 781881,10	H ₂ O	= 324654,02
O ₂	= 7233,89	O ₂	= 2742,77
N ₂	= 142967,48	N ₂	= 57959,79
CH ₂ O	= 187697,73	CH ₂ O	= 76091,62
CO	= 1270,91	CO	= 515,24
CO ₂	= 1852,57	CO ₂	= 693,27
Air Pendingin 30 ⁰ C	= 977791,90	Air Pendingin 30 ⁰ C	= 1355583,80
Total	= 1848540,35	Total	= 1848540,35

6. ABSORBER

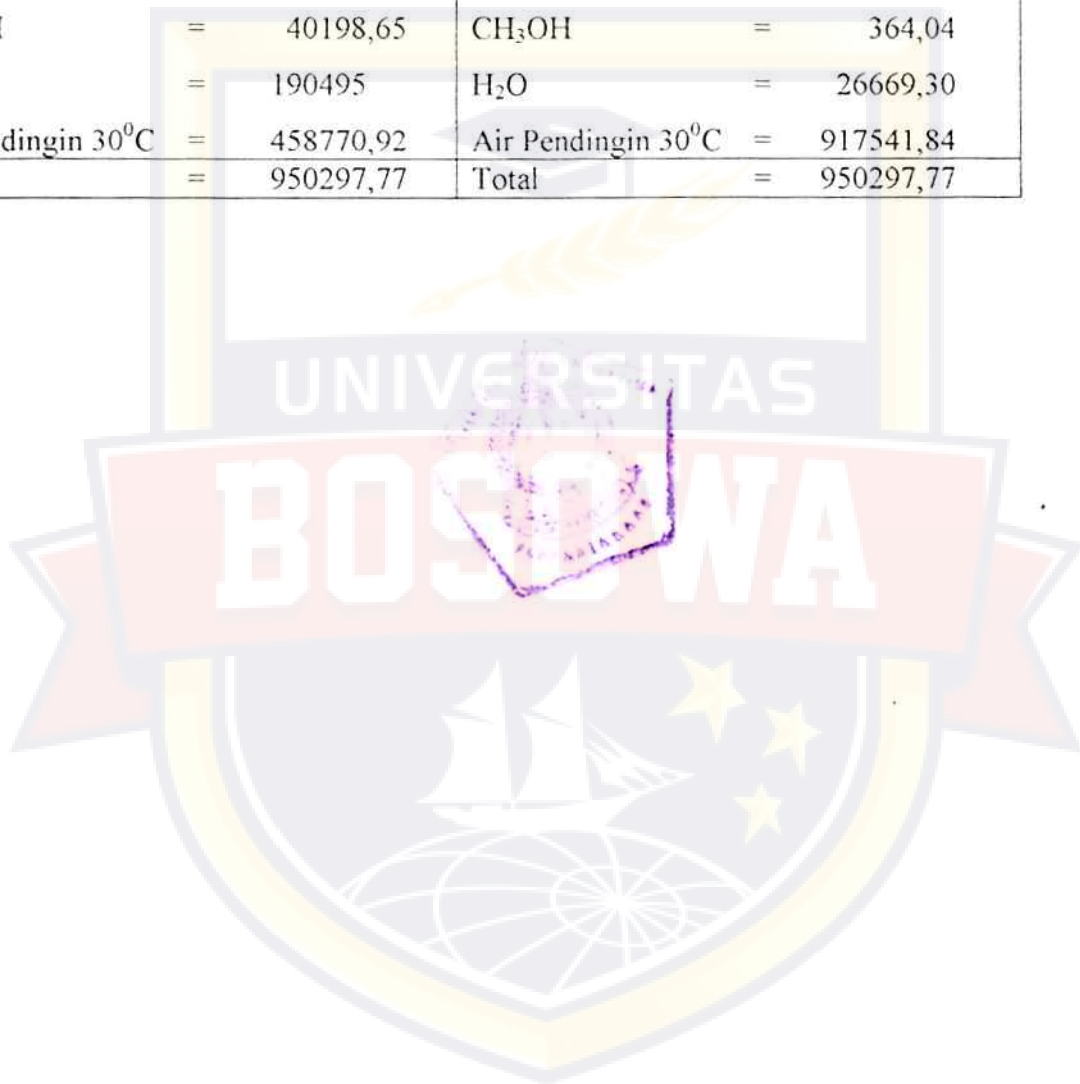
Masuk Absorber (kkal/jam)		Keluar Absorber (kkal/jam)	
CH ₂ O	= 76091,62	Produk Bawah (liquid) :	
CH ₃ OH	= 30299,84	CH ₂ O 37%	= 260833,20
H ₂ O	= 324654,02	CH ₃ OH	= 40198,65
O ₂	= 2742,77	H ₂ O	= $\frac{190495}{491526,85} +$
N ₂	= 57959,79		
CO	= 515,24	Produk Atas (Gas) :	
CO ₂	= 693,27	CH ₂ O	= 145,63
		CO ₂	= 138,65
		N ₂	= 11591,96
		O ₂	= 506,36
H ₂ O yang ditambahkan	= 11055,95	CO	= $\frac{103,05+}{12485,65}$
Total	= 504012,50	Total	= 504012,50

7. FURNACE

Masuk Furnace (kkal/jam)		Keluar Furnace (kkal/jam)	
CH ₂ O	= 145,63	CH ₂ O	= 3009,37
CO	= 103,05	CO	= 2129,64
CO ₂	= 138,65	CO ₂	= 2865,52
N ₂	= 11591,96	N ₂	= 239567,13
O ₂	= 506,36	O ₂	= 10726,35
Q _i	= 245812,72		
Total	= 258298,37	Total	= 258298,37

8. FORMALDEHID COOLER

Masuk Cooler (kkal/jam)		Keluar Cooler (kkal/jam)	
CH ₂ O	= 260833,20	CH ₂ O	= 5722,59
CH ₃ OH	= 40198,65	CH ₃ OH	= 364,04
H ₂ O	= 190495	H ₂ O	= 26669,30
Air Pendingin 30 ⁰ C	= 458770,92	Air Pendingin 30 ⁰ C	= 917541,84
Total	= 950297,77	Total	= 950297,77





BAB V

SPEKIFIKASI ALAT

BAB V
SPESIFIKASI ALAT PROSES

1. TANGKI PENAMPUNG METANOL (F – 110)

Fungsi	: Untuk menyimpan bahan baku metanol dalam bentuk cairan selama 2 bulan
Jumlah	: 2 unit
Kapasitas	: 109088,83 ft ³ = 3087,21 m ³
Deminsi	: D = H = 52 ft = 0,16 m
	ts = 0,082 ft = 0,025 m
	th = 0,41 ft = 0,125 m
	tb = 0,32 ft = 0,098 m
Bahan	: Carbon steel SA – 283 grade C
Temperatur	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm

2. POMPA METANOL (L - 111)

Fungsi	: Untuk mengalirkan metanol dari tangki penampung menuju ke Vaporiser
Jumlah	: 1 unit
Jenis	: Pompa Sentrifugal
Kapasitas	: 109088,38 ft ³ = 3087,21 m ³
Bahan	: Stainless steel
Motor Power	: 1 Hp = 0,7457 kw

3. VAPORISER (V - 112)

Fungsi : Untuk menguapkan larutan metanol dari tangki penampung

Jumlah : 1 unit

Type : 1 – 2 HE

Kondisi Operasi :

- Suhu masuk = 30°C

- Suhu keluar = 75°C

Ukuran :

Shell :

- Diameter dalam = 10 in

- Passes = 2

- Zat yang mengalir = metanol

Tube :

- Jumlah pipa = 62 buah

- Panjang = 16 ft = 4,88 m

- Diameter luar = $\frac{3}{4}$ in, 16 BWG

- Pitch = $\frac{15}{16}$ in, Triangular

- Passes = 1

- Zat yang mengalir = Steam

Rd = 0,005

ΔP_t = 0,274 psi

ΔP_s = 0,403 psi

4. BLOWER (G - 113)

- Fungsi : Untuk menarik udara dan menaikkan tekanan bahan baku menjadi 2 atm
- Type : Axial penghisap (aliran aksial)
- Jumlah : 1 unit
- Daya : 1,86 kw
- Bahan : Carbon steel (Baja Karbon)

5. PREHEATER (E - 114)

- Fungsi : Sebagai pemanas awal campuran bahan baku sehingga Temperaturnya mencapai 150°C
- Jumlah : 1 unit
- Kondisi Operasi :
- Suhu masuk = 42°C
 - Suhu keluar = 150°C
- Type : 1 – 2 HE
- Ukuran :
- Shell :
- Diameter dalam = 13,25 in
 - Baffle = 3
 - Passes = 2
 - Zat yang mengalir = steam
- Tube :
- Jumlah Pipa = 114
 - Panjang = 16 ft = 4,88 m
 - Diameter luar = $\frac{3}{4}$ in, 16 BWG
 - Pitch = $\frac{15}{16}$ in, Triangular
 - Passes = 1
 - Zat yang mengalir = CH₃OH, Udara, H₂O
- Rd = 0,0032

$$\Delta P_t = 1,72 \text{ psi}$$

$$\Delta P_s = 0,164 \text{ psi}$$

6. SUPERHEATER (E - 115)

Fungsi : Sebagai penukar panas produk keluar Reaktor dan bahan baku yang masuk ke Reaktor

Jumlah : 1 unit

Type : 1 - 2 HE

Kondisi Operasi :

- Suhu masuk = 150°C

- Suhu keluar = 300°C

Ukuran :

Shell :

- Diameter dalam = 31 in

- Baffle = 6 in

- Passes = 1

- Zat yang mengalir = CH₃OH, H₂O, CH₂O, O₂, N₂, CO, CO₂

Tube :

- Jumlah pipa = 657

- Panjang = 18 ft = 5,49 m

- Diameter luar = 3/4 in, 16 BWG

- Pitch = 1 in, square

- Passes = 1

- Zat yang mengalir = CH₃OH, Udara, H₂O

$$R_d = 0,014$$

$$\Delta P_t = 0,02 \text{ psi}$$

$$\Delta P_s = 0,28 \text{ psi}$$

7. REAKTOR (R - 116)

Fungsi	: Sebagai tempat terjadinya reaksi
Jumlah	: 1 unit
Type	: Multi Tubular Fixed Bed Reactor (Reaktor unggun tetap banyak tabung)
Katalis	: Iron Molibadenum Oksida (Oksida Besi Molibdenum) (25% Fe_2O_3) dan (75% MoO_3)
Pendingin	: Dowtherm A <ul style="list-style-type: none"> - Temperatur masuk Reaktor = $100^{\circ}C$ - Temperatur keluar Reaktor = $257,8^{\circ}C$
Kondisi Operasi	: <ul style="list-style-type: none"> - Suhu umpan masuk = $300^{\circ}C$ - Suhu produk keluar = $380^{\circ}C$ - Tekanan Tube Side = 2,4 tekanan operasi - Tekanan Shell Side = 1,25 tekanan hidrostatik
Rd ketentuan	= 0,004 psia
Bahan konstruksi	= Carbon steel dan alloy steel
V_o	= $104,63 \text{ ft}^3 / \text{dstik}$ = $2,96 \text{ m}^3 / \text{detik}$
V_r	= $613,63 \text{ ft}^3$ = $17,37 \text{ m}^3$
Jumlah tubs	= 7670 buah
t_s	= 0,40 in
t_h	= 0,35 in
ΔP_t	= 0,002 psi
ΔP_s	= 0,002 psi
r (wktu tinggal)	= 2,17 detik

8. PENDINGIN (E - 117)

Fungsi : Untuk mendinginkan gas produk yang keluar dari Superheater pada temperatur 210°C

Jumlah : 1 unit

Type : 1 - 2 HE

Kondisi Operasi :

- Suhu masuk = 210°C

- Suhu keluar = 100°C

Ukuran :

Shell :

- Diameter dalam = 25 in

- Baffle = 5 in

- Passes = 1

- Zat yang mengalir = CH₂O, CH₃OH, H₂O, N₂, O₂, CO, CO₂

Tube :

- Jumlah pipa = 532 buah

- Panjang = 16 ft = 4,88 m

- Diameter luar = ¾ in, 16 BWG

- Pitch = 1⁵/₁₆ in Triangular

- Passes = 1

- Zat yang mengalir = H₂O

Rd = 0,043

ΔPs = 0,75 psi

ΔPt = 1,05 psi

9. BLOWER (G – 118)

Fungsi	: Untuk menarik udara dan menaikkan tekanan menjadi 2 atm
Type	: Axial pengisap (aliran aksial)
Jumlah	: 1 unit
Daya	: 2,05 Hp = 1,53 kw
Bahan	: Carbon steel (Baja Karbon)

10. ABSORBER (D – 119)

Fungsi : Untuk mengabsorpsi Formaldehid (CH_2O) sehingga di Peroleh larutan Formaldehid 37%

Jumlah : 1 unit

Kondisi Operasi :

- Gas masuk = 100°C
- Gas keluar = 40°C
- Liquid masuk = 30°C
- Liquid keluar = 75°C

Diameter menara = 1,21 m

Luas penampungan = $12,325 \text{ ft}^2 = 1,145 \text{ m}^2$

Tinggi menara = 25,60 m

Jumlah bed packing = 5 buah

Tinggi bed packing = 4,571 m

ts (tebal shell) = 0,254 in

th (tebal tutup) = 0,354 in

Difusitas CH_2O dalam gas udara (Gg) = $0,088 \text{ ft}^2/\text{jam} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{jam}$

Divusivitas gas ke cairan (DL) = $1,29 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^2/\text{jam} = 1,20 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{jam}$

ΔP = 0,837 psi

11. POMPA ABSORBER (L – 120)

Fungsi	: Untuk mengalirkan produk absorber menuju ke pendingin produk Formaldehid
Jumlah	: 1 unit
Jenis	: Pompa Sentrifugal
Kapasitas	: 211,28 ft ² /jam = 1963 m ² /jam
Bahan	: High alloy steel
Daya	: 1 Hp = 0,7457 kw

12. TANGKI PENAMPUNG FORMALDEHID (F – 121)

Fungsi	: Untuk menampung produk Formaldehid yang dialirkan dari absorber dalam bentuk liquid selama 1 bulan
Jumlah	: 3 unit
Kapasitas	: 58883,73 ft ³ = 1666,41 m ³
Demensi	: D = H = 40 ft = 12,192 m
	ts = 0,154 ft = 0,047 m
	th = 0,138 ft = 0,042 m
	tb = 0,03 ft = 9,14.10 ⁻³ m
Bahan	: stainless stell SA – 226
Temperatur	: 30°C
Tekanan	: 1 atm

13. PENYARING UDARA

Fungsi	: Untuk menyaring dan membersihkan udara dari debu dan serangga sehingga tidak terikut masuk ke penghisap.
Jenis	: Throwaway Extended Medium Dry Filter
Ukuran	:
	- Kapasitas = 7199,83 kg/jam

- Panjang = 24 in (0,61 m)
- Lebar = 24 in (0,61 m)

Bahan : Sub micrometer Filtet Glass

Jumlah : 1 unit

14. FURNACE (Q – 122)

Fungsi : Sebagai tempat pembakaran CH_2O , O_2 , N_2 , CO dan CO_2

Jumlah : 1 unit

Jenis bahan : Stainless steel

Komposisi :

C = 86,4 %

H_2 = 13,6 %

O_2 = 1 %

N_2 = 9 %

C/H = 6,35

$^{\circ}\text{Api}$ = 41,5

Spesifik gravity = 0,83



BAB VI

SAFETY DAN INSTRUMENTASI

BAB VI

SAFETY DAN INSTRUMENTASI

SAFETY

Safety atau keselamatan kerja adalah hal yang utama yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu pabrik. Adapun tindakan dalam keselamatan kerja tidak hanya ditinjau dari kerja, tetapi harus ditunjang oleh peralatan pabrik yang baik supaya keselamatan para pekerja dapat berjalan dengan baik.

Secara umum ada tiga macam bahaya yang biasa terjadi dalam pabrik dan harus diperhatikan dalam plant design, yaitu :

1. *Mechanical*

Bahaya yang ditimbulkan oleh alat-alat yang bergerak dan struktur dari alat-alat bangunan

2. *Hygine*

Harus diperhatikan adanya kimia, baik berupa gas maupun cairan yang bersifat racun

3. *Klamable dan Explosive*

Design peralatan untuk hal-hal ini harus didasarkan pada karakteristik bahan-bahan yang diolah.

Karena bahan baku yang digunakan adalah metanol, maka untuk menjaga keselamatan karyawan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Didalam ruang pabrik dan sekitar tangki metanol karyawan dilarang merokok.
- Para operator diharuskan memakai sepatu karet dan dilarang menggunakan sepatu yang berpaku yang bisa menimbulkan lancatan bunga api bila terjadi gesekan dengan benda keras lainnya.
- Para karyawan dilarang berbuat yang bisa menimbulkan bunga api.
- Para operator diharuskan memakai sarung tangan untuk menjaga agar kulit tidak rusak.

- Para karyawan diharuskan memakai topi pengaman (helm) dan alat-alat keselamatan perorangan lainnya sebagaimana yang dianjurkan oleh bagian keselamatan.

Plant Lay Out

Susunan dari berbagai unit pada suatu plant dapat mempengaruhi banyak tidaknya kemungkinan terjadinya kecelakaan/bahaya. Karena itu persoalan safety pada perencanaan sebaliknya dibagi menjadi beberapa bagian untuk memudahkan pemeliharaan, peningkatan efisiensi kerja dan juga untuk safety (untuk melikalisir kebakaran pada suatu tempat).

Luas jalan lebarnya antara 50 – 100 dan tidak boleh ada jalanan buntu (harus ada arah yang berlainan agar dapat mencegah adanya kendaraan yang akan menabrak bangunan pada saat berputar).

Unit daerah plant berbukit, sebaiknya tangki bahan yang mudah terbakar ditempatkan pada bagian paling bawah atau paling datar sehingga bila kebocoran, tidak menimpa bagian-bagian yang lain.

Unit pembangkit listrik serta unit utilitas ditempatkan pada tempat yang lain sedangkan kantor, workshop dan laboratorium ditempatkan pada tempat yang jauh dari unit operating, karena biasanya pada laboratorium dan workshop ada nyala api yang bisa menimbulkan kebakaran.

Perpipaan

- Letak pipa sebaliknya diletakkan diatas permukaan tanah, karena bila terkubur, akan menyulitkan pengontrolannya apabila kebakaran.
- Arrangement dari perpipaan dan valve adalah penting untuk safety operation :
 - a. Valve-valve besar mudah dicapai dari plant from
 - b. Pasangan valve yang discharge ke dalam tangki terbuka, supaya operator dapat bekerja tanpa kesulitan yang hebat terhadap vapor.
 - c. Selain Check, juga dipasang Block Valve untuk mempermudah penyetopan bila ada kebocoran.

- d. Tempat yang rendah dipasang dari dan tempat yang tinggi dipasang vent $\frac{3}{4}$ in atau lebih besar.
- e. Loop popa steam pasang block valve sehingga steam dapat didatangkan dari segala arah kalau ada bagian dari steam yang rusak.
- f. Pipa-pipa harus dites sebelum dipakai
- g. Solveve Siste yang terpisah akan berguna untuk zat-zat yang berbahaya.

Heat Exchanger

- Kalau inlet outlet heat exchanger keduanya membutuhkan block balbe, maka hendaknya dipasang relief pada bagian-bagian yang dingin guna mencegah adanya thermal expansion yang berlebihan.
- Harus disediakan cukup drain hole untuk pemeliharaan.
- Rate aliran harus dijaga, sehingga akan didapatkan panel yang diinginkan.
- Adapun jenis Heat Exchanger yang digunakan adalah type 1-2 dan type 2-4, dimana type 1-2 digunakan pada Vaporiser, Preheater, Superheater, dan Cooler. Sedangkan pendingin produk menggunakan type 2-4.
- Jumlah Heat Exchanger yang digunakan adalah 5 buah.
- Jenis Heat Exchanger yang digunakan berfungsi sebagai penukar panas.

Pelistrikan

- Perlu dipasang alat-alat dari pemasangan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda, misalnya : dengan memberikan cat warna pada beton penutup.
- Sediakan Energy Power Supply.
- Adapun kebutuhan listrik yang digunakan adalah :
 - a. Untuk alat proses : 6,55 Hp.
 - b. Untuk penerangan pabrik, rumah tangga, jalan-jalan dan taman : 18,9 Hp.
 - c. Untuk bengkel, kantor, poliklinik, AC, dan lain-lain : 18,9 Hp.Sehingga total listrik yang dibutuhkan adalah : 226,8 Hp. Dan faktor keamanan diambil 10% sehingga total listrik 186,04 Kw.

- Kekuatan minimum generator : 232,55 Kw.

Alat-alat Pemadam Kebakaran

Pemadam kebakaran disuatu pabrik sangat berperan sekali untuk mencegah meluasnya api, apabila terjadi kebakaran sebagai pemadam kebakaran digunakan air, dengan cara air disemprotkan diatas api. Sehingga airnya akan menyelubungi api dan akan menurunkan suhu sekelilingnya sehingga api akan padam. Karena pengeringnya air sebagai pemadam, distribusi air sangat diperlukan sekali dalam industri. Dengan adanya sistem ini diperlukan pompa yang akan menaikkan tekanan air supaya dapat dipakai nosel springkler.

Cara lain untuk memadamkan kebakaran adalah dengan menggunakan inlet gas CO₂.

Sistem Alarm Pabrik

Pada semua bagian pabrik dipasang sistem alarm sehingga apabila terjadi kebakaran, maka personil-personil pemadam kebakaran bisa bergerak dengan cepat dan para pekerja dapat segera mengetahui adanya suatu kebakaran dan bisa segera melakukan penyelamatan diri.

INSTRUMENTASI

Untuk mengawasi suatu proses industri, pabrik harus dilengkapi dengan instrumentasi. Sealin mengawasi, instrumentasi akan mencatat jalannya proses sejak dari raw material dalam tangki sehingga produk akhir yang diperoleh secara efektif. Untuk mengatur secara manual biasanya diberi petunjuk atau pencatat saja, sedangkan untuk kontrol otomatis diperlukan adanya bagian instrumen, yakni :

- ***Sensing Element/Primery Element :***

Yaitu : Elemen yang merasakan adanya perubahan dari harga variabel yang diukur.

- ***Elemen Pengukur***

Yaitu : Elemen yang menerima output dari elemen primary dan melakukan pengukuran, termasuk disini alat-alat petunjuk (indikator) atau alat-alat pencatat (recorder)

- *Elemen Pengontrol*

Yaitu : Elemen yang digunakan untuk mengontrol harga-harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh elemen perasa dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengukur sumber tenaga sesuai dengan perubahan-perubahan yang terjadi. Tenaga tersebut bisa mekanis maupun elektrik.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumen, adalah :

Level instrumen, range yang diperlukan untuk mengukur, ketelitian yang diperlukan, bahan konstruksinya alat-alat ukur dan kontrol yang digunakan dalam pabrik ini yakni :

- * LI = Level Indicator
- * FC = Flow Control
- * FIC = Flow Indicator Control
- * TI = Temperatur Indicator
- * TIC = Temperatur Indicator Control
- * PI = Pressure Indicator.

Pemasangan Instrumentasi pada peralatan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 6 – 1. Peralatan dan Instrumentasinya.

Peralatan	Variabel 19 Dikontrol	Instrumentasi
Vaporizer	- Suhu	TI
Blower	- Tekanan	PIC
Preheater	- Suhu	TI
Superheater	- Suhu	TI
Reaktor	- Tekanan - Suhu	PIC TI
Cooler	- Aliran feed	FRC
Absorber	- Tekanan - Rate aliran feed	PIC FRC
Furnace	- Suhu - Tekanan gas keluar	TI PIC



BAB VII

UTILITIS

BAB VII UTILITAS

Sarana penunjang untuk kelangsungan proses pembuatan Formaldehid meliputi :

- 1) Air
- 2) Steam
- 3) Tenaga listrik
- 4) Bahan bakar

Kebutuhan air

Kebutuhan air total sebanyak 261.151,47 liter/jam, yaitu , meliputi kebutuhan air untuk pendingin alat-alat proses, boiler, steam, dan air sanitasi. Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut dipakai air sungai. Air dari sungai yang diproses sebelumnya sehingga menjadi air bersih yang digunakan sebagai pendingin. Sedangkan air untuk boiler harus dilunakkan terlebih dahulu dengan wafer softener dan air untuk kebutuhan rumah tangga (air minum) harus diklorinisasi terlebih dahulu.

Kebutuhan Steam

Sebagai media pemanas untuk proses digunakan uap air (steam) yang dihasilkan dari unit pembangkit uap (boiler). Sedangkan kebutuhan atau uap yang dihasilkan = 844,91 Kg/jam.

Sebagai bahan bakar boiler digunakan solar(fuel oil) dengan nilai bakar 19200 Btu/16. Sebanyak 69,339 Kg/jam.

Kebutuhan listrik

Kebutuhan tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan motor, penerangan pabrik, kantor, bengkel, dan laboratorium serta keperluan lainnya dipenuhi dari listrik negara (PLN). Sedangkan cadangan apabila listrik dari PLN padam, maka dipasang pembangkit sendiri.

Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang dipakai untuk Generator adalah solar, dengan asumsi listrik dari PLN padam 1(satu) kali dalam seminggu, masing-masing selama 2(dua) jam, maka kebutuhan bahan bakar untuk menggerakkan generator sebanyak : 381,0 Kg/jam

Spesifikasi Alat untuk utilitas :

1) Bak Penampung air sungai (B – 01)

Fungsi = Menampung air dari sungai

Kapasitas = 261.151 liter/jam

Lebar (L) = 4,77 m

Tinggi (T) = 4,77 m

Panjang (P) = 9,54 m

Bahan = Beton

Jumlah = 1 Unit

2) Tangki Flukulator (TF – 01)

Fungsi = Mengendapkan kotoran dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$

Kapasitas = 261.151,473 liter/jam

Diameter Tangki = 5,21 m

Volume Tangki = 217,62 m³

Tinggi (T) = 15 m

Bahan = Carbon steel

Jumlah = 1 Unit

3) Tangki Penyaringan (SF - 01)

Fungsi = Menyaring kotoran halus dengan menggunakan saringan pasir

Kapasitas = 1149,94 gpm

Tinggi Kerikil = 1 m

Tinggi Pasir kasar = 1 m

Tinggi pasir halus = 1 m

Tinggi Tangki = 10,44 m

Diameter Tangki = 5,22 m

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 1 Unit

4) Bak Penampung Air Bersih (B - 02)

Fungsi = Menampung air bersih yang keluar dari bak saringan pasir.

Kapasitas = 261.151,47 liter/jam

Panjang (P) = 24,06 m

Lebar (L) = 12,03 m

Tinggi (T) = 12,03 m

Volume Tangki = 3482,01 m³

Bahan = Beton

Jumlah = 1 Unit

5) Tangki Kation Exchanger (IE - 01)

Fungsi = Menghilangkan kesodahan air yang disebabkan oleh kation.

Kapasitas = 1022,63 gallon/menit

Tinggi Tangki = 15,41 ft

Volume Resin = 2915,68 ft

Diameter Tangki = 18,04 ft

Type = Siliender Tegak

Bahan = Carbon steel

Jumlah = 1 Unit

6) Tangki Anion Exchanger (IE -02)

Fungsi = Menghilangkan kesodahan air basah yang disebabkan oleh anion.

Kapasitas = 1022,63 gallon/menit

Tinggi Tangki = 19,96 ft

Volume Resin = 271,30 ft

Diameter Tangki = 4,49 m

Type = Silinder Tegak

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 1 Unit

7) Bak Penampungan Air Sanitasi (B - 03)

Fungsi = Menampung air untuk kebutuhan karyawan, kantor, laboratorium, dan mencuci alat.

Kapasitas = 5170 liter/jam

Panjang (p) = 3,58 m

Lebar (L) = 3,58 m

Tinggi (t) = 1,79 m

Bahan = Beton

Jumlah = 1 Unit

8) Tangki Air Lunak (TP - 02)

Fungsi = Menampung air lunak

Kapasitas = 323.240,43 liter/jam

Volume Tangki = 258,04 m³

Diameter Tangki = 6,269 m

Tinggi Tangki = 8,359 m

Bahan = Carbon steel

Jumlah = 1 Unit

9) Boiler (B - 01)

Fungsi = Membuat steam untuk memenuhi kebutuhan proses

Kapasitas = 844,91 Kg/jam

Bahan Bakar = Fuel Oil

Temperatur Operasi = 120° C

Efisiensi Boiler = 60%
Type = Water Type Boiler
Jumlah = 1 Unit

10) Tangki Bahan Bakar (TP – 05)

Fungsi = Menyimpan fo untuk kebutuhan bahan bakar Boiler.
Kapasitas = 13545,33 liter/jam
Volume Tangki = 15,053 m³
Tinggi Tangki = 3,241 m
Diameter Tangki = 2,431 m
Type = Tangki tegak
Bahan = Carbon steel
Jumlah = 1 Unit

11) Tangki Penampungan Kondensat (TP – 03)

Fungsi = Menampung air kondensat yang keluar dari pemanas.
Kapasitas = 168,98 liter/jam
Volume Tangki = 0,18 m³
Diameter Tangki = 0,56 m
Tinggi Tangki = 0,75 m
Bahan = Carbon steel
Jumlah = 1 Unit

12) Cooling Tower (CT)

Fungsi = Mendinginkan air bekas agar dapat digunakan kembali.

Kapasitas = 1009,07 gallon/menit

Power fan = 31,05 Hp

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 1 Unit

13) Tangki Penampung air Panas (TP - 04)

Fungsi = Menampung air panas dari cooler.

Kapasitas = 229.184,33 liter/jam

Volume Tangki = 254,64 m³

Tinggi Tangki = 8,32 m

Diameter Tangki = 6,24 m

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 1 Unit

14) P O M P A (L - 01)

Fungsi = Memompa air sungai ke tangki penyimpanan.

Kapasitas = 261151,47 liter/jam

Power Motor = 14,5 Hp

Head Pompa = 19,685 ft

Diameter Pipa = 0,83 ft

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 2 Unit

15) Generator (G)

Fungsi = Pembangkit Tenaga Listrik.

Kapasitas = 481,09 Kw

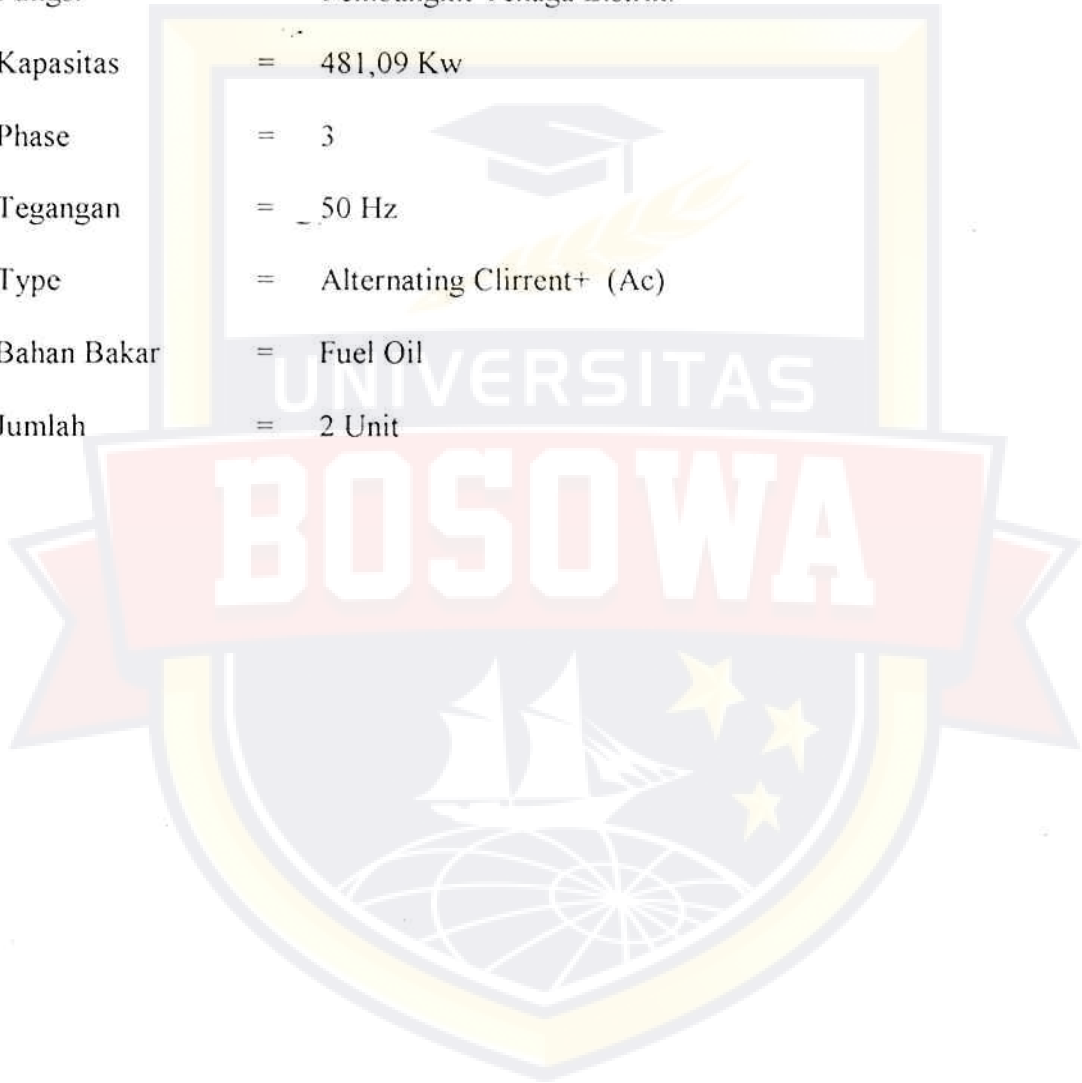
Phase = 3

Tegangan = 50 Hz

Type = Alternating Clirrent+ (Ac)

Bahan Bakar = Fuel Oil

Jumlah = 2 Unit





BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

BAB VIII
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

A. LOKASI PABRIK

Pabrik direncanakan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur dengan pertimbangan :

1. Dekat dengan sumber bahan baku.

Bahan baku metanol di peroleh dari Pertamina Pulau Bunyu dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun dan PT. Kaltim Metanol Ind. yang mulai berproduksi pada tahun 1997-1998 dengan kapasitas 600.000 ton/tahun dimana 40% untuk komsumsi dalam negeri dari 60% untuk ekspor.

2. Dekat dengan pelabuhan.
3. Sarana transportasi darat sudah memadai.
4. Iklim normal untuk daerah tropis.
5. Dekat dengan sungai.

B. TATA LETAK PABRIK KESELURUHAN

Untuk perencanaan pabrik, tata letak pabrik khususnya menyangkut unit proses dan peralatan proses dilakukan sebelum perencanaan piping bangunan dan elektirfikasi. Peranan penting dari tata letak pabrik terletak pada besarnya biaya pembangunan dan Cost Price Produk.

Pada prinsipnya tata letak yang baik adalah pengaturan yang efisien pada:

- Area Proses
- Area Penyimpanan
- Area Penanganan

Layout dari pabrik ini dapat dibagi kedalam beberapa daerah utama, yaitu:

a. *Daerah Proses*

Daerah ini merupakan daerah tempat melakukan proses susunan dari layout perabotan proses didasarkan pada aliran prosesnya, dan diletakkan di bagian

tengah pabrik agar memudahkan persuplaian bahan baku dan memudahkan pengiriman produk.

b. *Daerah penyimpanan*

Daerah ini merupakan gudang penyimpanan produk di dalam kantong atau drum.

c. *Daerah pemeliharaan atau perawatan dan Gudang.*

Daerah ini merupakan tempat untuk melakukan kegiatan perbaikan atau perawatan.

d. *Daerah Utilitas*

Daerah ini merupakan tempat penyediaan akan keperluan pabrik berupa air, steam dan listrik.

e. *Daerah Administrasi*

Daerah ini merupakan pusat semua kegiatan administrasi pabrik.

f. *Daerah Persediaan*

Daerah ini jauh dari kegiatan operasi pabrik, karena diletakkan pada daerah samping untuk menghindari bahaya kebakaran.

g. *Daerah Perluasan*

Daerah ini nantinya akan digunakan untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.

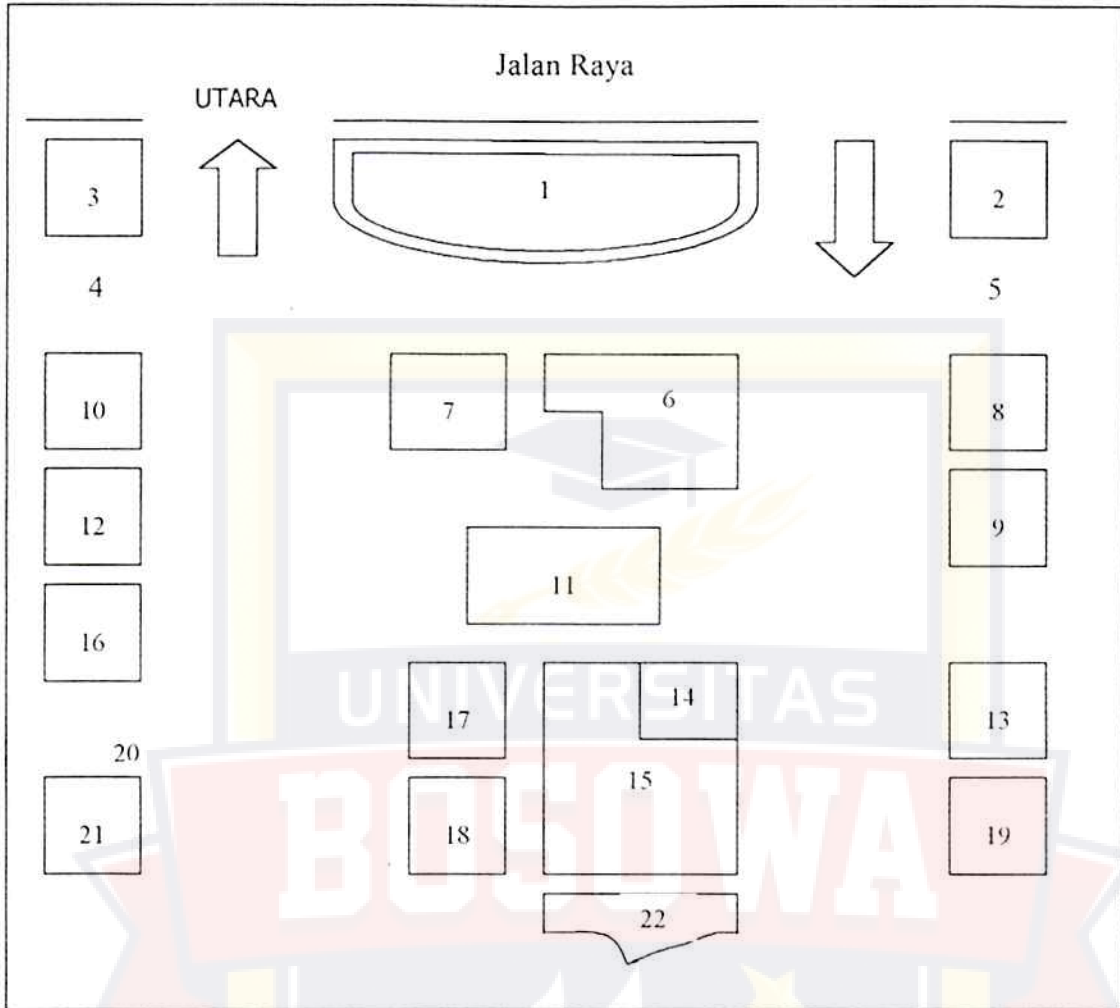
C. TATA LETAK PROSES

Tata letak alat proses diusahakan sesuai dengan kerja dan fungsinya. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan :

1. Kemudahan petugas mencapai setiap alat
2. Kemudahan pengoperasian, pengontrolan maupun perbaikan, serta kemungkinan penambahan alat-alat proses
3. Keamanan kerja
4. Distribusi Utilitas yang ekonomis
5. Pemipaan dan sarana transportasi yang efisien.

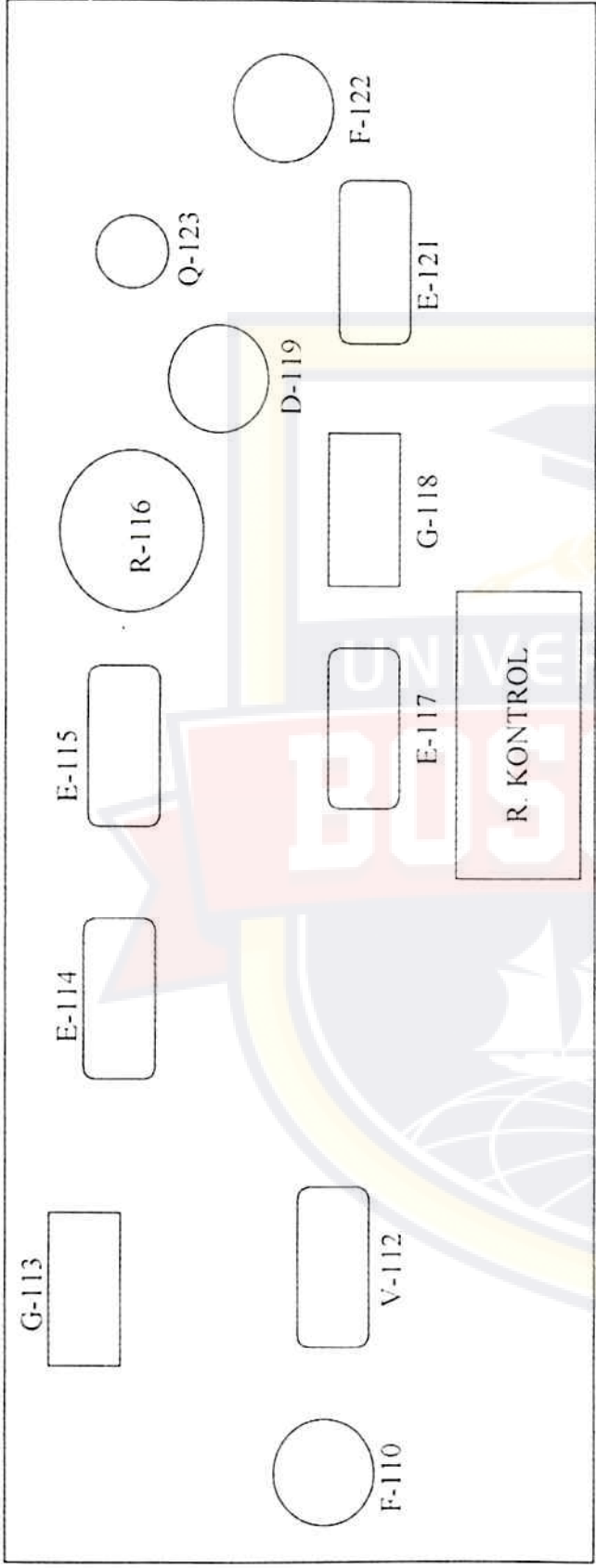
Perincian Luas daerah dalam suatu pabrik adalah :

	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (M ²)
1.	Pos Penjagaan	2 (4x4)	32
2.	Kantor	(12x20) + (8x8)	304
3.	Aula	22 x30	660
4.	Musholla	10x10	100
5.	Perpustakaan	20x15	300
6.	Kantin	10x20	200
7.	Poliklinik	10x20	200
8.	Gudang	20x30	600
9.	Bengkel	20x30	600
10.	Lokasi Proses	38x30	1140
11.	Ruang Kontrol	13x21	273
12.	Laboratorium	10x16	160
13.	Tangki Bahan Baku	20x15	300
14.	Tangki Produk	20x20	400
15.	Fire and Safety	20x30	600
16.	Utilitas	20x30	600
17.	Areal Parkir	2x (8x25)	400
18.	Jalan Penghubung	5x285	1425
19.	Luas Taman	(65x5) + (2x15) + (40 x12) + (3x8) + (1x40)	499
20.	Parkir alat berat	20x40	800
21.	Area pengembangan	100x83	8300
		Total Luas	17893



No	Keterangan	No	Keterangan
1.	Taman	12.	Kantin
2.	Pos Jaga I	13.	Fire and Safety
3.	Pos Jaga 2	14.	Ruang Kontrol
4.	Tempat Parkir I	15.	Lokasi Kontrol
5.	Tempat Parkir II	16.	Gudang
6.	Perkantoran	17.	Tangki Bahan Baku
7.	Aula	18.	Tangki Produksi
8.	Mushollah	19.	Utilitas
9.	Poliklinik	20.	Tempat Parkir Alat Berat
10.	Perpustakaan	21.	Bengkel
11.	Laboratorium	22.	Areal Pengembangan Pabrik

Gambar Tata Letak Pabrik



- KETERANGAN :**
- G-113 = Blower
 - F-110 = Tangki Metanol
 - V-112 = Vaporiser
 - G-114 = Preheater
 - E-115 = Superheater
 - R-116 = Reaktor
 - E-117 = Cooler
 - G-118 = Blower
 - D-119 = Absorber
 - E-121 = Cooler
 - F-122 = Tangki Produk
 - Q-123 = Furnace

Gambar Tata Letak Peralatan



BAB IX

BENTUK ORGANISASI PERUSAHAAN

BUSUWA



BAB IX

BENTUK ORGANISASI PERUSAHAAN

1. BENTUK PERUSAHAAN

Dalam Pra Rancangan pabrik Formaldehid, berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yaitu bentuk badan persekutuan yang mempunyai modal usaha dari beberapa orang, dimana setiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih pemegang saham.

Pemilihan bentuk badan usaha tersebut didasarkan pada beberapa pertimbangan :

1. Mudah mendapat modal.
2. Kekayaan Perseroan Terbatas terpisah dari pemegang saham.
3. Pemilik Perseroan Terbatas adalah pemegang saham (pemilik saham adalah pemilik perusahaan).
4. Bentuk Perseroan Terbatas yang disahkan berdasarkan akte Notaris, baik usahanya maupun besarnya modal.
5. Pelaksana (pemimpin) perusahaan di pilih oleh pemilik saham.
6. Wewenang dan tanggung jawab pemilik saham terbatas, karena segala kegiatan perusahaan di pegang oleh pimpinan perusahaan.
7. Kelangsungan Perseroan Terbatas lebih terjamin, karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya seorang pemegang saham, direksi maupun seorang pegawai.

Suatu organisasi yang baik memiliki azas yang dijadikan pedoman, antara lain :

- a. Perumusan tujuan organisasi dengan jelas.
- b. Pendelegasian kekuasaan.
- c. Spen of Control.
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

2. STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Berdasarkan pada pola hubungan kerja dan berdasarkan azas pedoman, maka struktur organisasi perusahaan yang sesuai bentuk pabrik Formaldehid yang direncanakan adalah berbentuk Garis dan Staf.

Struktur Garis dan Staf memiliki beberapa keuntungan :

1. Hanya ada satu pimpinan sehingga tidak terjadi kesimpang siuran dalam menjalankan tugas dan wewenang.
2. Seorang karyawan hanya bertanggung jawab langsung pada atasannya sehingga koordinasi yang baik antara pimpinan dan karyawan dapat tercapai.
3. Adanya staf ahli dalam bidangnya dapat membantu tercapainya kelancaran dan kemajuan perusahaan.

Struktur Organisasi mempunyai jenjang jabatan sebagai berikut :

1. Direktur Utama
2. Direktur
3. Kepala Bagian
4. Kepala Seksi
5. Kepala Regu
6. Operator

3. WEWENANG DAN TUGAS

Pembagian tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan ditetapkan sebagai berikut :

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan kekuasaan tertinggi di dalam perusahaan yang merupakan pemilik perusahaan. Paling sedikit dalam setahun pemegang saham mengadakan rapat satu kali.

- Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.

GAJI KARYAWAN

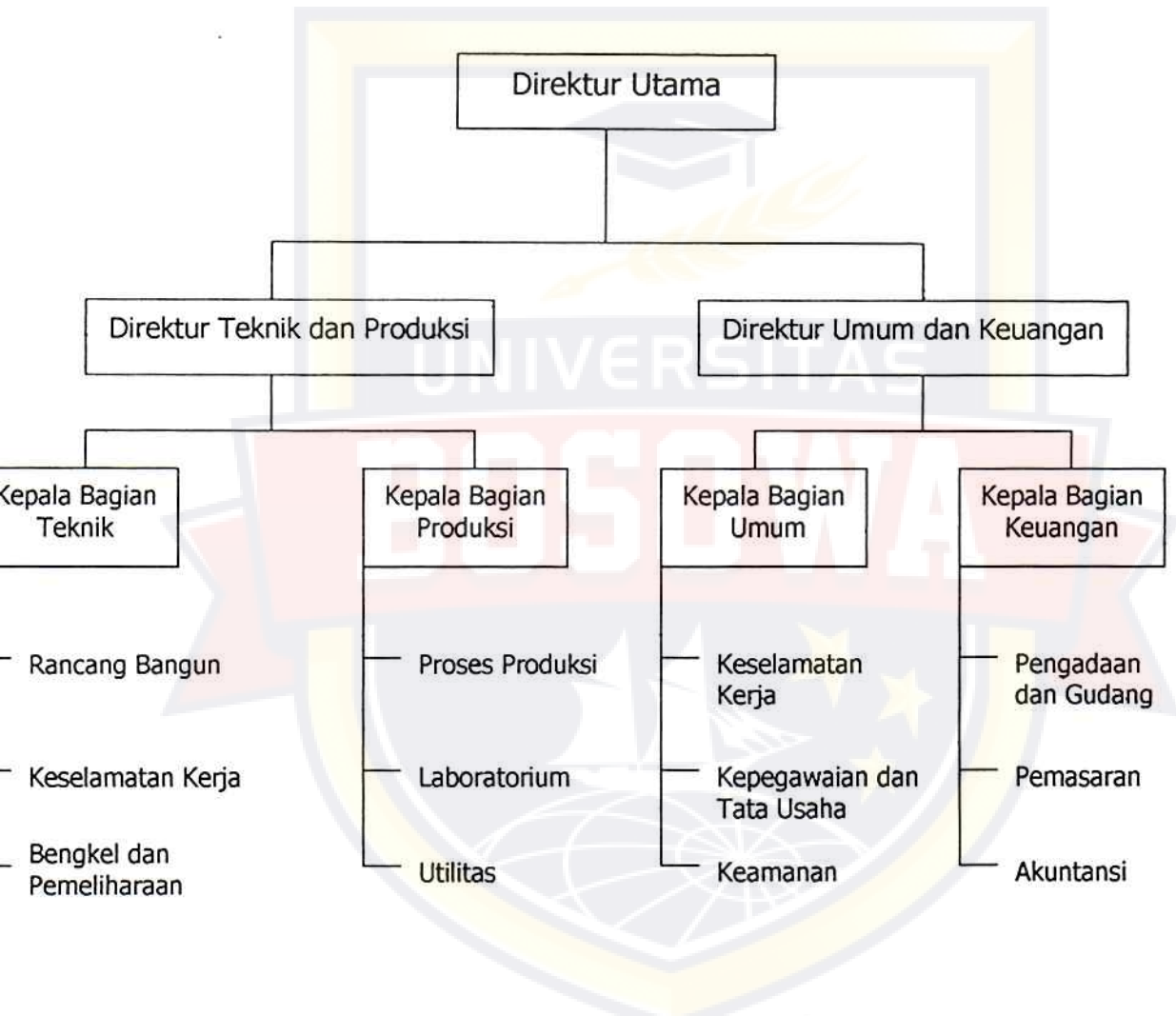
No.	Jabatan	Jumlah	Gaji	Jumlah
		(Orang)	(Rp/ Orang)	(Rp)
1.	Direktur Utama	1	Rp 4.500.000,-	Rp 4.500.000,-
2.	Direktur Produksi dan Teknik	1	Rp 3.500.000,-	Rp 3.500.000,-
3.	Direktur Umum dan Keuangan	1	Rp 3.500.000,-	Rp 3.500.000,-
4.	Sekretaris	3	Rp 700.000,-	Rp 2.100.000,-
5.	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
6.	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
7.	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
8.	Kepala Bagian Umum	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
9.	Kepala Bagian R & D	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
10.	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
11.	Kepala Seksi Proses	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
12.	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
13.	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
14.	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
15.	Kepala Seksi Penjualan	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
16.	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
17.	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
18.	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
19.	Kepala Seksi Kas	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
20.	Kepala Seksi Personalia	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
21.	Kepala Seksi Humas	1	Rp 1.000.000,-	Rp 1.000.000,-
22.	Karyawan Proses	20	Rp 600.000,-	Rp 12.000.000,-
23.	Karyawan Pengendalian	8	Rp 600.000,-	Rp 4.800.000,-
24.	Karyawan Laboratorium	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
25.	Karyawan Penjualan	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-

No.	Jabatan	Jumlah (Orang)	Gaji (Rp/ Orang)	Jumlah (Rp)
26.	Karyawan Pemeliharaan	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
27.	Karyawan Utilitas	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
28.	Karyawan Administrasi	5	Rp 400.000,-	Rp 3.000.000,-
29.	Karyawan Kas	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
30.	Karyawan Personalia	6	Rp 600.000,-	Rp 3.600.000,-
31.	Karyawan Pembelian	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
32.	Karyawan Humas	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
33.	Karyawan Gudang	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
34.	Karyawan keamanan	6	Rp 600.000,-	Rp 3.600.000,-
35.	Karyawan R & D	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
36.	Karyawan Kebersihan	5	Rp 600.000,-	Rp 3.000.000,-
37.	Dokter	2	Rp 800.000,-	Rp 1.600.000,-
38.	Sopir	5	Rp 400.000,-	Rp 2.000.000,-
39.	Pesuruh	3	Rp 250.000,-	Rp 750.000,-
Jumlah				Rp 96.950.000,-.

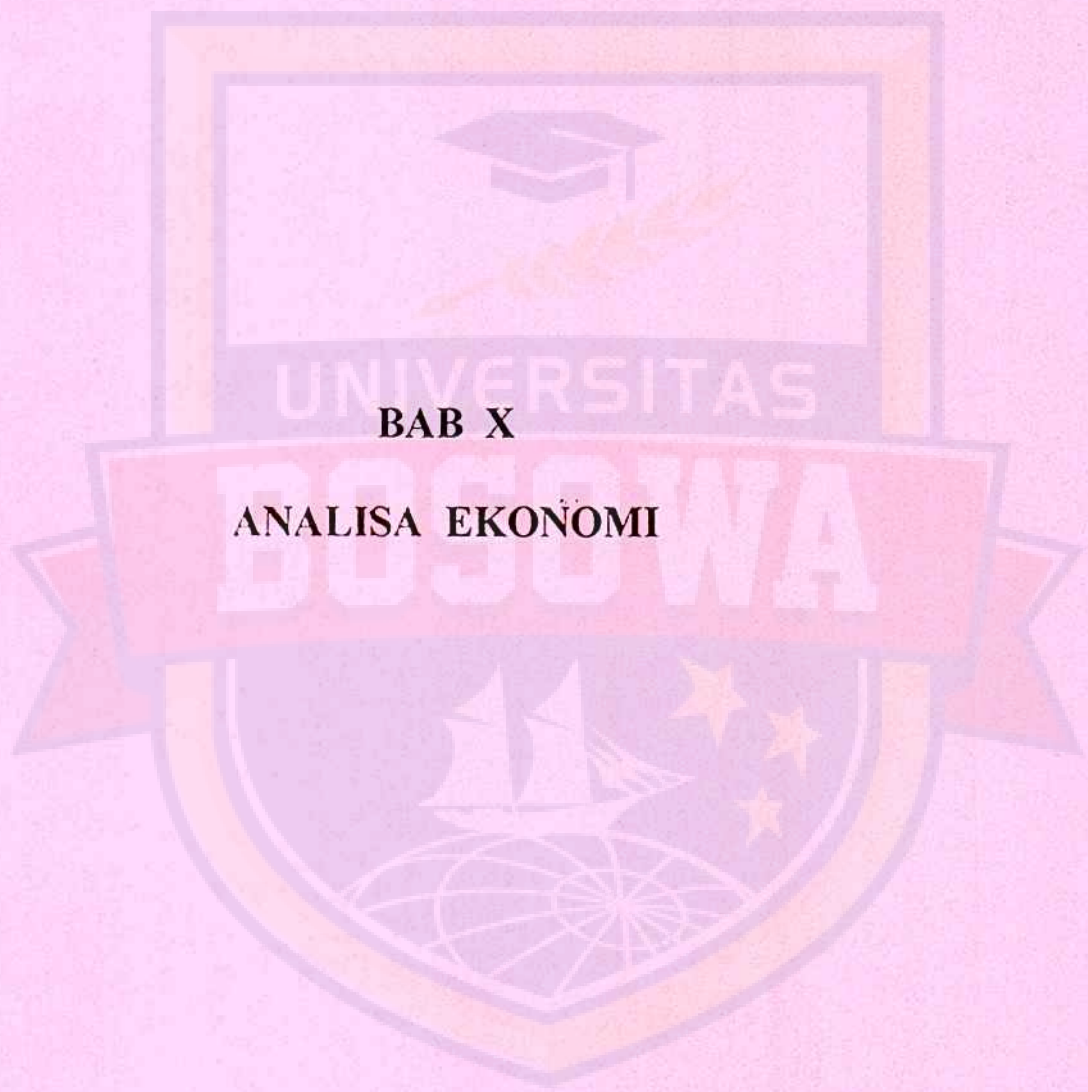
Gaji karyawan per bulan = Rp 96.950.000,-

Gaji karyawan per tahun = Rp 1.163.400.000,-

STRUKTUR ORGANISASI



Bagan Struktur Organisasi Perusahaan



BAB X

ANALISA EKONOMI

BAB X ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui sebuah proyek (pabrik) yang direncanakan menguntungkan atau tidak, untuk memberikan gambaran apakah suatu pabrik yang dibuat sudah cukup fleksibel jika di tinjau dari sudut ekonomi.

Faktor-faktor yang harus di tinjau adalah :

- Laju Pengembalian Modal (Rate of Investment)
- Waktu Pengembalian Modal (Pay off Time)
- Titik Impas (Break Event Point)
- Interest Rate of Return (IRR)

Untuk menentukan faktor-faktor di atas, terlebih dahulu di ketahui :

1. Total Capital Investment
2. Total Production Cost

X.1. TOTAL CAPITAL INVESTMENT (Rp 166.524.077.360)

Total Capital Investment diartikan sebagai jumlah modal yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik baru dan biaya untuk menjalankan pabrik selama beberapa waktu tertentu.

Total Capital Investment secara garis besar dapat dibagi dua bagian, yaitu :

X.1.1. Fixed Capital Investment (Rp 124.531.845.250)

Yaitu modal yang di perlukan untuk mendirikan suatu pabrik yang meliputi peralatan, pemasaran dan fasilitas lain, sehingga pabrik dapat beroperasi.

X.1.2. Working Capital Investment (Rp 41.992.232.110)

Yaitu modal yang diperlukan untuk menjalankan pabrik yang telah siap untuk Operasi dalam jangka waktu tertentu (pada awal masa operasi)

- Modal kerja yang diperlukan untuk pembelian bahan baku dan persediaan pergudangan.
- Biaya produksi
- Pajak
- Gaji karyawan

X. 2. Total Production Cost (Rp 225.929.781.898) .

Total production cost terdiri dari :

X.2.1. Manufacturing Cost (Rp 144.595.060.415 + 0,21 TPC)

Manufacturing cost adalah biaya yang dilakukan oleh pabrik berhubungan dengan operasi dan peralatan proses yang terdiri dari :

- Direct Production Cost
Adalah biaya langsung membentuk hasil produksi yaitu meliputi biaya transportasi, bahan baku, upah buruh, biaya supervisi langsung, perawatan dan perbaikan, power utilitas, royalties dan laboratorium.
- Fixed Changers
Yaitu biaya yang tetap konstan dari tahun ke tahun dan tidak berubah dengan adanya laju perubahan produksi. Biaya tersebut meliputi pajak, depresiasi, asuransi dan bunga bank.
- Plant Overhead Cost
Terdiri dari pelayanan medis dan kesehatan, tunjangan keselamatan, fasilitas rekreasi, pengepakan dan fasilitas lainnya.

X.2.2. General Expences (Rp 338.894.672,70)

Yaitu biaya umum yang meliputi biaya administrasi, biaya distribusi dan penjualan, pemilihan, pengembangan serta financing (interet).

X.3. Analisa Probability

Dalam analisa ini digunakan beberapa asumsi, yaitu :

1. Umur pabrik 15 tahun dengan kapasitas produksi masing-masing :
 - Tahun pertama : 60 %
 - Tahun kedua : 80 %
 - Tahun ketiga : 100 %
2. Bunga kredit : 40 %
3. Pajak pendapatan : 35 %
4. Permodalan terdiri dari :
 - Modal sendiri : 60 %
 - Modal Pinjaman : 40 %

Untuk evaluasi digunakan metode :

A. Interest Rate Of Return (IRR)

Didefinisikan sebagai beban discount yang mampu ditanggung oleh perusahaan sedemikian rupa sehingga komulatif present Value hingga akhir umum perusahaan sama dengan jumlah invenstasi yang ditanam. Nilai IRR terdiri atas dua keuntungan yaitu keuntungan sebelum pajak 60,22% dan sesudah pajak 36,13%.

B. Cash flow

Pembuatan Cash flow dimaksudkan untuk mengetahui sampai berapa lama penghasilan suatu publik dapat menutupi investasi yang ditanam.

C. Break Event Point (BEP)

Break event point merupakan kondisi dimana pabrik beroperasi pada kapasitas tidak untung dan tidak rugi. Penentuan titik impas yaitu dengan

cara membuat kurva kapasitas versus unit cost. BEP yang diperoleh = 29,38 %

D. Laju Pengembalian Modal

Adalah perbandingan yang diperoleh setiap tahun terhadap titik investasi. Dari hasil perhitungan di peroleh laju pengembalian modal sebelum pajak = 60,22% dan sesudah pajak = 36,13% sedangkan waktu pengembalian modal sebelum pajak = 1,90 tahun dan sesudah pajak = 2,90 tahun.

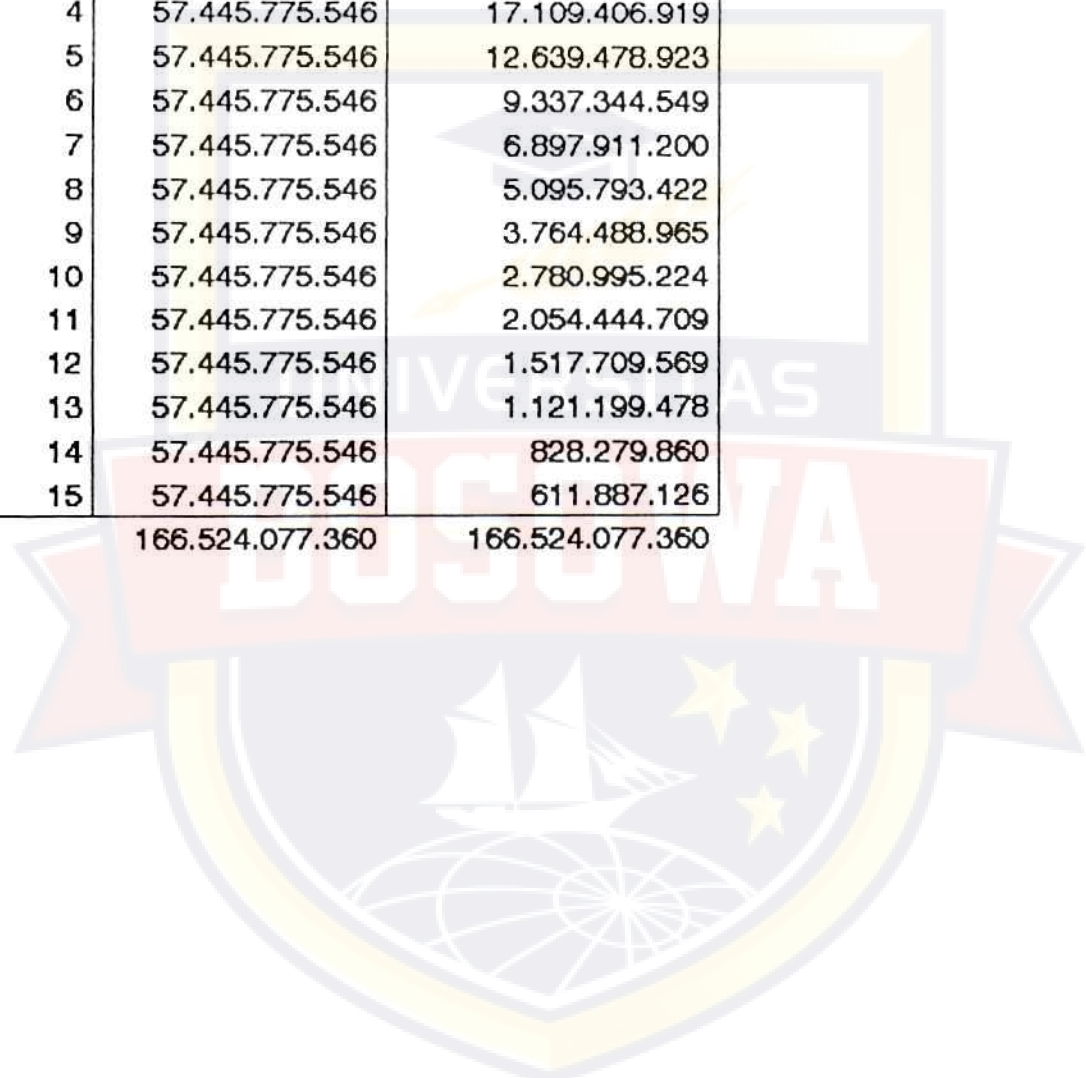


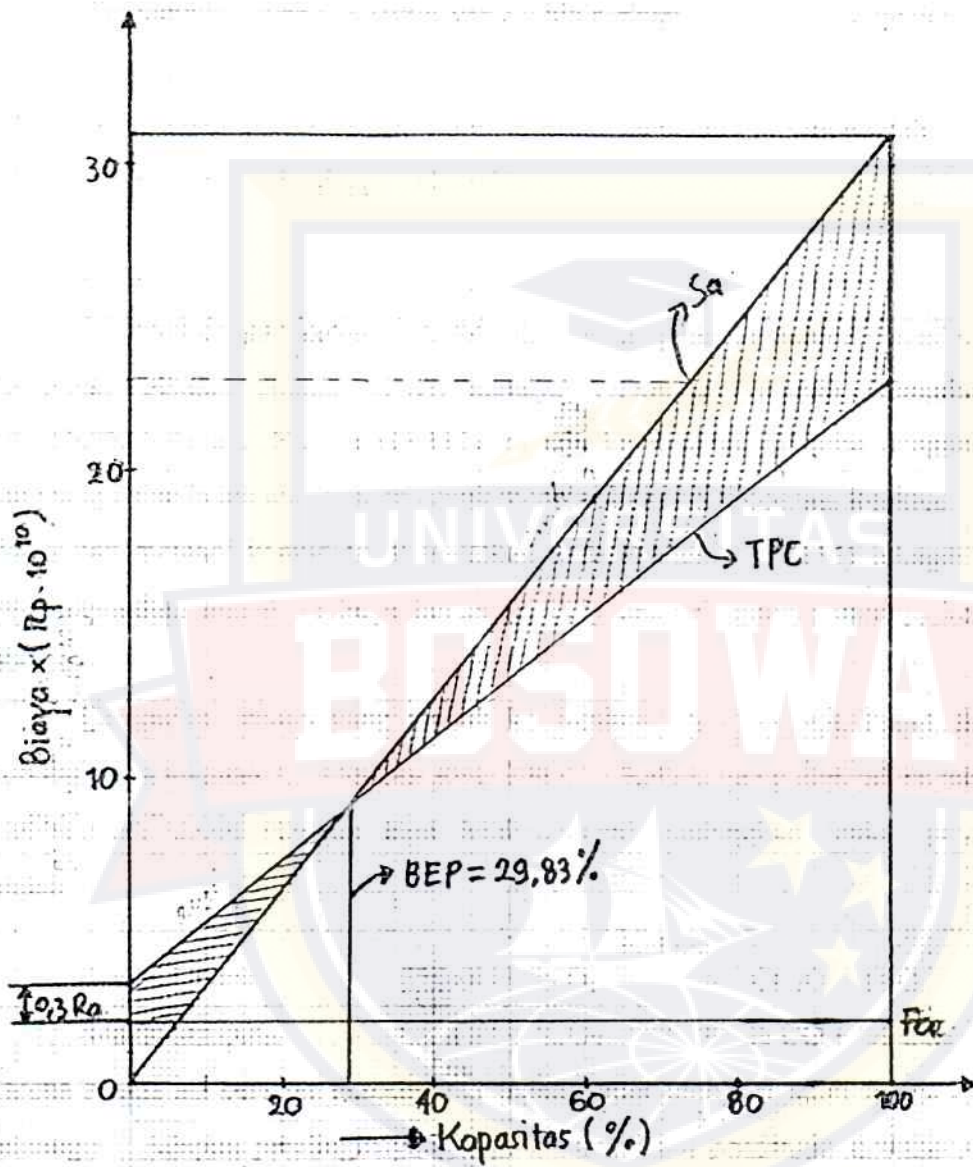
Tabel -1. Cash Flow

Tahun ke-	Investasi		Total Rp.	Kapasitas (%)	Hasil Penjualan Rp.	Biaya Produksi Rp.
	Modal sendiri Rp.	Modal Pinjaman Rp.				
1	99.914.446.416	66.609.630.944	166.524.077.360	60	180.550.460.160	135.557.869.139
2				80	240.733.946.880	180.743.825.518
3				100	300.917.433.600	225.929.781.898
4				100	300.917.433.600	225.929.781.898
5				100	300.917.433.600	225.929.781.898
6				100	300.917.433.600	225.929.781.898
7				100	300.917.433.600	225.929.781.898
8				100	300.917.433.600	225.929.781.898
9				100	300.917.433.600	225.929.781.898
10				100	300.917.433.600	225.929.781.898
11				100	300.917.433.600	225.929.781.898
12				100	300.917.433.600	225.929.781.898
13				100	300.917.433.600	225.929.781.898
14				100	300.917.433.600	225.929.781.898
15				100	300.917.433.600	225.929.781.898

Tabel -2. Discounted Cash Flow (DCF) atau IRR

Tahun	Cash Flow	Present Value
		$i = 0.353648123$
1	39.448.739.138	29.142.535.987
2	48.447.257.342	26.439.767.105
3	57.445.775.546	23.160.116.562
4	57.445.775.546	17.109.406.919
5	57.445.775.546	12.639.478.923
6	57.445.775.546	9.337.344.549
7	57.445.775.546	6.897.911.200
8	57.445.775.546	5.095.793.422
9	57.445.775.546	3.764.488.965
10	57.445.775.546	2.780.995.224
11	57.445.775.546	2.054.444.709
12	57.445.775.546	1.517.709.569
13	57.445.775.546	1.121.199.478
14	57.445.775.546	828.279.860
15	57.445.775.546	611.887.126
	166.524.077.360	166.524.077.360







BAB XI

KESIMPULAN

BAB XI

DISKUSI DAN KESIMPULAN

XI.1. DISKUSI

Pabrik Formaldehid yang direncanakan berkapasitas produksi 50.000 ton/tahun, dengan bahan baku metanol dan udara. Produksi Formaldehid komersial yang dihasilkan dalam perancangan pabrik ini diharapkan memperoleh pemasaran yang baik karena kebutuhan Formaldehid sebagai bahan baku untuk industri resin dan kayu lapis yang cenderung meningkat.

Jumlah tenaga kerja yang digunakan adalah 128 orang yang terbagi dalam dua kelompok kerja yaitu karyawan shift dan non shift.

Bentuk perusahaan adalah perseroan terbatas, dengan menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Diharapkan dengan sistem ini, kegiatan operasional seorang bawahan bertanggung jawab secara langsung kepada atasannya, sehingga koordinasi yang baik antara pemimpin dan karyawan dapat tercapai.

Lokasi pabrik didasarkan pada pertimbangan beberapa faktor, baik terhadap bahan baku, pemasaran, tenaga kerja, utilitas, bahan buangan dan lain-lain, sehingga dipilih daerah Kalimantan Timur sebagai lokasi pabrik.

Untuk mengetahui kelayakan perancangan pabrik ini, maka perlu ditinjau dari beberapa segi antara lain :

1. Ekonomis
2. Proses

XI.1.1. EKONOMI

Pertimbangan utama dalam pendirian suatu perusahaan adalah pertimbangan ekonomi. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari :

- Waktu Pengembalian Modal
- Laju Pengembalian Modal
- Titik Impas

XI.1.2. PROSES

Proses yang di pilih adalah proses katalitik dengan menggunakan katalis Iron Molibdenum (25% $Fe_2 O_3$ dan 75% $Mo O_3$) karena lebih menguntungkan di bandingkan dengan proses lain yang ada. Proses pembuatan Formaldehid adalah dengan menggunakan bahan baku metanol dan oksigen dari udara. Reaksi pembentukan Formaldehid berlangsung di Reaktor type multi tube Fixedbed. Produk Formaldehid kemudian di murnikan dengan absorpsi.

XI.2. KESIMPULAN

Dari uraian pada bab-bab sebelumnya dapat di simpulkan :

Perencanaan operasi : Proses kontinyu, 330 hari/tahun

1. Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun

2. Bahan Baku

- Methanol : 22596 ton/tahun

- Udara : 57023 ton/tahun

3. Analisa Ekonomi

a. Pembiayaan

- Modal Tetap (FCI) : Rp 124.531.845.250

- Modal Kerja (WCI) : Rp 41.992.232.110

- Biaya Produksi (TPC) : Rp 225.929.781.898

- Investasi Total (TCI) : Rp 166.524.077.360

b. Penerimaan

- Hasil Penjualan : Rp 300.917.433.600

- Laba Sebelum Pajak : Rp 74.987.651.702

c. Rentabilisasi Perusahaan

- Laju Pengembalian Modal (ROI) :

* Sebelum pajak : 60,22%

* Sesudah pajak : 36,13%

- Waktu Pengembalian Modal (POT) :
 - * Sesudah pajak : 1,90 tahun
 - * Sesudah pajak : 2,90 tahun
- Titik Impas (BEP) : 29,83 %

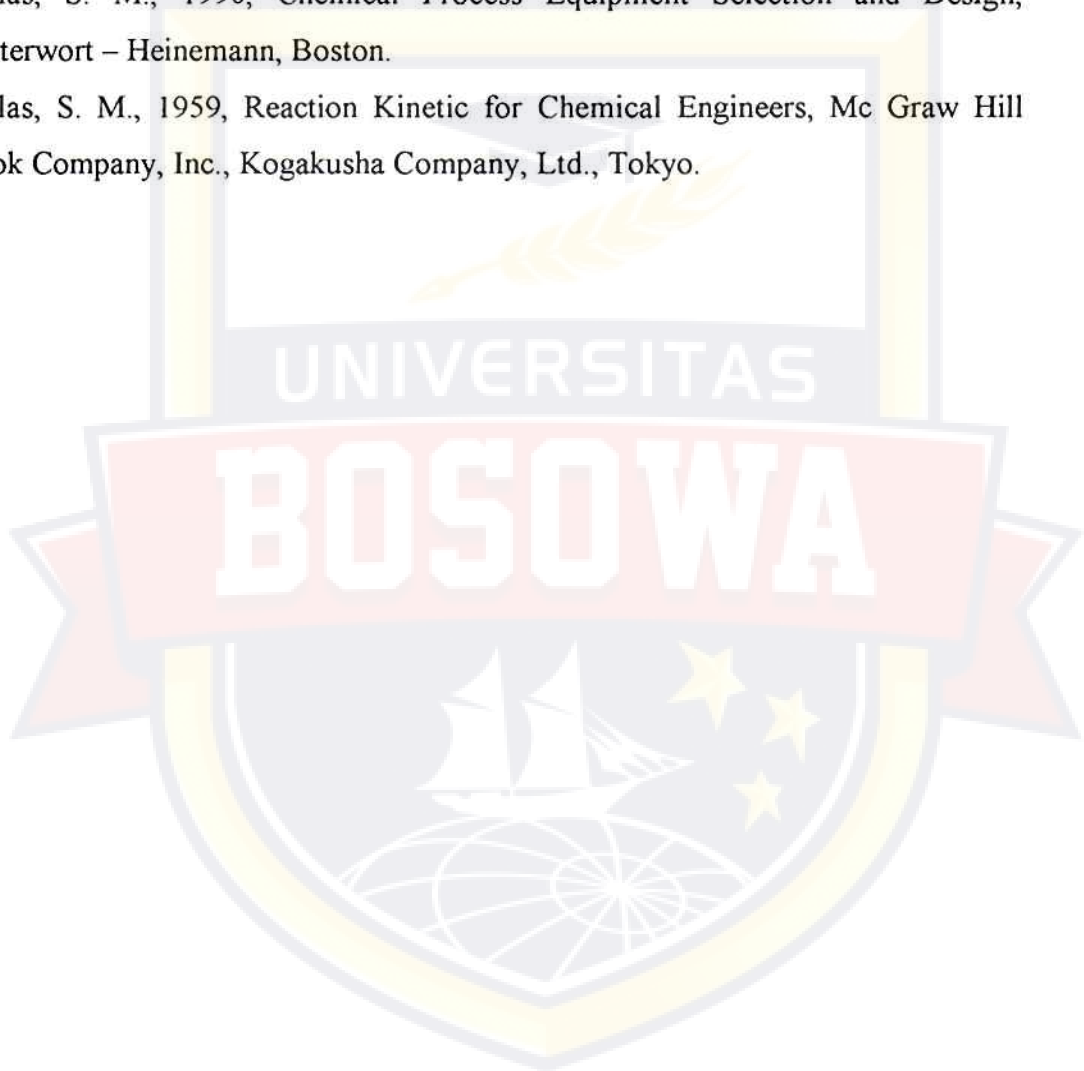
Secara keseluruhan dari uraian di atas pabrik Formaldehid yang akan dirancang sudah layak ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis.

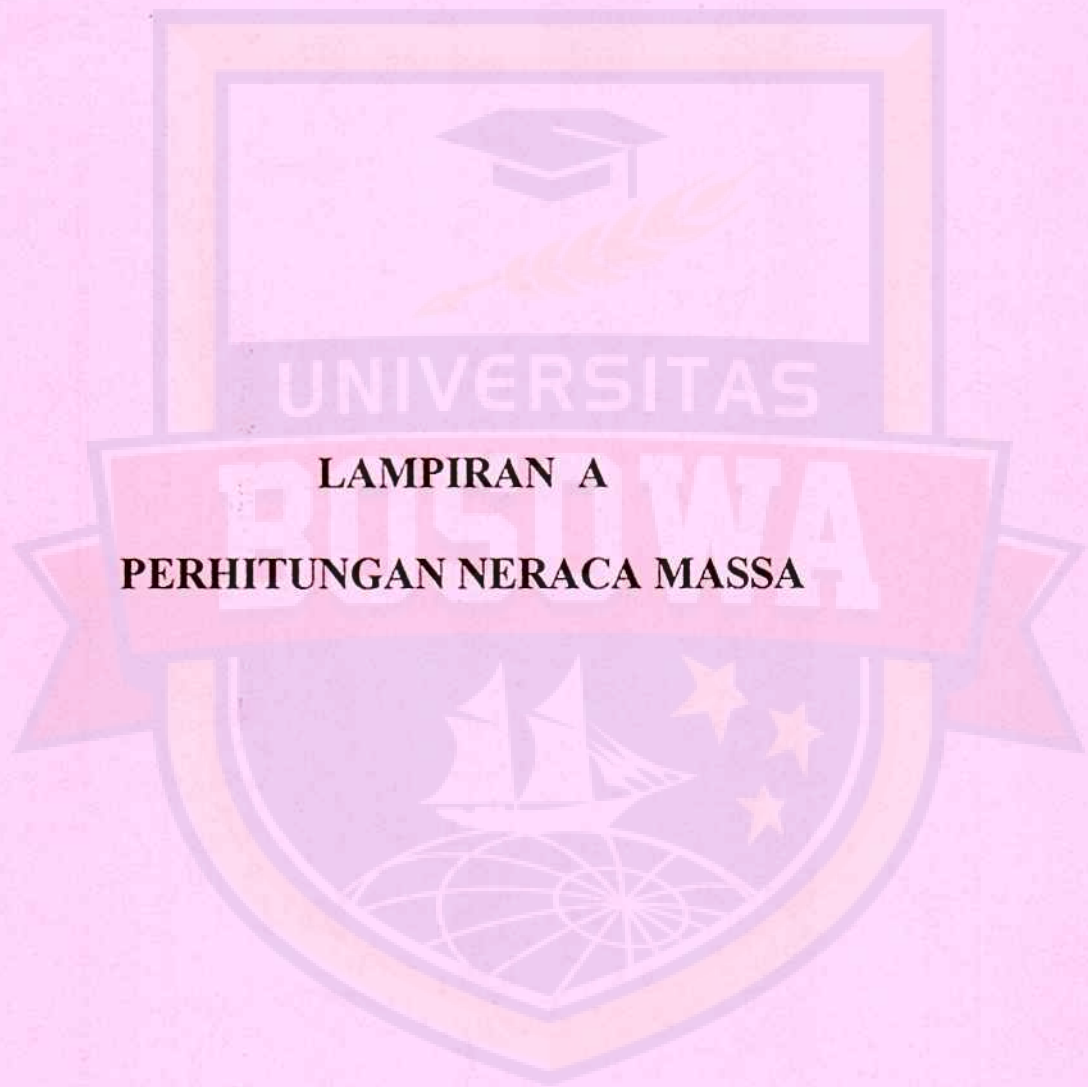


DAFTAR PUSTAKA

1. Brownell and Young, *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York, 1959.
2. Coulson J. M. And Hick T. G., *Hand Book of Chemical Engineering*, G.V. Reklaitis, John Wiley and Sons, New York, 1984.
3. Daniel R. Schneider, 1942, *Introduction to Material and Energy Balance's*, G.V. Reklaitis, John Wiley and Sons, New York.
4. Geonkopolis C. J., *Transport Process and Unit Operation*, 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 1980.
5. Hougen O. A., Watson K. M. And Ragatz R. A., *Chemical Process Principle*, Part 1, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New Jersey, 1982.
6. Kern. D. Q., *Process Heat Transfer*, International Student Edition, McGraw Hill Book Company, Singapore, 1965.
7. Kirk E. R., and Othmer D. F., *Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume 1, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 1961.
8. Levenspiel O., *Chemical Reaction Engineering*, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 1962.
9. Ludwig E. E., *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant*, Vol 3, 2nd Edition, Gulf Publishing CO., Houston, 1965.
10. McCabe W. L. and Smith J. H., *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd edition, McGraw Hill Book Company, Singapore, 1981.
11. Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D., *Plant design and Economic for Chemical Engineering*, 3rd Edition, McGraw Hill Book Company, Singapore.
12. Perry R. H., *Perry's Chemical Engineering Hand Book*, 6th Edition, McGraw Hill Book Company, Singapore, 1984.
13. Smith, J. H. and Van Ness, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3rd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1979.

14. Treyball, R. E., Mass Transfer Operation, 3rd edition, Mc Graw Hill Book Company, Singapore, 1981.
15. Walas, S. M., 1990, Chemical Process Equipment Selection and Design, Butterworth – Heinemann, Boston.
16. Walas, S. M., 1959, Reaction Kinetic for Chemical Engineers, Mc Graw Hill Book Company, Inc., Kogakusha Company, Ltd., Tokyo.

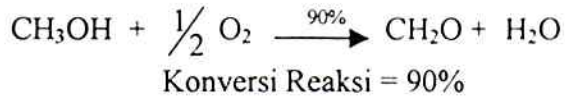




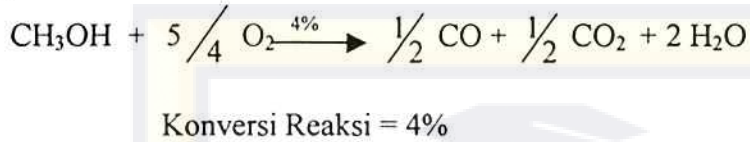
LAMPIRAN A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

Reaksi (1) :



Reaksi (2) :



Basis Perhitungan :

100 kg/jam CH₃OH (metanol)

Diketahui :

- Kapasitas 50.000 ton/tahun

$$= 50.000 \text{ ton/tahun} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 6313,13 \text{ kg/jam}$$

- CH₃OH = 98 %

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH murni} &= 98\% \times 100 \\ &= 98 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{98 \text{ kg/jam}}{32} \end{aligned}$$

$$= 3,063 \text{ kgmol/jam}$$

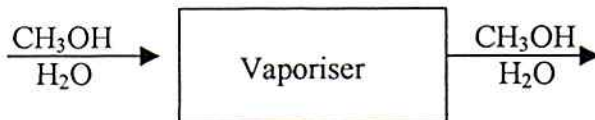
$$\rightarrow \text{H}_2\text{O} = (100-98) \text{ kg/jam}$$

$$= 2 \text{ kg/jam}$$

$$= \frac{2 \text{ kg/jam}}{18}$$

$$= 0,111 \text{ kgmol/jam}$$

A.1 VAPORISER



$$\text{CH}_3\text{OH} = 98 \text{ kg/jam}$$

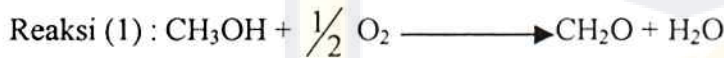
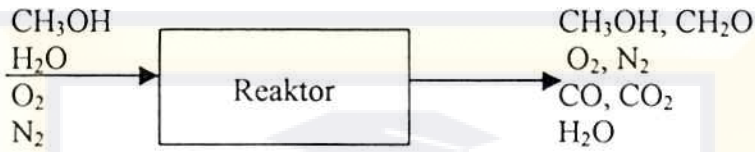
$$\text{H}_2\text{O} = 2 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total} = 100 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa pada Vaporiser :

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	BM	Kgmol/jam	Fraksi Berat	Fraksi Mol
CH ₃ OH	98	98	32	3,063	0,98	0,965
H ₂ O	2	2	18	0,111	0,02	0,035
Total	100	100		3,174	1,00	1,00

A.2 REAKTOR



CH₃OH murni = 98 kg/jam
 = $\frac{98 \text{ kg/jam}}{32}$ = 3,063 kgmol/jam

H₂O = (100-98) kg/jam
 = $\frac{2 \text{ kg/jam}}{18}$ = 0,111 kgmol/jam

CH₃OH Yang bereaksi = 3,063 kgmol/jam x (0,90 + 0,04)
 = 2,88 kgmol/jam x 32 kg/kgmol
 = 92,04 kg/jam

CH₃OH sisa = CH₃OH murni - CH₃OH yang bereaksi
 = (3,063 - 2,88) kgmol/jam
 = 0,183 kgmol/jam x 32 kg/kgmol
 = 5,86 kg/jam

CH₂O yang dihasilkan = 0,90 x 3,063 kgmol/jam
 = 2,76 kgmol/jam x 30 kg/kgmol
 = 82,70kg/jam

H₂O yang dihasilkan = (1 x 0,90 x 3,063 + 2 x 0,04 x 3,063) kgmol/jam
 = 3,002kgmol/jam x 18 kg/kgmol
 = 54,036 kg/jam

O₂ Yang bereaksi = $(\frac{1}{2} \times 0,90 \times 3,063 + \frac{5}{4} \times 0,04 \times 3,063)$ kgmol/jam
 = 1,532 kgmol/jam x 32kg/kgmol
 = 49,02 kg/jam

O₂ Yang digunakan 20% bereaksi :

O₂ masuk = 1,2 x 1,532 kgmol/jam
 = 1,84 kgmol/jam x 32 kg/kgmol
 = 58,88 kg/jam

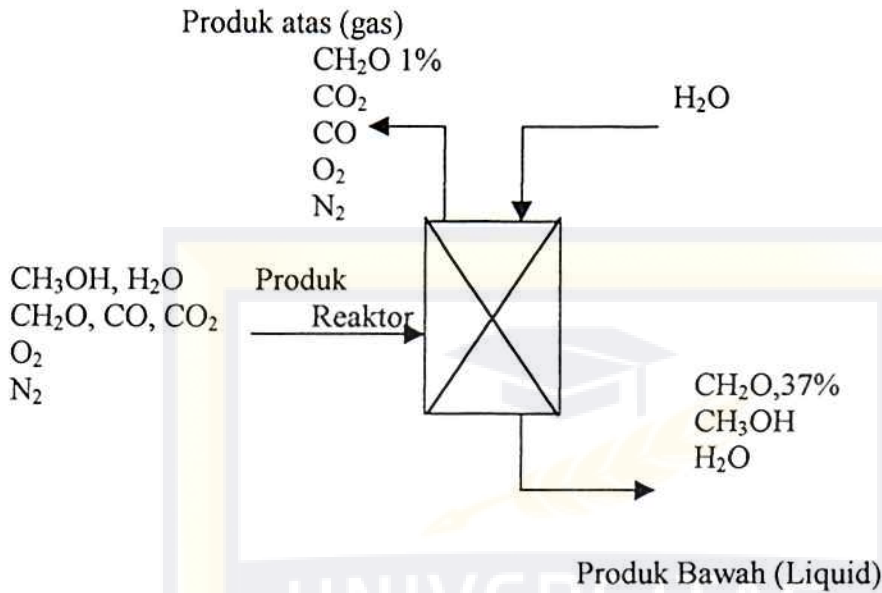
O₂ sisa = O₂ masuk - O₂ yang bereaksi

$$\begin{aligned}
 &= (1,84 - 1,532) \text{ kgmol/jam} \times 32 \text{ kg/kgmol} \\
 &= 9,86 \text{ kg/jam} \\
 \text{N}_2 &= \frac{79}{100} \times \frac{100}{21} \times 1,84 \text{ kgmol/jam} \\
 &= 6,91 \text{ kgmol/jam} \times 28 \text{ kg/kgmol} \\
 &= 193,48 \text{ kg/jam} \\
 \text{CO}_2 \text{ yang dihasilkan} &= \frac{1}{2} \times 0,04 \times 3,063 \text{ kgmol/jam} \\
 &= 0,061 \text{ kgmol/jam} \times 44 \text{ kg/kgmol} \\
 &= 2,70 \text{ kg/jam} \\
 \text{CO yang dihasilkan} &= \frac{1}{2} \times 0,04 \times 3,063 \text{ kgmol/jam} \\
 &= 0,061 \text{ kgmol/jam} \times 28 \text{ kg/kgmol} \\
 &= 1,72 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa pada Reaktor :

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	BM	Kgmol/jam	Fraksi Berat	Fraksi Mol
CH ₃ OH	98	5,86	32	0,183	0,017	0,014
H ₂ O	2	56,036	18	3,113	0,159	0,232
O ₂	58,88	9,86	32	0,308	0,028	0,023
N ₂	193,48	193,48	28	6,91	0,549	0,516
CH ₂ O	-	82,70	30	2,76	0,0049	0,206
CO	-	1,72	28	0,061	0,0077	0,0046
CO ₂	-	2,70	44	0,061		0,0046
Total	352,36	352,36		13,396	1,000	1,000

A.3 ABSORBER



Asumsi :

Gas CH₂O yang dihasilkan di serap oleh Absorber, ditetapkan = 99%

Maka :

CH₂O Yang masuk Absorber = 82,70 kg/jam

CH₂O Yang keluar dari Top Absorber :

$$= 1\% \times 82,70 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,83 \text{ kg/jam}$$

CH₂O Yang keluar dari dasar Absorber :

$$= 0,99 \times 82,70 \text{ kg/jam}$$

$$= 81,87 \text{ kg/jam}$$

$$\text{H}_2\text{O dan CH}_3\text{OH Yang keluar} = \frac{63}{37} \times 81,87 \text{ kg/jam}$$

$$= 139,40 \text{ kg/jam}$$

$$\text{CH}_3\text{OH dalam produk} = 5,86 \text{ kg/jam}$$

$$= (139,40 - 5,86) \text{ kg/jam}$$

$$= 133,54 \text{ kg/jam}$$

$$\text{H}_2\text{O sebagai pelarut} = (133,54 - 56,036) \text{ kg/jam}$$

$$= 77,504 \text{ kg/jam}$$

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	BM	Kgmol/jam	Fraksi Berat	Fraksi Mol
CH ₃ OH	5,86	Produk bawah (Liquid) :				
H ₂ O	56,036	CH ₂ O 37% = 81,87	30	2,729	0,1904	0,154
CH ₂ O	82,70	CH ₃ OH = 5,88	32	0,184	0,014	0,0104
O ₂	9,86	H ₂ O = 133,54 +	18	7,42	0,3311	0,419
N ₂	193,48	221,29				
CO	1,72	Produk Atas (Gas) :				
CO ₂	2,70	CH ₂ O 1% = 0,83	30	0,028	0,00193	0,0016
		O ₂ = 9,86	32	0,308	0,023	0,0174
		CO = 1,72	28	0,0614	0,004	0,0035
		CO ₂ = 2,70	44	0,0614	0,0063	0,0035
		N ₂ = 193,48 +	28	6,91	0,45	0,39
		208,59				
H ₂ O Yang ditambahkan	77,504					
Total	429,90	429,90		17,702	1,000	1,000

Kapasitas pabrik = 50.000 ton/tahun

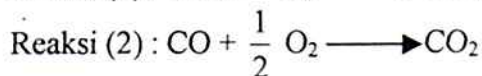
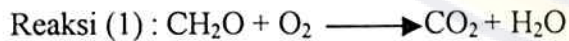
→ Produk Larutan CH₂O :

$$= 50.000 \frac{\text{ton/tahun}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 6313,13 \text{ kg/jam}$$

Faktor Pengalih = $\frac{6313,13 \text{ kg/jam}}{221,29 \text{ kg/jam}} = 28,53$

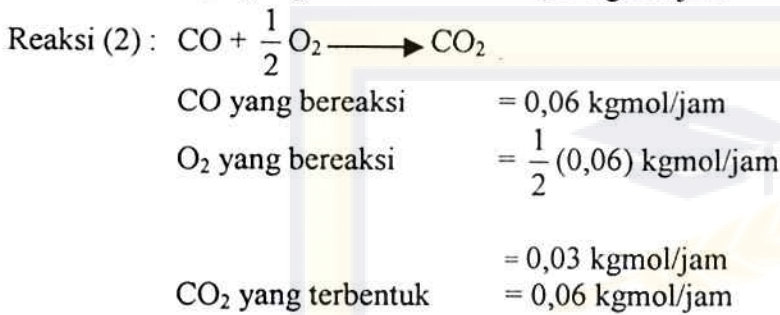
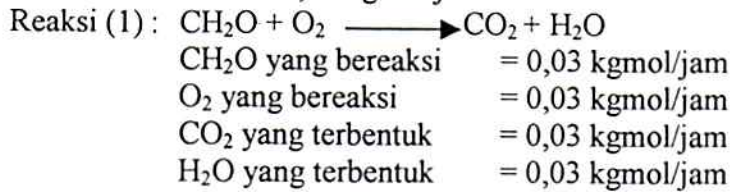
A.4. FURNACE



Gas yang keluar dari Top Absorber masuk ke Furnace dan mengalami pembakaran

- CH₂O = 0,83 kg/jam
- = 0,03 kgmol/jam
- H₂ = 193,48 kg/jam
- = 6,91kgmol/jam
- CO₂ = 2,70 kg/jam
- = 0,06 kgmol/jam
- O₂ = 9,86 kg/jam

$$\begin{aligned} &= 0,31 \text{ kgmol/jam} \\ \text{CO} &= 1,72 \text{ kg/jam} \\ &= 0,06 \text{ kgmol/jam} \end{aligned}$$



Total O_2 yang bereaksi = $(1 \times 0,03 + \frac{1}{2} \times 0,06)$ kgmol/jam

= 0,06 kgmol/jam x 32 kg/kgmol
 = 1,92 kg/jam

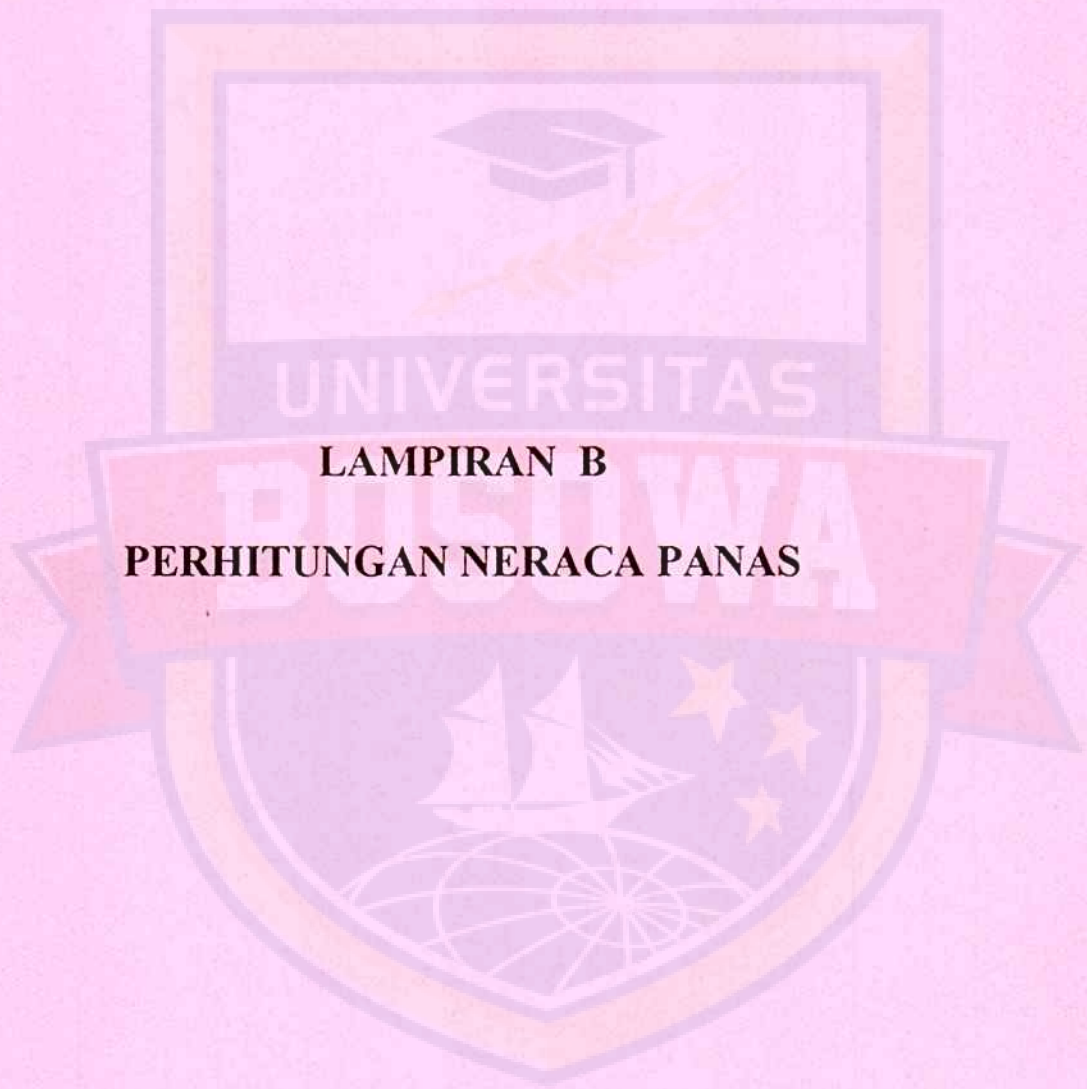
O_2 sisa = O_2 masuk - O_2 yang bereaksi
 = $(0,31 - 0,06)$ kgmol/jam x 32 kg/kgmol
 = 8,0 kg/jam

CO_2 keluar = CO_2 masuk + CO_2 RX(1) + CO_2 RX(2)
 = $(0,06 + 0,03 + 0,06)$ kgmol/jam
 = 0,15 kgmol/jam x 44 kg/kgmol
 = 6,61 kg/jam

H_2O keluar = 0,03 kgmol/jam x 18 kg/kgmol
 = 0,54 kg/jam

Neraca Massa pada Furnace :

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	BM	Kgmol/jam	Fraksi Berat	Fraksi Mol
CH_2O	0,83	-	30	-	-	-
O_2	9,86	8,0	32	0,25	0,0384	0,034
CO	1,72	-	28	-	-	-
CO_2	2,70	6,61	44	0,15	0,032	0,0204
H_2O	-	0,54	18	0,03	0,0026	0,0041
N_2	193,48	193,48	28	6,91	0,928	0,9414
Total	208,60	208,60		7,34	1,000	1,000



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

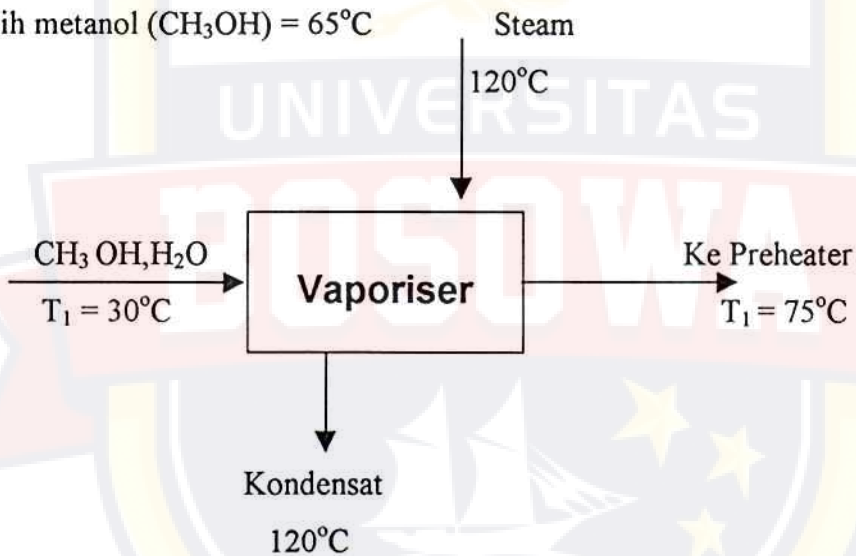
$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Satuan = kkal/jam

Suhu Referensi = 25°C

B.1. VAPORISER

Titik didih metanol (CH₃OH) = 65°C



A. PANAS YANG MASUK VAPORISER

T₁ = 30°C

Komponen	m (kg/jam)	C _p pada T30°C (kkal/kg °C)
CH ₃ OH	2795,94	0,34
H ₂ O	57,06	1

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (2795,94 \text{ Kg/jam})(0,34 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30-25)^\circ\text{C} \\ &= 4753,098 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (57,06 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30-25)^\circ\text{C} \\ &= 285,30 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{masuk}} &= Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= (4753,098 + 285,30) \text{ kkal/jam} \\ &= 5038,398 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

B. PANAS YANG KELUAR VAPORISER

$$T_2 = 75^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	Cpl pada T 75 °C (kkal/kg °C)	Cpq pada T 75 °C (kkal/kg °C)	λ (kkal/kg)
CH ₃ OH	2795,94	0,36	0,32	127,79
H ₂ O	57,06	1	-	-

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pq} \cdot \Delta T \\ &= (2795,94 \text{ kg/jam})(0,36 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(65-25)^\circ\text{C} + (2795,94 \text{ kg/jam}) \\ &\quad (127,94 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam})(0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75-65)^\circ\text{C} \\ &= 406502,15 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (57,06 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 2853 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q \text{ keluar} &= Q \text{ CH}_3\text{OH} + Q \text{ H}_2\text{O} \\
 &= (406502,15 + 2853) \text{ kkal/jam} \\
 &= 409355,15 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Panas yang diserap CH_3OH :

$$\begin{aligned}
 Q &= Q \text{ keluar} - Q \text{ keluar} \\
 &= (409355,15 - 5038,398) \text{ kkal/jam} \\
 &= 404316,75 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Sebagai pemanas digunakan saturated steam dengan $T = 120^\circ\text{C}$ dan $P = 1,96 \text{ Atm}$, maka

$$\lambda = 948,448 \text{ kkal/kg}$$

$$H_g = 1163,30 \text{ kkal/kg}$$

$$H_L = 214,852 \text{ kkal/kg}$$

Sehingga :

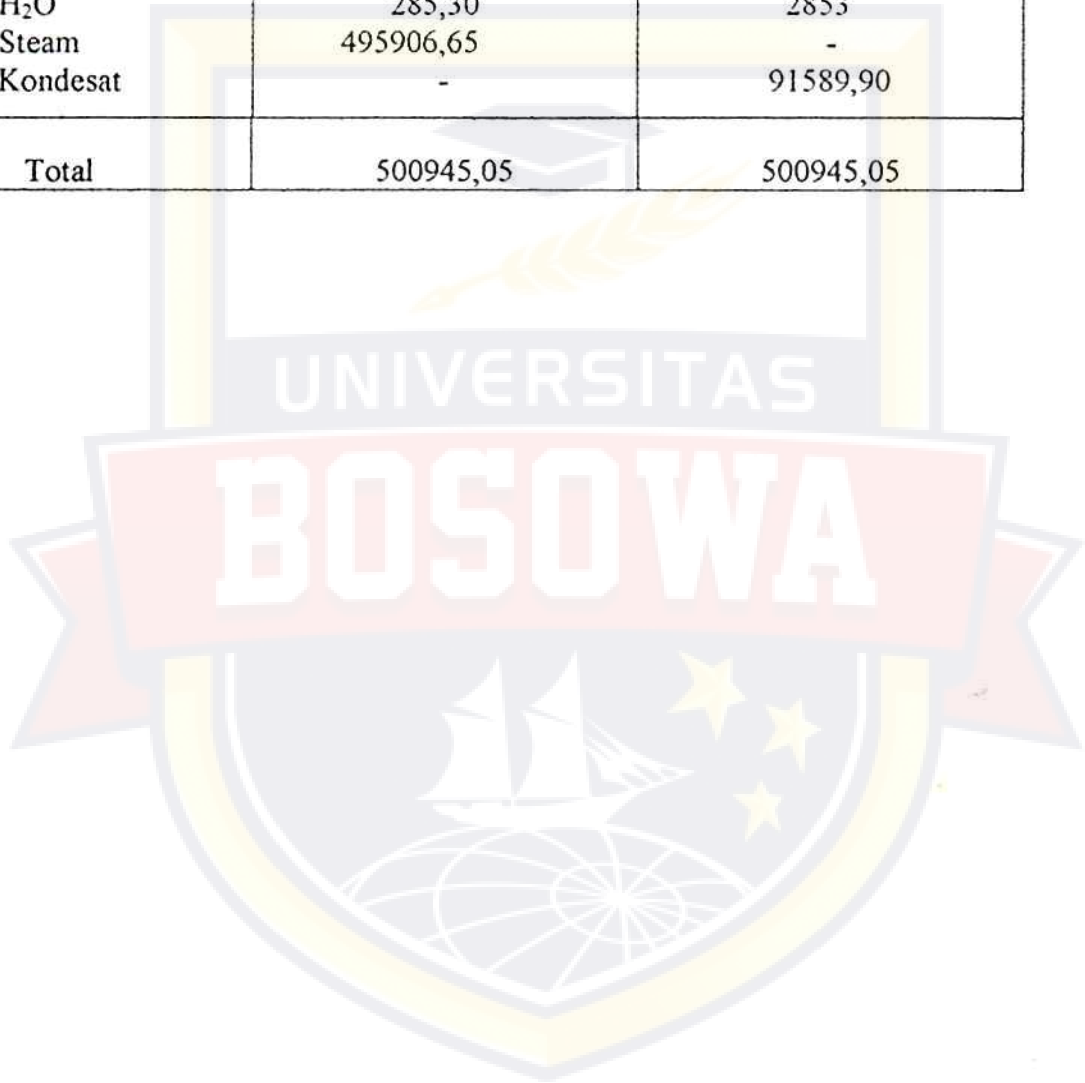
$$\begin{aligned}
 m \text{ steam} &= \frac{Q}{\lambda} = \frac{404316,75 \text{ kkal/jam}}{948,448 \text{ kkal/kg}} \\
 &= 426,293 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas steam} &= m \cdot H_g \\
 &= (426,293 \text{ kg/jam})(1163,30 \text{ kkal/kg}) \\
 &= 495906,65 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

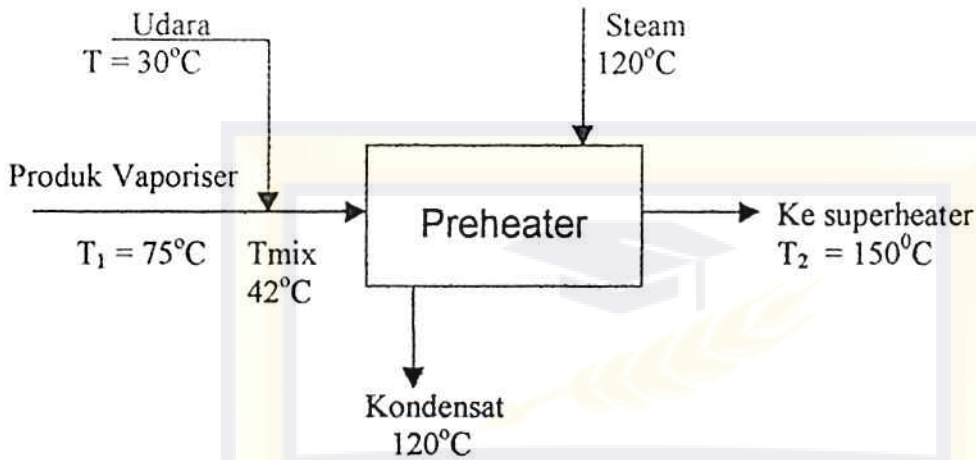
$$\begin{aligned}
 \text{Panas kondensat} &= m \cdot H_L \\
 &= (426,293 \text{ kg/jam})(214,852 \text{ kkal/kg}) \\
 &= 91589,90 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas pada Vaporiser :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₃ OH	4753,098	406502,15
H ₂ O	285,30	2853
Steam	495906,65	-
Kondesat	-	91589,90
Total	500945,05	500945,05



B.2. PREHEATER



“ MENENTUKAN TEMPERATUR CAMPURAN “

$T = 30^{\circ}\text{C}$

$\Rightarrow m \text{ N}_2 = 5519,98 \text{ kg/jam}$

$m \text{ O}_2 = 1679,85 \text{ kg/jam}$

Maka :

$m \text{ Udara} = 7199,83 \text{ kg/jam}$

$\text{Cp}_q \text{ Udara} = 0,138 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$

$\Rightarrow Q \text{ Udara} = m \cdot \text{Cp}_q \cdot \Delta T$
 $= (7199,83 \text{ kg/jam})(0,138 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(30 \text{ m} - 25)^{\circ}\text{C}$
 $= 4967,88 \text{ kkal/jam}$

$T^1 = 75^{\circ}\text{C}$

Komponen	m (Kg/jam)	Cpl (kkal/Kg ^o c)	Cpg (kkal/kg ^o C)	λ (kkal /kg)
CH ₃ OH	2795,94	0,36	0,32	127,79
H ₂ O	57,06	1	-	-

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{\text{pl}} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\
 &= (2795,94 \text{ kkal/jam})(0,36 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(65 - 25)^\circ\text{C} + \\
 &\quad (2795,94 \text{ kg/jam})(127,79 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 65)^\circ\text{C} \\
 &= 406502,15 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{\text{pl}} \cdot \Delta T \\
 &= (57,06 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 2853 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q_{\text{Total pada } T 75^\circ\text{C}} &= Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \\
 &= (406502,15 + 2853) \text{ kkal / jam} \\
 &= 409355,15 \text{ kkal / jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Udara}} + Q_{\text{pada } T 75^\circ\text{C}} &= Q_3 \\
 (4967,88 + 409355,15) &= Q_3 \\
 414323,03 \text{ kkal / jam} &= Q_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk } Q_3 \text{ dengan } m_{\text{CH}_3\text{OH}} &= 2795,94 \text{ kg/jam} \\
 m_{\text{H}_2\text{O}} &= 57,06 \text{ kg/jam} \\
 m_{\text{Udara}} &= 7199,83 \text{ kg/jam} \\
 T_{\text{mix}} &= \dots\dots ?
 \end{aligned}$$

Misal :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{mix}} &= 42^\circ\text{C} \\
 C_{\text{pg}}\text{CH}_3\text{OH} &= 0,31 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \\
 C_{\text{pl}} \text{H}_2\text{O} &= 1 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \\
 C_{\text{pl}} \text{CH}_3\text{OH} &= 0,34 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \\
 C_{\text{pg}} \text{Udara} &= 0,139 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \\
 \lambda \text{CH}_3\text{OH} &= 130,78 \text{ kkal / kg}
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ Udara} + Q \text{ pada } T \text{ } 75^{\circ}\text{C} &= Q_3 \\
 414323,03 \text{ kkal/jam} &= (m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T) \text{ CH}_3\text{OH} + (m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T) \\
 &\quad \text{H}_2\text{O} + (m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T) \text{ Udara} \\
 &= (2795,94 \text{ kg/jam})(0,34 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(42 - 25)^{\circ}\text{C} + \\
 &\quad (2795,94 \text{ kg/jam})(130,78 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (0,31 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(42 - 25)^{\circ}\text{C} + (57,06 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (1 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(42-25)^{\circ}\text{C} + (7199,83 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (0,139 \text{ kkal/kg}^{\circ})(42 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 414323,03 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$T_{\text{mix}} = 42^{\circ}\text{C}$$

A. PANAS YANG MASUK PREHEATER

$$T_{\text{mix}} = 42^{\circ}\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	Cpl (kkal/kg ^o C)	Cpg (kkal/Kg ^o C)	λ (kkal/kg)
CH ₃ OH	2795,94	0,34	0,31	130,78
H ₂ O	57,06	1	-	-
Udara	7199,83	-	0,139	-

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow Q \text{ CH}_3\text{OH} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (2795,94 \text{ kg/jam})(0,34 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(42-25)^{\circ}\text{C} + \\
 &\quad (2795,94 \text{ kg / jam})(130,78 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (0,31 \text{ kkal/ kg}^{\circ}\text{C})(42-25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 396339,812 \text{ kkal / jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{H_2O} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (57,06 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(42 - 25)^{\circ}\text{C} \\ &= 970,02 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{\text{Udara}} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (7199,83 \text{ kg/jam})(0,139 \text{ kkal/jam})(42 - 25)^{\circ}\text{C} \\ &= 17013,198 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}* Q_{\text{Masuk}} &= Q_{CH_3OH} + Q_{H_2O} + Q_{\text{Udara}} \\ &= (396339,812 + 970,02 + 17013,198) \text{ kkal/jam} \\ &= 414323,03 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

B. PANAS YANG KELUAR PREHEATER

$$T_2 = 150^{\circ}\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	C _{pl} (kkal/kg ⁰ C)	C _{pg} (kkal/kg ⁰ C)	λ (kkal/kg)
CH ₃ OH	2795,94	0,41	0,35	138,344
H ₂ O	57,06	1	0,256	388,920
Udara	7199,83	-	0,142	-

$$\begin{aligned}\Rightarrow Q_{CH_3OH} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (2795,94 \text{ kg/jam})(0,41 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(150 - 25)^{\circ}\text{C} + \\ &\quad (2795,94 \text{ kg/jam})(138,344 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam})(0,35 \\ &\quad \text{kkal/kg}^{\circ}\text{C})(150 - 25)^{\circ}\text{C} \\ &= 652415,82 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_{H_2O} &= m.C_{pl} \Delta T + m. \lambda + m.C_{pg} \Delta T \\ &= (57,06 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(150 - 25)^\circ\text{C} + (57,06 \text{ kg/jam})(388,920 \text{ kkal/kg}) + (57,06 \text{ kg/jam})(0,256 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(150 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 31150,195 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_{\text{Udara}} &= m.C_{pg} \Delta T \\ &= (7199,83 \text{ kg/jam})(0,142 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(150 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 127796,98 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * Q_{\text{Keluar}} &= Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{Udara}} \\ &= (652415,82 + 31150,195 + 127796,98) \text{ kkal/jam} \\ &= 811362,995 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Panas yang di serap :

$$\begin{aligned} Q &= Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{masuk}} \\ &= (811362,995 - 414323,03) \text{ kkal/jam} \\ &= 397039,97 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Sebagai pemanas yang digunakan saturated steam dengan $T = 120^\circ\text{C}$ dan $P = 1,96 \text{ atm}$, maka :

$$\begin{aligned} \lambda &= 948,448 \text{ kkal/kg} \\ H_g &= 1163,300 \text{ kkal/kg} \\ H_L &= 214,852 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} m_{\text{steam}} &= Q / \lambda = \frac{397039,97 \text{ kkal/jam}}{948,448 \text{ kkal/kg}} \\ &= 418,62 \text{ kg/ jam} \end{aligned}$$

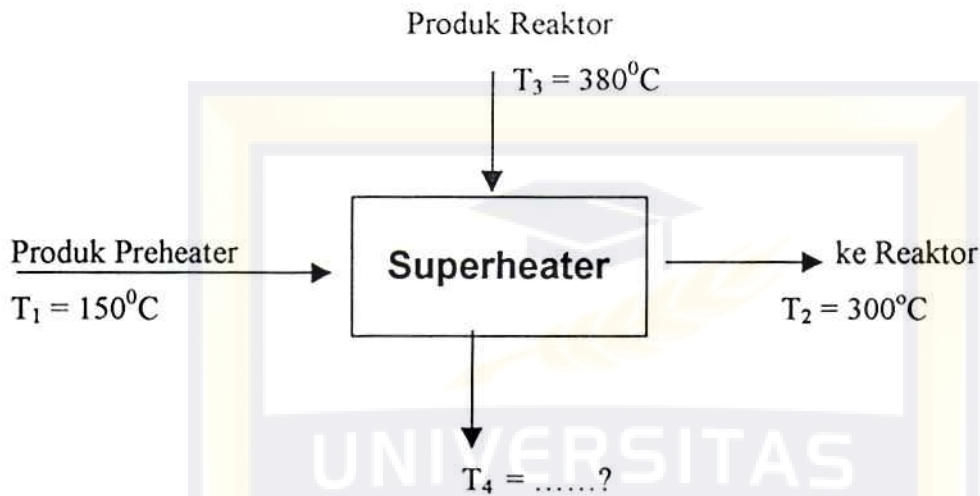
Panas steam = ms. Hg
 = (418,62 kg/jam) (1163,300 kkal/ kg)
 = 486981 kkal/jam

Panas kondensat = ms. HL
 = (418,62 kg/jam) (214,852 kkal/kg)
 = 89941,03 kkal/jam

Neraca Panas pada Preheater

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₃ OH	396339,812	652415,82
H ₂ O	970,02	31150,195
Udara	17013,198	127796,98
Steam	486981	-
Kondensat	-	89941,03
Total	901304,03	901304,03

B. 3. SUPERHEATER



A. PANAS YANG MASUK SUPERHEATER

Panas yang masuk ke superheater = Panas yang keluar dari preheater pada T 150°C

$$T_1 = 150^\circ\text{C} \Rightarrow Q \text{ CH}_3\text{OH} = 652415,82 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = 31150,195 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ Udara} = 127796,98 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Total} = 811362,995 \text{ kkal/jam}$$

$$T_3 = 380^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg / jam)	Cpl (kkal / kg ⁰ C)	Cpg (kkal / kg ⁰ C)	λ (kkal / kg)
CH ₃ OH	167,19	0,53	0,47	180,57
H ₂ O	1598,71	0,33	0,27	420,59
O ₂	281,31	-	0,136	-
N ₂	5519,98	-	0,147	-
CH ₂ O	2359,43	-	0,515	-
CO	49,07	-	0,147	-
CO ₂	77,03	-	0,15	-

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (167,19 \text{ kg/jam}) (0,53 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380-25)^{\circ}\text{C} + (167,19 \text{ kg / jam}) \\
 &\quad (180,57 \text{ kkal/kg}) + (167,19 \text{ kg/jam}) (0,47 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380-25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 89541,95 \text{ kkal/jam} \\
 \\
 Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (1598,71 \text{ kg/jam})(0,33 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(380-25)^{\circ}\text{C} + (1598,71 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (420,59 \text{ kkal/kg}) + (1598,71 \text{ kg/jam})(0,27 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 1.012.926,67 \text{ kkal/jam} \\
 \\
 Q_{\text{O}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (281,31 \text{ kg/jam}) (0,136 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 13581,65 \text{ kkal/ jam} \\
 \\
 Q_{\text{N}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (5519,98 \text{ kg/jam}) (0,147 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 288060,16 \text{ kkal/jam} \\
 \\
 Q_{\text{CH}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (2359,43 \text{ kg/jam}) (0,515 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 431362,79 \text{ kkal/jam} \\
 \\
 Q_{\text{CO}} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (49,07 \text{ kg/jam}) (0,147 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 2560,72 \text{ kkal/jam} \\
 \\
 Q_{\text{CO}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (77,03 \text{ kg/jam}) (0,15 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (380 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 4101,85 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q \text{ pada } T \text{ } 380^{\circ}\text{C} &= Q \text{ CH}_3\text{OH} + Q \text{ H}_2\text{O} + Q \text{ O}_2 + Q \text{ N}_2 + Q \text{ CH}_2\text{O} + Q \text{ CO} + \\
 &\quad Q \text{ CO}_2 \\
 &= (89541,95 + 1.012.926,67 + 13581,65 + 288060,16 + \\
 &\quad 431362,79 + 2560,72 + 4101,85)\text{kkal/jam} \\
 &= 1.842.135,79 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

B. PANAS YANG KELUAR SUPERHEATER

$$T = 300^{\circ}\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	Cpl (kkal/kg ⁰ C)	Cpg (kkal/kg ⁰ C)	λ (kkal/kg)
CH ₃ OH	2795,94	0,47	0,41	178,03
H ₂ O	57,06	0,33	0,27	380,71
Udara	7199,83	-	-	-

$$\begin{aligned}
 Q \text{ CH}_3\text{OH} &= m \cdot Cpl \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot Cpg \cdot \Delta T \\
 &= (2795,94 \text{ kg/jam})(0,47 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(300-25)^{\circ}\text{C} + (2795,94 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (178,03 \text{ kkal/kg}) + (2795,94 \text{ kg/jam})(0,41 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(300 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 1.174.378,68 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ H}_2\text{O} &= m \cdot Cpl \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot Cpg \cdot \Delta T \\
 &= (57,06 \text{ kg/jam}) (0,33 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (300-25)^{\circ}\text{C} + (57,06 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (380,71 \text{ kkal/kg}) + (57,06 \text{ kg/jam}) (0,27 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (300 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 31138,21 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ Udara} &= m \cdot Cpg \cdot \Delta T \\
 &= (7199,83 \text{ kg/jam}) (0,14 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) (300-25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 277193,46 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q \text{ pada } T 300^{\circ}\text{C} &= Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{Udara}} \\
 &= (1.174.378,68 + 31138,21 + 277193,46) \text{ kkal/jam} \\
 &= 1.482.710,35 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$T_4 = 210^{\circ}\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	Cpl (kkal/kg ⁰ C)	Cpg (kkal/kg ⁰ C)	λ (kkal/kg)
CH ₃ OH	167,19	0,42	0,37	140,02
H ₂ O	1598,71	0,28	0,25	391,02
O ₂	281,31	-	0,139	-
N ₂	5519,98	-	0,14	-
CO	49,07	-	0,14	-
CO ₂	77,03	-	0,13	-
CH ₂ O	2359,43	-	0,43	-

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (167,19 \text{ kg/jam}) (0,42 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210-25)^{\circ}\text{C} + (167,19 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (140,02 \text{ kkal/kg}) + (167,19 \text{ kg/jam})(0,37 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 47844,76 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (1598,71 \text{ kg/jam})(0,28 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210-25)^{\circ}\text{C} + (1598,71 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (391,02 \text{ kkal/kg}) + (1598,71 \text{ kg/jam})(0,25 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 781881,10 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{O}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (281,31 \text{ kg/jam})(0,139 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 7233,89 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{N}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (5519,98 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 142967,48 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{CO} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (49,07 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 1270,91 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{CO_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (77,03 \text{ kg/jam})(0,13 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 1852,57 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{CH_2O} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (2359,43 \text{ kg/jam})(0,43 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C})(210 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 187697,73 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ pada } T 210^{\circ}\text{C} &= Q_{CH_3OH} + Q_{H_2O} + Q_{O_2} + Q_{N_2} + Q_{CO} + Q_{CO_2} + Q_{CH_2O} \\
 &= (47844,76 + 781881,10 + 7233,89 + 142967,48 + 1270,91 + \\
 &\quad 1852,57 + 187697,73) \text{ kkal/jam} \\
 &= 1170748,44 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Superheater :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₃ OH	741957,77	1.222263,44
H ₂ O	1044076,87	813019,31
O ₂	13581,65	7233,89
N ₂	288060,16	142967,48
CO	2560,72	1270,91
CO ₂	4101,85	1852,57
CH ₂ O	431362,79	187697,73
Udara	127796,98	277193,46
Total	2.653.498,79	2.653.498,79

Untuk reaksi (2) :



$$\begin{aligned} \Delta \text{Hr } 25^\circ\text{C} &= \Delta \text{Hf produk} - \Delta \text{Hf reaktan} \\ &= [\Delta \text{Hf CO} + \Delta \text{Hf CO}_2 + \Delta \text{Hf H}_2\text{O}] - \\ &\quad [\Delta \text{Hf CH}_3\text{OH} + \Delta \text{Hf O}_2] \\ &= [\frac{1}{2}(-26416) + \frac{1}{2}(-94052) + 2(-57797,9)] - [(-48080) + \\ &\quad \frac{5}{4}(0)] \text{ kka l / kgmol} \\ &= -127749,8 \text{ kkal / kg mol} \end{aligned}$$

$$\Delta \text{Hr } 380^\circ\text{C} = \Delta \text{Hr } 25^\circ\text{C} + \int_{25}^{380} [\text{Cp produk} - \text{Cp reaktan}] dt$$

Komponen	Cpg pada T 380°C (kkal / kg°C)
CH ₂ O	0,524
O ₂	0,136
N ₂	0,147
CO	0,147
CO ₂	0,15
CH ₃ OH	0,47
H ₂ O	0,27

Untuk reaksi (1) :



$$\begin{aligned} \Delta \text{Hr } 380^\circ\text{C} &= \Delta \text{Hr } 25^\circ\text{C} + \int_{25}^{380} [\text{Cp produk} - \text{Cp reaktan}] dt \\ &= [(-38007,9 \text{ kkal / kgmol})] + [(0,524 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C})(380 - 25)^\circ\text{C} + \\ &\quad (0,27 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C})(380 - 25)^\circ\text{C}] - [(0,47 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(380 - 25)^\circ\text{C} + \frac{1}{2} \\ &\quad (0,136 \text{ kkal/ kg}^\circ\text{C})(380 - 25)^\circ\text{C}] \\ &= 38098,78 \text{ kkal/ kg mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_R(1) \text{ } 380^\circ\text{C} &= 38098,78 \text{ kkal/kg mol} \times \text{mol CH}_3\text{OH yang beraksi} \\
 &= 38098,78 \text{ kkal/kg mol} \times 82,17 \text{ kg mol} \\
 &= 3130576,75 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Untuk reaksi (2) :



$$\begin{aligned}
 \Delta H_r \text{ } 380^\circ\text{C} &= \Delta H_r \text{ } 25^\circ\text{C} + \int_{25}^{380} (\text{Cp produk} - \text{Cp reaktan}) dt \\
 &= [(-127749,8 \text{ kkal / kgmol})] + [(\frac{1}{2} (0,147 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C}) (380 - 25)^\circ\text{C} + \frac{1}{2} \\
 &\quad (0,15 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (380 - 25)^\circ\text{C} + 2 (0,27 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (380 - 25)^\circ\text{C}] [\\
 &\quad (0,47 \text{ kkal/ kg}^\circ\text{C}) (380 - 25)^\circ\text{C} + \frac{5}{4} (0,136 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (380 - 25)^\circ\text{C}] \\
 &= 127767,02 \text{ kkal/ kg mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_R(2) \text{ } 380^\circ\text{C} &= 127767,02 \text{ kkal / kgmol} \times \text{mol CH}_3\text{OH yang bereaksi} \\
 &= 127767,02 \text{ kkal/kgmol} \times 82,17 \text{ kg mol} \\
 &= 10498616,03 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_R \text{ total } 380^\circ\text{C} &= Q_R(1) + Q_R(2) \\
 &= (3130576,75 + 10498616,03) \text{ kkal} \\
 &= 13.629.192,78 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

A. PANAS YANG MASUK REAKTOR

Panas yang masuk ke reaktor = panas yang keluar dari superheater pada T 300°C

$T_1 = 300^\circ\text{C} \Rightarrow$	Q CH ₃ OH	=	1.174.378,68 kkal/jam
	Q H ₂ O	=	31138,21 kkal/jam
	Q Udara	=	277193,46 kkal/jam
	<hr/> Q total	=	<hr/> 1.482.710,35 kkal/jam

B. PANAS YANG KELUAR REAKTOR

Panas yang keluar dari reaktor = panas yang masuk ke superheater pada T 380°C.

$T_2 = 380^\circ\text{C} \Rightarrow$	Q CH ₃ OH	=	89541,95 kkal/jam
	Q H ₂ O	=	1012926,67 kkal/jam
	Q O ₂	=	13581,65 kkal/jam
	Q N ₂	=	288060,16 kkal/jam
	Q CH ₂ O	=	431362,79 kkal/jam
	Q CO	=	2560,72 kkal/jam
	Q CO ₂	=	4101,85 kkal/jam
	<hr/> Q Total	=	<hr/> 1.842.135,79 kkal/jam

$$\begin{aligned}
 Q \text{ masuk} + Q R(1) + Q R(2) &= Q \text{ Keluar} + Q \text{ Pendingin} \\
 Q \text{ Pendingin} &= [Q \text{ masuk} + Q R(1) + Q R(2)] - Q \text{ Keluar} \\
 &= [1.482710,35 + 3130576,75 + 10498616,03] - \\
 &\quad [1.842.135,79] \text{ kkal/jam} \\
 &= 13.269767,34 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

" MENGHITUNG KEBUTUHAN PENDINGIN DIREAKTOR "

Untuk mempertahankan temperatur reaktor, maka digunakan media pendingin. Sebagai media pendingin digunakan dowtherm A, di mana :

$$\begin{aligned}
 T_1 \text{ (masuk)} &= 100^\circ\text{C} \\
 T_2 \text{ (keluar)} &= 257,8^\circ\text{C} \\
 T_{\text{Ref}} &= 25^\circ\text{C} \\
 \Rightarrow T_{\text{Pendingin rata-rata}} &= \frac{(100 + 257,8)^\circ\text{C}}{2} \\
 &= 178,9^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cp dowtherm A pada } T \text{ } 178,9^\circ\text{C} &= 0,526 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \\
 &= 0,526 \times 0,5556 \\
 &= 0,292 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Pendingin}} = 13.269.767,34 \text{ kkal/jam}$$

Jadi jumlah panas yang harus dihilangkan dari reaktor oleh pendingin dowtherm A adalah :

$$Q_{\text{Pendingin}} = 13.269.767,34 \text{ kkal/jam}$$

Jumlah dowtherm A yang dibutuhkan sebagai pendingin :

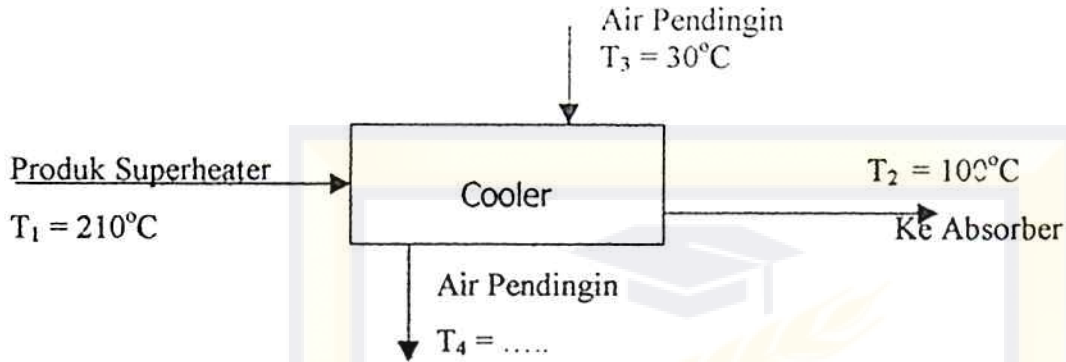
$$\begin{aligned}
 Q &= M_d \cdot C_{pd} (T_2 - T_1) \\
 \Rightarrow M_d &= \frac{Q}{C_{pd} (T_2 - T_1)} \\
 &= \frac{13.269.767,34 \text{ kkal/jam}}{(0,292 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(257,8 - 100)^\circ\text{C}} \\
 &= 2897987,38 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ pendingin masuk reaktor pada } T \text{ } 100^{\circ}\text{C} &= M_d.C_{pd} (T_1 - T_{ref}) \\
 &= (287987,38 \text{ kg/jam})(0,292 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}) \\
 &\quad (100 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 6306923,62 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ pendingin keluar reaktor pada } T \text{ } 257,8^{\circ}\text{C} &= M_d.C_{pd} (T_2 - T_{ref}) \\
 &= (287987,38 \text{ kg/jam})(0,292 \\
 &\quad \text{kkal/kg}^{\circ}\text{C})(257,8 - 25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 19576690,96 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca panas pada reaktor :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
Feed reaktor	1482710,35	-
Produk reaktor	-	1842135,79
$Q_R \text{ } 380^{\circ}\text{C}$	13629192,78	-
Pendingin 100°C	6306923,62	-
Pendingin $257,8^{\circ}\text{C}$	-	19576690,96
Total	21418826,75	21418826,75

B. 5. COOLERA. PANAS YANG MASUK COOLER

(Panas yang masuk ke Cooler = Panas yang keluar dari Superheater pada $T_{210^{\circ}\text{C}}$)

$T_1 = 210^{\circ}\text{C} \Rightarrow Q \text{ CH}_3\text{OH}$	=	47844,76 kkal/jam
$Q \text{ H}_2\text{O}$	=	781881,10 kkal/jam
$Q \text{ O}_2$	=	7233,89 kkal/jam
$Q \text{ N}_2$	=	142967,48 kkal/jam
$Q \text{ CO}$	=	1270,91 kkal/jam
$Q \text{ CO}_2$	=	1852,57 kkal/jam
$Q \text{ CH}_2\text{O}$	=	187697,73 kkal/jam
$Q \text{ Total}$	=	1170748,73 kkal/jam

B. PANAS YANG KELUAR COOLER

$$T_2 = 100^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	C _{pg} (kkal/kg°C)	C _{pl} (kkal/kg°C)	λ(kkal/kg)
CH ₃ OH	167,19	0,33	0,39	127,23
H ₂ O	1589,71	0,24	0,56	328,14
O ₂	281,31	0,13	-	-
N ₂	5519,98	0,14	-	-
CH ₂ O	2359,43	0,43	-	-
CO	49,07	0,14	-	-
CO ₂	77,03	0,12	-	-

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (167,19 \text{ kg/jam}) (0,39 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (100-25)^\circ\text{C} + (167,19 \text{ kg/jam}) \\ &\quad (127,23 \text{ kkal/kg}) + (167,19 \text{ kg/jam}) (0,33 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (100-25)^\circ\text{C} \\ &= 30299,84 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (1598,71 \text{ kg/jam}) (0,56 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}) (100 - 25)^\circ\text{C} + \\ &\quad (1598,71 \text{ kg/jam})(328,14 \text{ kkal/kg}) + (1598,71 \text{ kg/jam}) \\ &\quad (0,24 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 324654,02 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{O}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (281,31 \text{ kg/jam})(0,13 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 2742,77 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{N}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (5519,98 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 57959,79 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CH}_2\text{O}} &= m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\
 &= (2359,43 \text{ kg/jam})(0,43 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 76091,62 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CO}} &= m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\
 &= (49,07 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 515,24 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CO}_2} &= m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\
 &= (77,03 \text{ kg/jam})(0,12 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(100 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 693,27 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

- $Q_{\text{Total pada T } 100^\circ\text{C}} = Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{O}_2} + Q_{\text{N}_2} + Q_{\text{CH}_2\text{O}} + Q_{\text{CO}} + Q_{\text{CO}_2}$

$$\begin{aligned}
 &= (30299,84 + 324654,02 + 2742,77 + 57959,79 + 76091,62 \\
 &\quad + 515,24 + 693,27) \text{ kkal/jam} \\
 &= 492956,55 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

C. MENGHITUNG KEBUTUHAN AIR PENDINGIN

$$\begin{aligned}
 T_3 = 30^\circ\text{C} \Rightarrow Q &= (Q_1 \text{ pada T } 210^\circ\text{C} - Q_2 \text{ pada T } 100^\circ\text{C}) \\
 &= (1170748,44 - 492956,55) \text{ kkal/jam} \\
 &= 677791,89 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$C_{pl} H_2O = 1 \text{ kkal/gr}^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow Q = m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow m = \frac{Q}{C_{pl} \cdot \Delta T}$$

$$= \frac{677791,89 \text{ kkal/jam}}{(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C}}$$

$$= 135558,38 \text{ kg/jam}$$

Sehingga :

$$Q_3 \text{ air pendingin pada } T \text{ } 30^\circ\text{C} = m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T$$

$$= (135558,38 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C}$$

$$= 677791,90 \text{ kkal/jam}$$

$$Q_1 + Q_3 = Q_2 + Q_4$$

$$Q_4 = (Q_1 + Q_3) - Q_2$$

$$= (1170748,44 + 677791,90) - 492956,55$$

$$= 1.355.583,79 \text{ kkal/jam}$$

Untuk $T_4 =$

$$\Rightarrow Q_4 = 1.355.583,79 \text{ kkal/jam}$$

$$= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T$$

$$= (135558,38 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(T_4 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow T_4 = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_4 \text{ air pendingin pada } T \text{ } 35^\circ\text{C} = m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T$$

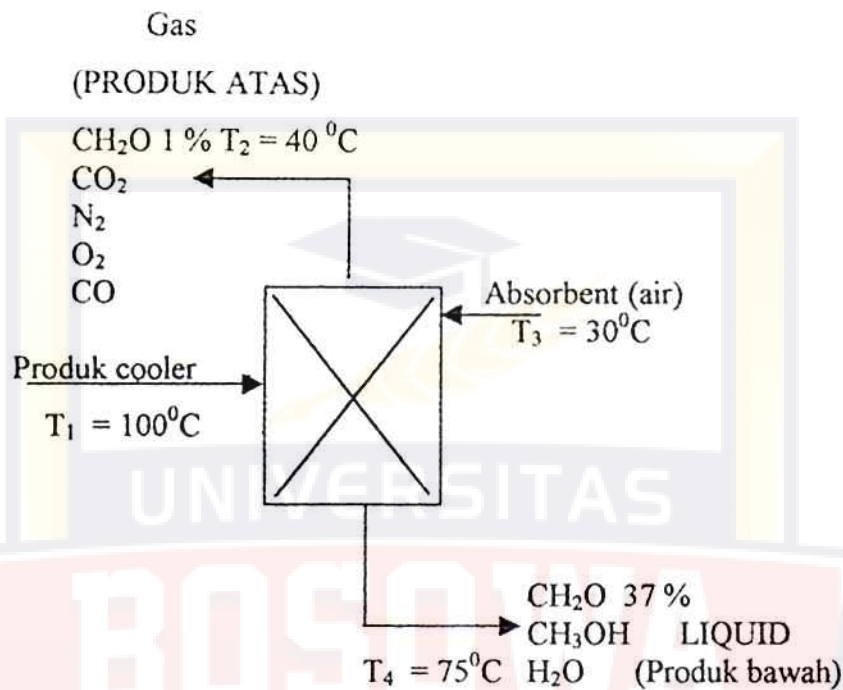
$$= (135558,38 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(35 - 25)^\circ\text{C}$$

$$= 1355583,80 \text{ kkal/jam}$$

Neraca Panas pada Cooler :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₃ OH	47844,76	30299,84
H ₂ O	781881,10	324654,02
O ₂	7233,89	2742,77
N ₂	142967,48	57959,79
CH ₂ O	187697,73	76091,62
CO	1270,91	515,24
CO ₂	1852,57	693,27
Air pendingin 30 ⁰ C	677791,90	-
Air pendingin 35 ⁰ C	-	1355583,80
Total	1.848.540,35	1.848.540,35



B. 6. ABSORBERA. PANAS YANG MASUK ABSORBER

(Panas yang masuk ke absorber = panas yang keluar dari cooler pada T 100⁰C)

T ₁ = 100°C ⇒ Q CH ₃ OH	=	30299,84 kkal/jam
Q H ₂ O	=	324654,02 kkal/jam
Q O ₂	=	2742,77 kkal/jam
Q N ₂	=	57959,79 kkal/jam
Q CH ₂ O	=	76091,62 kkal/jam
Q CO	=	515,24 kkal/jam
Q CO ₂	=	93,27 kkal/jam
Q Total	=	492.956,55 kkal/jam

H₂O sebagai Absorbent :

$$m = 2211,19 \text{ kg/jam}$$

$$T = 30^\circ\text{C}$$

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

$$C_{\text{pl}} = 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q &= m \cdot C_{\text{pl}} \cdot \Delta T \\ &= (2211,19 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 11055,95 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

B. PANAS YANG KELUAR ABSERBER

- **Produk Atas (Gas) :**

$$T_2 = 40^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	C _{pg} (kkal/kg ^o C)
CH ₂ O	23,68	0,41
CO ₂	77,03	0,12
N ₂	5519,98	0,14
O ₂	281,31	0,12
CO	49,07	0,14

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_2\text{O}} &= m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\ &= (23,68 \text{ kg/jam})(0,41 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(40 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 145,63 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CO}_2} &= m \cdot C_{\text{pg}} \cdot \Delta T \\ &= (77,03 \text{ kg/jam})(0,12 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(40 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 138,65 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{N_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (5519,98 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(40 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 11591,96 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{O_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (281,31 \text{ kg/jam})(0,12 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(40 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 506,36 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{CO} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (49,07 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(40 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 103,05 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q_2 \text{ pada } T_{40}^\circ\text{C} &= Q_{CH_2O} + Q_{CO_2} + Q_{N_2} + Q_{O_2} + Q_{CO} \\
 \text{(Produk Atas)} &= (145,63 + 138,65 + 11591,96 + 506,36 + \\
 &\quad 103,05) \text{ kkal/jam} \\
 &= 12485,65 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

• **Produk Bawah (LIQUID)** :

$$T_4 = 75^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	C _{pl} (kkal/kg ^o C)	C _{pg} (kkal/kg ^o C)	λ(kkal/kg)
CH ₂ O	2335,75	0,38	0,32	76,67
CH ₃ OH	167,76	0,36	0,321	205,57
H ₂ O	3809,90	1	-	-

$$\begin{aligned}
 Q_{CH_2O} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (2335,75 \text{ kg/jam})(0,38 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} + (2335,75 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (76,67 \text{ kkal/kg}) + (2335,75 \text{ kg/jam})(0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 260833,20 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

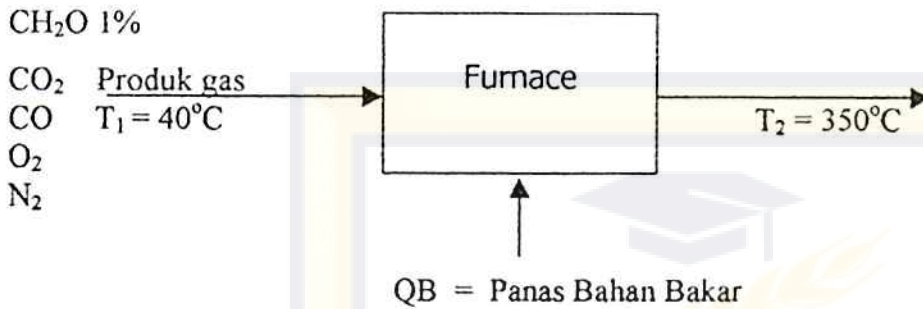
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\
 &= (167,76 \text{ kg/jam})(0,36 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} + (167,76 \text{ kg/jam}) \\
 &\quad (205,57 \text{ kkal/kg}) + (167,76 \text{ kg/jam})(0,321 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 40198,65 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\
 &= (3809,90 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(75 - 25)^\circ\text{C} \\
 &= 190495 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * Q_4 \text{ pada } T 75^\circ\text{C} &= Q_{\text{CH}_2\text{O}} + Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \\
 &= (260833,20 + 40198,65 + 190495) \text{ kkal/jam} \\
 &= 491526,85 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas pada Absorber :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₂ O	76091,62	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Produk Bawah (LIQUID)</u> CH₂O 37% = 260833,20 CH₃OH = 40198,65 H₂O = 190495 + <li style="text-align: right;">491526,85
CH ₃ OH	30299,84	
H ₂ O	324654,02	
O ₂	2742,77	
N ₂	57959,79	
CO	515,24	
CO ₂	693,27	
H ₂ O yang ditambahkan	11055,95	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Produk Atas (Gas)</u> CH₂O 1% = 145,63 CO₂ = 138,65 N₂ = 11591,96 O₂ = 506,36 CO = 103,05 + <li style="text-align: right;">12485,65
Total	504.012,50	504.012,50

B. 7. FURNACE

Panas yang di butuhkan oleh gas CH_2O , CO , CO_2 , N_2 dan O_2 untuk meningkatkan suhu dari 40°C menjadi 350°C , adalah :

$$Q = m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T$$

Komponen	m (kg/jam)	C_{pg} (kkal/kg $^\circ\text{C}$)
CH_2O	23,68	0,41
CO	49,07	0,14
CO_2	77,03	0,12
N_2	5519,98	0,14
O_2	281,31	0,123

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (23,68 \text{ kg/jam})(0,41 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(350 - 40)^\circ\text{C} \\ &= 3009,73 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CO}} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (49,07 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(350 - 40)^\circ\text{C} \\ &= 2129,64 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CO}_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\ &= (77,03 \text{ kg/jam})(0,12 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(350 - 40)^\circ\text{C} \\ &= 2865,52 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{N_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\&= (5519,98 \text{ kg/jam})(0,14 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(350 - 40)^\circ\text{C} \\&= 239567,13 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{O_2} &= m \cdot C_{pg} \cdot \Delta T \\&= (281,31 \text{ kg/jam})(0,123 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(350 - 40)^\circ\text{C} \\&= 10726,35 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{Total}} &= Q_{CH_2O} + Q_{CO} + Q_{CO_2} + Q_{N_2} + Q_{O_2} \\&= (3009,73 + 2129,64 + 2865,52 + 239567,13 + 10726,35) \text{ kkal/jam} \\&= 258298,37 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Jadi :

Total panas yang di butuhkan pada Furnace :

$$= 258298,37 \text{ kkal/jam}$$

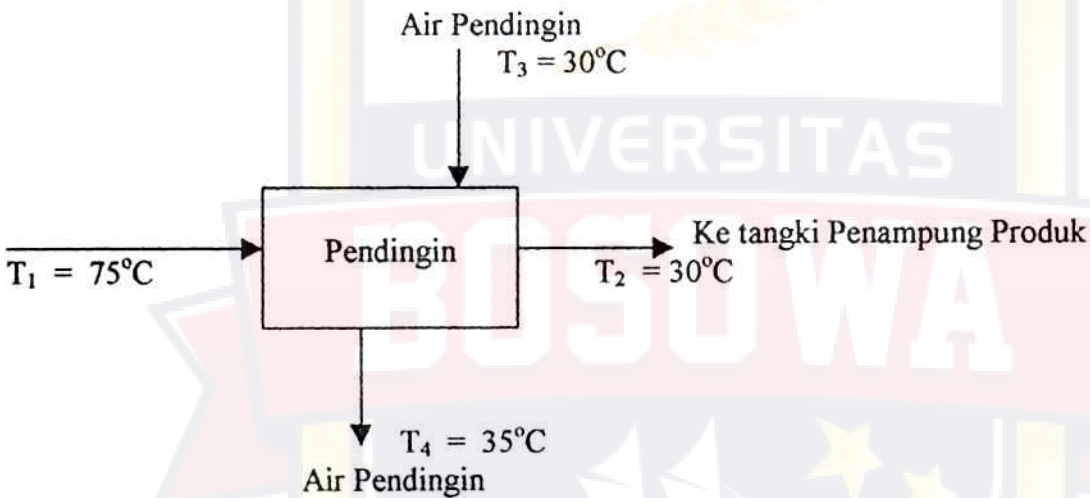
$$= \underline{258298,37}$$

$$0,252$$

$$= 1024993,53 \text{ Btu/jam}$$

B. 8. PENDINGIN FORMALDEHID

Produk Formaldehid yang sudah di murnikan di Absorber dan keluar dari bagian bawah penyerap pada temperatur 75°C . Untuk penyimpanan, maka harus di dinginkan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur 30°C . Sebagai media pendingin di gunakan air pendingin yang masuk pada temperatur 30°C dan keluar pada temperatur 35°C .

**A. PANAS YANG MASUK PENDINGIN**

Panas yang masuk ke dalam pendingin Formaldehid = Panas yang keluar dari Absorber produk dibawah :

$$T_1 = 75^{\circ}\text{C} \Rightarrow Q \text{ CH}_2\text{O } 37\% = 260833,20 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ CH}_3\text{OH} = 40198,65 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = 190495 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ Total} = 491526,85 \text{ kkal/jam}$$

B. PANAS YANG KELUAR PENDINGIN

$$T_2 = 30^\circ\text{C}$$

Komponen	m (kg/jam)	Cpl (kkal/kg°C)
CH ₂ O	2335,75	0,35
CH ₃ OH	167,76	0,31
H ₂ O	3809,90	1

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (2335,75 \text{ kg/jam})(0,35 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 5722,59 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (167,76 \text{ kg/jam})(0,31 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 364,04 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot C_{pl} \cdot \Delta T \\ &= (3809,90 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 26669,30 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * Q_{\text{Total pada T } 30^\circ\text{C}} &= Q_{\text{CH}_2\text{O}} + Q_{\text{CH}_3\text{OH}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= (5722,59 + 364,04 + 26669,30) \text{ kkal/jam} \\ &= 32755,93 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

C. MENGHITUNG KEBUTUHAN AIR PENDINGIN

$$\begin{aligned} T_3 = 30^\circ\text{C} \Rightarrow Q &= (Q_1 \text{ pada T } 75^\circ\text{C} - Q_2 \text{ pada T } 30^\circ\text{C}) \\ &= (491526,85 - 32755,93) \text{ kkal/jam} \\ &= 458770,92 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Cpl H}_2\text{O} = 1 \text{ kkal/jam}$$

$$\Rightarrow Q = m \cdot \text{Cpl} \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow m = \frac{Q}{\text{Cpl} \cdot \Delta T}$$

$$= \frac{458770,92 \text{ kkal/jam}}{(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C}}$$

$$= 91754,184 \text{ kg/jam}$$

Sehingga :

$$Q_3 \text{ air pendingin pada } T_{30}^\circ\text{C} = m \cdot \text{Cpl} \cdot \Delta T$$

$$= (91754,184 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(30 - 25)^\circ\text{C}$$

$$= 458770,92 \text{ kkal/jam}$$

$$Q_1 + Q_3 = Q_2 + Q_4$$

$$Q_4 = (Q_1 + Q_3) - Q_2$$

$$= (491526,85 + 458770,92) - 32755,93$$

$$= 917541,84 \text{ kkal/jam}$$

Untuk $T_4 =$

$$Q_4 = 917541,84 \text{ kkal/jam}$$

$$= m \cdot \text{Cpl} \cdot \Delta T$$

$$= (91754,184 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(T_4 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow T_4 = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_4 \text{ air pendingin pada } T_{35}^\circ\text{C} = m \cdot \text{Cpl} \cdot \Delta T$$

$$= (91754,184 \text{ kg/jam})(1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C})(35 - 25)^\circ\text{C}$$

$$= 917541,84 \text{ kkal/jam}$$

Neraca Panas pada Pendingin Formaldehid :

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
CH ₂ O	260833,20	5722,59
CH ₃ OH	40198,65	364,04
H ₂ O	190495	26669,30
Air Pendingin 30°C	458770,92	-
Air Pendingin 35°C	-	917541,84
Total	950297,77	950297,77



LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

UNIVERSITAS

BOSOWA



LAMPIRAN C

SPESIFIKASI ALAT

C.1. TANGKI PENAMPUNG METANOL

Fungsi : Sebagai penyimpanan bahan baku methanol selama 2 bulan.

$$\begin{aligned} \text{Massa} &: 2853 \text{ Kg/jam} \times 1^{\text{lb}} / 0,454 \text{ Kg} \\ &= 6284,14^{\text{lb}} / \text{jam} \end{aligned}$$

Direncanakan :

- Tangki berjumlah 2 buah.
- Waktu penampungan selama 30 hari.
- Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas standart dished head dan tutup bawah plat.
- Volume ruang kosong adalah 20 % volume liquida.
- Diameter tangki = Tinggi tangki ($H/D = 1$).

Data-data densitas dari Perry's edisi 6, Tabel 3 - 28 :

$$s.q \text{ CH}_3\text{OH} = 0,792$$

$$\begin{aligned} P \text{ CH}_3\text{OH} &= 0,792 \times 62,158 \\ &= 49,23^{\text{lb}} / \text{ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida} &= \left(\frac{m}{P} \right) \cdot Q \Rightarrow Q = (30 \text{ hari})(24 \text{ jam/hari}) \\ &= 750 \text{ jam} \\ &= \left(\frac{6284,14^{\text{lb}}/\text{jam}}{49,23^{\text{lb}}/\text{ft}^3} \right) \left(750 \text{ jam} \right) \\ &= 91906,98 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= 1,2 \times 91906,98 \text{ ft}^3 \\ &= 109088,38 \text{ ft}^3 \\ &= 3087,20 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \pi D^2 H \\ &= 109088,38 \text{ ft}^3 \\ &= \frac{1}{4} \pi D^3 \\ &= 109088,38 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter} = 5 \text{ ft}$$

$$\text{Standarisasi } D = H$$

$$= 52 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = \frac{1}{1} \cdot 52 \text{ ft}$$

$$= 52 \text{ ft}$$

Bahan yang digunakan adalah carbon steel SA-283 grade C dengan sistem pengelasan double welded but joint. Dari Brownell and Young Table 13 - 1 dan 13 - 2 :

$$\text{Stress yang diijinkan, allowable, } F = 12650 \text{ Psi}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan, } E = 0,85$$

$$\text{Pops} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{P rancangan} = \text{Pops} + \text{Phidro}$$

$$= (14,7 + 14,81) \text{ psi}$$

$$= 29,51 \text{ psi}$$

$$\text{P hidro} = \frac{\rho \cdot H L}{144} ; \quad H L = \frac{52 \text{ ft}}{1,2}$$

$$= \frac{(49,23 \text{ lb}/\text{ft}^3)(43,33 \text{ Ft})}{144} = 43,33 \text{ Ft}$$

$$= 14,81 \text{ Psi}$$

$$\text{rc} = \text{Do} = \text{Di} + 2 \text{ ts}$$

$$= 52 \text{ Ft} + 2(0,082 \text{ Ft})$$

Jadi :

$$t = (0,125 \text{ inch}) (627,96 \text{ inch}) \sqrt{\frac{29,51 \text{ psi}}{12650 \text{ psi}}}$$

$$= 3,79 \text{ inch}$$

“Spesifikasi Tangki Penyimpanan Methanol” :

fungsi	=	Peyimpanan bahan baku methanol dalam bentuk liquid selama 2 bulan
Jumlah	=	2 buah
Kapasitas	=	91906,98 ft ³
Bentuk bejana	=	silinder
Bentuk tutup	=	standart dished
Bentuk dasar	=	datar
Tinggi bejana	=	52 ft
Diameter shell	=	52 ft
Bahan konstruksi	=	carbon steel

C.2. POMPA METHANOL DITANGKI PENAMPUNG

Fungsi : Mengalirkan methanol dari tangki penyimpanan ketangki penguap

$$\text{Massa (m)} = 6284,14 \text{ lb / jam}$$

$$\text{Temperatur (t)} = 30^0 \text{ C}$$

$$= 86^0 \text{ F}$$

$$P \text{ campuran} = 49,229 \text{ lb / ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,5 \text{ Cp}$$

$$= 0,5 \text{ cp} \times 2,42 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft / cp}$$

$$= 1,21 \text{ lb / ft jam}$$

m

$$\text{Debit} = \frac{P}{m}$$

P

$$= \frac{6284,14 \text{ lb / jam}}{49,229 \text{ lb / ft}^3}$$

$$= 127,65 \text{ ft}^3 / \text{jam}$$

$$= 0,0355 \text{ ft}^3 / \text{detik}$$

$$= 0,159 \text{ gpm}$$

Dari pers. 13 –15 Peter & Timerhaus :

$$\begin{aligned} \text{Di}_{\text{OPT}} &= 3,9 \cdot Qf^{0,45} \cdot P^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0355)^{0,45} (49,229)^{0,13} \\ &= 1,441 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dari tabel 13 Peter dipilih pipa dengan spesifikasi :

– Pipa dengan diameter 1^{1/2} schedule 40 → dari Appendiks A-5 Geonkoplis, diperoleh :

$$\text{OD} = 1,9 \text{ inch} = 0,158 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,61 \text{ inch} = 0,134 \text{ ft}$$

$$\text{at} = 0,01414 \text{ ft}^2$$

maka =

kecepatan aliran pipa (V) :

$$V = \frac{Q}{at} = \frac{0,0355 \text{ ft}^3 / \text{detik}}{0,01414 \text{ ft}^2}$$

$$= 2,51 \text{ ft / detik}$$

$$G = \frac{W}{at} = \frac{6284,14 \text{ lb} / \text{jam}}{0,01414 \text{ Ft}^2}$$

$$= 444422,91 \text{ lb} / \text{ft}^2 \text{ jam}$$

Bilangan Reynold (Re) :

$$NRe = \frac{D.G}{\mu}$$

$$= \frac{(0,314 \text{ ft})(444422,91 \text{ lb} / \text{ft}^2 \text{ jam})}{1,21 \text{ lb} / \text{ft jam}}$$

$$= 49217,083$$

$$= 49217,083 > 2100 \text{ aliran Turbulen}$$

Dipakai pipa comersial steel :

Dari fig 14 -1 Peters, di peroleh :

$$\text{Untuk Nre} = 49217,083$$

$$\epsilon = 0,00015$$

$$\frac{\epsilon/D}{0,134}$$

$$= 1,12 \cdot 10^{-3}$$

$$f = 0,007$$

“Instalasi pipa :

$$\text{Panjang pipa lurus} = 100 \text{ ft}$$

Dari Appendiks C-2A , A foust di peroleh :

$$2 \text{ buah standard elbow , } Le = 2 \cdot 30 \cdot 0,622 / 12$$

$$= 3,1 \text{ pt}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ buah gate value, } L_e &= 1 \cdot 17,0622 / 12 \\ &= 0,88 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pipa total} = 103,98 \text{ ft}$$

"Persamaan Bernouilly :

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \frac{\rho}{g} + \frac{V_1^2}{2g} + (-W_s) = \frac{P_2}{\rho} + Z_2 \frac{\rho}{g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma F$$

$$(-W_s) = \frac{\Delta Z \rho}{g} + \frac{\Delta V^2}{2g} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$\text{- Static head, } \Delta z \text{ (g/gc)} = 20 \text{ Ft lbf / lbm}$$

$$\text{- Pressure head, } \Delta P/P = 0 \text{ (karena tekanan sama)}$$

$$\text{- Velocity head, } \frac{\Delta V^2}{2g} = 1,4 \text{ ft/detik}$$

$$\begin{aligned} \text{- Fuction head, } \Sigma f &= \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2g \cdot D} \\ &= \frac{(0,007)(103,98 \text{ ft})(2,51 \text{ ft /detik})^2}{2(32,174)(0,134 \text{ ft})} \\ &= 0,21 \text{ lbf ft / lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- } W_s &= \Delta Z \text{ g/gc} + \Sigma f + \Delta V^2 / 2g \\ &= 20 + 0,21 + 1,4 \\ &= 21,61 \text{ ft lbf / lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Tenaga Pompa} &= \frac{-W_s \cdot Q \cdot P}{550} \\ &= \frac{21,61 (0,035)(49,229)}{550} \\ &= 0,069 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- Efisiensi pompa = 20 %
- BHP = $\frac{0,069 \text{ Hp}}{0,20}$
- = 0,345 Hp
- Efisiensi motor = 70 %
- Tenaga motor = $\frac{0,345 \text{ Hp}}{0,70}$
- = 0,493 Hp

Dipilih pompa dengan spesifikasi

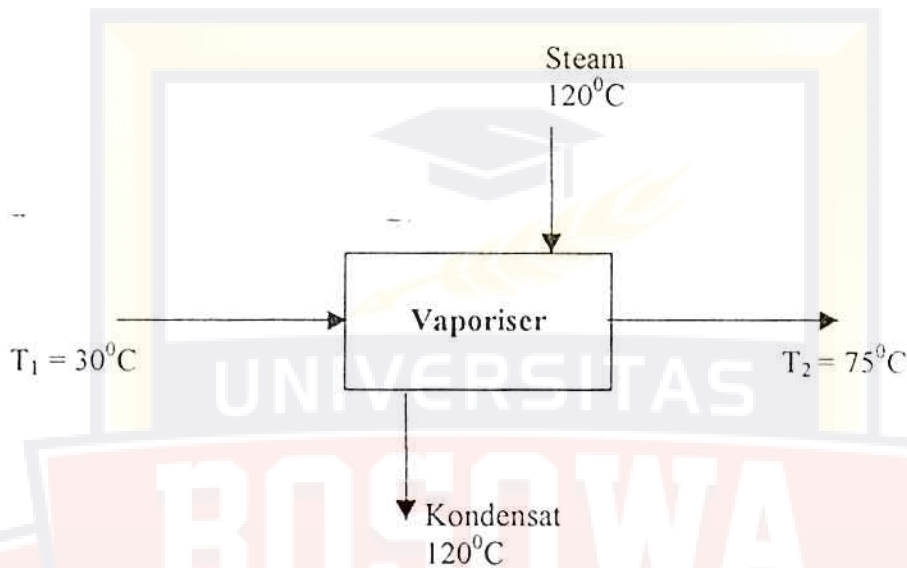
- Jenis pompa = sentrifugal pump
- Kapasitas = 109088,38 ft³
- Motor, power = 1 Hp

“Spesifikasi Alat Pompa di Tangki Penampung Methanol :

- Fungsi = mengalirkan methanol dari tangki penyimpanan menuju ke Vaporiser
- Kapasitas = 109088,38 ft³
- Type = sentrifugal pump
- Bahan konstruksi = stainless steel
- Motor = 1 Hp
- Jumlah = 1 buah

C.3. VAPORISER

FUNGSI : Menguapkan larutan methanol dari tangki penyimpanan



Massa methanol	=	2795,94 Kg / jam
Massa air	=	57,06 Kg / jam
Total	=	2853 Kg / jam
	=	6284,14 lb / jam
λ	=	127,788 kkal / Kg

Dari perhitungan neraca panas di peroleh :

Q total	=	500945,05 kkal / jam
	=	1987877,182 Btu / jam

(qV) :	q penguapan =	m. λ
	=	(2795,94 Kg / jam)(127,788 kkal / Kg)
	=	357287,581 kkal / jam
	=	1417807,861 Btu / jam

$$\begin{aligned}
 (qp): \quad q \text{ perhitungan} &= Q - q \\
 &= (1987877,182 - 1417807,861) \text{ Btu / jam} \\
 &= 570069,321 \text{ Btu / jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam} &= 426,293 \text{ Kg / jam} \\
 &= 938,97 \text{ lb / jam}
 \end{aligned}$$

❖ Δt_p (Preheating) :

Fluida Panas	Fluida dingin		Selisih
248 ⁰ F	Temp tinggi	167 ⁰ F	81 ⁰ F
248 ⁰ F	Temp rendah	86 ⁰ F	162 ⁰ F
0	Selisih	81 ⁰ F	81 ⁰ F

$$\begin{aligned}
 \Delta t_p &= \text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} = \frac{(81 - 162)^\circ \text{ F}}{\ln 81/162} \\
 &= 116,86^\circ \text{ F}
 \end{aligned}$$

❖ Δt_V (Vaporiser) :

Fluida Panas	Fluida dingin		Selisih
248	Temp tinggi	167 ⁰ F	81 ⁰ F
248	Temp rendah	167 ⁰ F	81 ⁰ F
0	Selisih	0	0

❖ $\Delta t_V = 81^\circ \text{ F}$

$$\begin{aligned}
 qp/(\Delta t)_p &= \frac{570069,321 \text{ Btu / jam}}{116,86^\circ \text{ F}}
 \end{aligned}$$

$$= 4878,225 \text{ Btu / jam}^\circ \text{ F}$$

$$\begin{aligned}
 qV/(\Delta t)_V &= \frac{1417807 \text{ Btu / jam}}{81^\circ \text{ F}}
 \end{aligned}$$

$$= 17503,80 \text{ Btu / jam}^\circ \text{ F}$$

$$\textcircled{R} \quad \Sigma q / \Delta t = (4878,225 + 17053,80) \text{ Btu / jam}^{\circ} \text{ F}$$

$$22382,025 \text{ Btu / jam}^{\circ} \text{ F}$$

$$\textcircled{R} \quad \text{Weight } \Delta t = \frac{Q}{\Sigma q / \Delta t} = \frac{1987877,182 \text{ Btu / jam}}{22382,025 \text{ Btu / jam}^{\circ} \text{ F}}$$

$$= 88,82^{\circ} \text{ F}$$

Temperatur kalorik (T_c dan t_c) dapat diganti dengan temperatur rata-rata (T_{av} dan T_{av}) karena viskositis fluida $< 1,0$ cp.

“ Tangki Penguap yang di gunakan :

Jenis = 1-2 HE
 OD = 3 / 4 “
 BWG = 16 ; a” = 0,1963 ft² / lin ft
 Pitch = segita ; ¹⁵/₁₆ = 0,938 inch
 L = 16 ft

Dari tabel 8, Kren :

$$U_d : 125 \text{ Btu / jam Ft}^2 \text{ }^{\circ} \text{ F}$$

$$A : \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t \text{ weigted}} = \frac{1987877,182 \text{ Btu / jam}}{(125 \text{ Btu / jam Ft}^2 \text{ }^{\circ} \text{ F})(88,82^{\circ} \text{ F})}$$

$$= 179,05 \text{ ft}^2$$

$$N_t : \frac{A}{L \cdot a''} = \frac{179,05 \text{ ft}^2}{(16 \text{ ft})(0,1963 \text{ Ft}^2 / \text{lin ft})}$$

$$= 57,08$$

Dari Tabel 9, Kern di pilih :

ID shell = 10 in
 Nt = 62
 Passes = 2
 B = 2 in
 A koreksi = Nt.L.a”
 = (62)(16ft)(0,1963)

$$= 175,885 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ud koreksi} &= \frac{Q}{(A \cdot \Delta t \text{ weighted})} = \frac{1987877,182 \text{ Btu / jam}}{(175,885 \text{ ft}^2)(88,82^{\circ} \text{ F})} \\ &= 127,25 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ }^{\circ} \text{ F} \end{aligned}$$

“ Fluida Panas (Steam) Lewat Tube “

$$\begin{aligned} 1. \text{ a't} &= 0,302 \text{ in}^2 \text{ (tabel 10)} \\ 2. \text{ at} &= \frac{Nt \cdot \text{a't}}{144 n} \\ &= \frac{62 \cdot 0,302}{144 \cdot 2} \\ &= 0,06 \text{ ft}^2 \\ 3. \text{ Gt} &= \frac{Wt}{\text{at}} \\ &= \frac{938,97 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft}^2}{0,06 \text{ Ft}^2} \\ &= 15649,5 \text{ lb/jam ft}^2 \\ 4. \text{ Tav} &= 81^{\circ} \text{ F} \\ 5. \mu_{\text{ steam}} &= 0,0118 \text{ Cp} \times 2,42 \text{ (Fig 15)} \\ &= 0,029 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam} \\ 6. \text{ D} &= 0,620 \text{ in} \\ &= \frac{0,620}{12} \text{ ft} \\ &= 0,052 \text{ ft} \\ 7. \text{ Re} &= \frac{D \cdot \text{Gt}}{(\mu_s)} \\ &= \frac{(0,052 \text{ Ft})(15649,5 \text{ lb /jam ft}^2)}{0,029 \text{ lb/ft jam}} \\ &= 28061,172 \end{aligned}$$

$$8. \text{ hio steam} = 1500$$

“ Fluida Dingin (Methanol & Air) Lewat Shell ”

$$1. \text{ as} = \text{ID.C} \cdot \text{B}$$

$$\frac{144 \cdot \text{Pt}}{10 \cdot 0,1875 \cdot 2}$$

$$\frac{144 \cdot 15/16}{0,028 \text{ ft}^2}$$

$$0,028 \text{ ft}^2$$

$$2. \text{ Gs} = \frac{\text{Ws}}{\text{as}}$$

$$\frac{6284,14 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft}^2}{0,028 \text{ ft}^2}$$

$$224433,57 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft}^2$$

$$\frac{(167 + 86)^0 \text{ F}}{2} = 126,5^0 \text{ F}$$

$$3. \text{ tav} = \frac{(167 + 86)^0 \text{ F}}{2} = 126,5^0 \text{ F}$$

$$4. \mu \text{ camp} = 0,40 \text{ cp} \times 2,42 \text{ (fig 14)}$$

$$0,968 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam}$$

$$5. \text{ De} = 0,550 \text{ in (fig 28)}$$

$$0,046 \text{ ft}$$

$$6. \text{ Re} = \frac{\text{D} \cdot \text{Gs}}{\mu \text{ camp}}$$

$$\frac{(0,046 \text{ ft})(224433,57 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft}^2)}{0,968 \text{ lb / ft} \cdot \text{Jam}}$$

$$10665,232$$

$$10665,232$$

$$7. \text{ jh} = 75 \text{ (fig 28)}$$

$$8. \text{ K camp} = 0,114 \text{ Btu / jam} \cdot \text{ft}^0 \text{ F (Tabel 4)}$$

$$9. \text{ Cp camp} = 0,620 \text{ Btu / lb}^0 \text{ F}$$

$$10. (\text{Cp} \cdot \mu / \text{k}) = 1,695$$

karena $\mu < 1, \phi = 1$

$$11. h_o = \frac{j_H \cdot K}{D_e} \left[C_p \cdot \mu / k \right]^{1/3} \cdot Q$$

$$= 315,05 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Clean overall coefficient untuk preheating U_p :

$$U_p = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \cdot 315,05}{1500 + 315,05} = 260,365 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Clean surface yang di butuhkan untuk preheating Δp :

$$A_p = \frac{q_p}{U_p (\Delta t_p)} = \frac{570069,321 \text{ Btu / jam}}{(260,365 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (116,86^\circ \text{F})} = 18,74 \text{ ft}^2$$

“ VAPORISASI “

$$\text{Pada } T = 167^\circ \text{ F}$$

$$1. \mu_{\text{camp}} = 0,0112 \text{ cp} \times 2,42 \text{ (fig 15)}$$

$$= 0,027 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam}$$

$$2. Re = \frac{D \cdot G_s}{\mu_{\text{camp}}}$$

$$= \frac{(0,046 \text{ ft}) (224433,57 \text{ lb / jam} \cdot \text{ft}^2)}{0,027 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam}}$$

$$= 382368,304$$

$$3. j_h = 420 \text{ (fig 28)}$$

$$4. K_{\text{camp}} = 0,125 \text{ Btu / jam ft}^0 \text{ } ^\circ\text{F (Tabel 4)}$$

$$5. C_{p\text{camp}} = 0,625 \text{ Btu / lb}^0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$6. (C_p \cdot \mu / k)^{1/3} = 0,50$$

karena $\mu < 1$, $\phi = 1$

$$7. \quad h_o = \frac{jH \cdot k}{D} \left[C_p \cdot \mu / k \right]^{1/3} \cdot Q$$

$$= 570,652 \text{ Btu / jam ft}^{2 \cdot 0} \text{ F}$$

$$8. \quad h_{io \text{ steam}} = 1500$$

Clean overall coefficient untuk preheating U_v :

$$U_v = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \cdot 570,652}{1500 + 570,652}$$

$$= 413,39 \text{ Btu / jam ft}^{2 \cdot 0} \text{ F}$$

Clean surface yang dibutuhkan untuk preheating A_v :

$$A_v = \frac{q_v}{U_v (\Delta t_v)} = \frac{1417807,861 \text{ Btu / jam}}{(413,39 / \text{jam ft}^{2 \cdot 0} \text{ F})(81^0 \text{ F})}$$

$$= 42,342 \text{ ft}^2$$

Total clean surface A_c :

$$A_c = A_p + A_v$$

$$= (18,74 + 42,342) \text{ ft}^2$$

$$= 61,082 \text{ ft}^2$$

Weighted clean overall coefficient :

$$U_c = \frac{\sum (q / \Delta t)}{A_c} = \frac{22382,025 \text{ Btu / jam}^0 \text{ F}}{61,082 \text{ ft}^2}$$

$$= 366,43 \text{ Btu / jam ft}^{2 \cdot 0} \text{ F}$$

$$\text{Design overall coefficient} = U_d \text{ koreksi}$$

$$= 127,25 \text{ Btu / jam ft}^{2 \cdot 0} \text{ F}$$

Surface yang digunakan untuk penguapan :

$$= \left[\frac{A^V}{A^C} \right] \cdot A$$

$$= \left(\frac{42,342 \text{ ft}^2}{61,082 \text{ ft}^2} \right) \cdot 175,885 \text{ ft}^2$$

$$= 121,923 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Flux} &= \frac{Q}{A} = \frac{1987877,182 \text{ Btu / jam}}{121,923 \text{ ft}^2} \\ &= 16304,37 \text{ Btu / jam ft}^2 \end{aligned}$$

Dirt factor R_d :

$$\begin{aligned} R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} = \frac{(366,43 - 127,25)}{(366,43 \cdot 127,25)} \\ &= 0,005 \end{aligned}$$

“ Pressure Drop “

◆ Tube :

$$Re = 28061,172$$

$$f = 0,00019 \text{ Ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (Fig 26)}$$

Dari tabel 7, specific vol. Steam pada 248° F

$$= 14,300 \text{ ft}^3 / \text{lb}$$

$$S = \frac{1}{(14,3 \cdot 62,5)} = 0,001$$

$$\begin{aligned} \Delta P_t &= \frac{1}{2} \frac{f \cdot G^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D \cdot S \cdot \phi} \\ &= \frac{1}{2} \frac{(0,00019)(15649,5)^2(16)(2)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 0,001 \cdot 1} \\ &= 0,274 \text{ Psi} \end{aligned}$$

◆ Shell- Preheating :

$$Re = 10665,232$$

$$f = 0,0019 \text{ (Fig 29)}$$

$$L_p = L \cdot A_p / A_c$$

$$= 4,91 \text{ ft}$$

$$N + 1 = 12 \cdot L_p / B$$

$$= 29,46$$

$$S = 0,820 \text{ (Tabel 6)}$$

$$D_s = 10 \text{ in/12}$$

$$= 0,833 \text{ ft}$$

$$\Delta P_s = \frac{f G_s^2 D_s (N + 1)}{5,22 \times 10^{10} D_e S \phi_s}$$

$$= \frac{(0,0019)(224433,57)^2 (0,833)(29,46)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,046 \cdot 0,820 \cdot 1}$$

$$= 0,12 \text{ Psi}$$

- Penguapan (Vaporiser) :

$$Re = 382368,304$$

$$f = 0,001 \text{ (Fig 29)}$$

$$L_v = L - L_p$$

$$= 11,09 \text{ Ft}$$

$$N + 1 = 12 \cdot L_v / B$$

$$= 66,54$$

$$\rho_{uap} = \frac{B_m}{359 \cdot T / 492 \cdot 14,7 / p}$$

$$= 0,070 \text{ lb / ft}^3$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{liq out}} &= 0,820 \text{ (tabel 6)} \\
 \rho_{\text{liq out}} &= 49,229 \text{ lb / ft}^3 \\
 S_{\text{camp}} &= \frac{6284,14 / 62,5}{6284,14 / 0,07 + 1569,403 / 49,229} \\
 &= 0,00112 \\
 s_{\text{liq in}} &= 0,820 \\
 S_{\text{camp}} &= \frac{(0,820 + 0,00112)}{2} \\
 &= 0,411 \\
 \Delta P_s &= \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S_{\text{camp}} \cdot \phi_s} \\
 &= \frac{(0,001) (224433,57)^2 (0,8333) (66,54)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,046 \cdot 0,411 \cdot 1} \\
 &= 0,283 \text{ psi} \\
 \Delta P_s \text{ total} &= (0,12 + 0,283) \text{ Psi} \\
 &= 0,403 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

C.4. BLOWER

Fungsi : Menarik udara dan menaikkan tekanan menjadi 1,5 atm

$$\text{Rate gas masuk} = 7199,83 \text{ Kg/jam} \times \frac{1 \text{ lb}}{0,454 \text{ Kg}} = 15858,66 \text{ lb/jam}$$

$$= 264,31 \text{ lb /menit}$$

$$= 9,165 \text{ lbmol/menit}$$

Dari neraca panas :

$$\text{Udara masuk} = 30^\circ \text{C}$$

$$= 86^\circ \text{C} = 546^\circ \text{R}$$

Temperatur gas yang keluar penghisap adalah :

$$T_b = T_a (P_b/P_a)^{(\gamma-1)/\gamma}$$

$$= 86(1,5/1)^{(1,4-1)/1,4}$$

$$= 94,68^\circ \text{F}$$

Rate Volume udara dalam keadaan standart :

$$q_0 = \eta \cdot R \cdot T/P$$

$$= (9,165 \text{ lbmol/menit})(0,7032)(492/1)$$

$$= 3292,603 \text{ ft}^3 / \text{menit}$$

$$= 54,88 \text{ ft}^3 / \text{detik}$$

Blower yang digunakan adalah type aliran aksial = 0,8

Dari pers 8 – 29 Mc cabe :

$$\text{Bhp} = \frac{0,0643 \cdot T_a \cdot Y \cdot q_0 [(p_b/P_a)^{\gamma-1/\gamma} - 1]}{520(y-1) \eta}$$

$$= \frac{0,0643 \cdot 546 \cdot 1,4 \cdot 54,88 [(1,5/1)^{1,4-1/1,4} - 1]}{520(1,4-1) 0,8}$$

$$= 2 \text{ hp}$$

Daya aktual yang dibutuhkan dengan efisiensi motor = 80% , adalah :

$$= \frac{2 \text{ hp}}{0,8}$$

$$= 2,5 \text{ hp} \times 0,7457$$

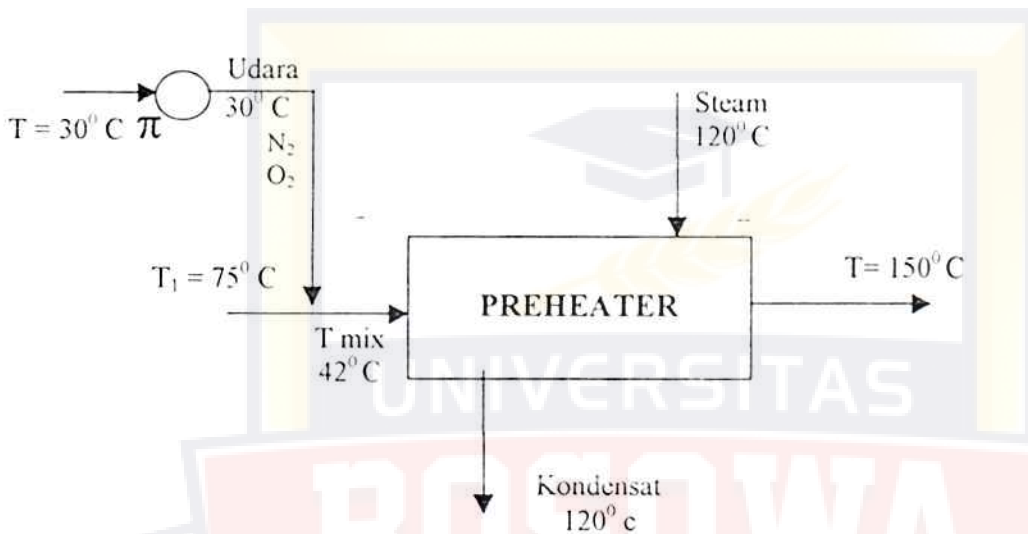
$$= 1,86 \text{ kw}$$

“ Spesifikasi Blower “

Fungsi	:	Menarik udara dan menaikkan tekanan bahan baku
Type	:	aliran aksial
Jumlah	:	1 buah
Daya	:	1,86 kw
Bahan	:	Baja karbon

C.5. PREHATER

FUNGSI : Memanaskan campuran udara, air dan methanol sampai temperatur 150 °C



Rate massa methanol	=	2795,94	Kg/jam	=	6158,46	lb/jam
Rate massa air	=	57,06	Kg/jam	=	125,68	lb/jam
Rate massa udara	=	7199,83	Kg/jam	=	15858,66	lb /jam +
		Total		=	22142,80	lb /jam
Rate massa steam	=	418,62	Kg/jam	=	922,07	lb /jam

Dari perhitungan Neraca Panas :

$$Q = 901304,03 \text{ kkal/jam}$$

$$= 3576.603,24 \text{ Btu/jam}$$

Fluida panas	Fluida dingin		Selisih
248 °F	Temp Tinggi, °F	302 °F	-54 °F
248 °F	Temp rendah, °F	107,6 °F	140,4 °F
0	Selisih	194,4 °F	-194,4 °F

$$\diamond \Delta t_{LMTD} = \frac{(-54 - 140,4) ^\circ\text{F}}{\ln(-54 / 140,4) ^\circ\text{F}} = 203,45 ^\circ\text{F}$$

Temperatur kalorik (T_c dan t_c) dapat diganti dengan temperatur rata-rata (T_{av} dan t_{av}), karena viskositas fluida $< 1,0$ cp.

Preheatur yang digunakan :

Jenis	:	1-2 HE
OD	:	$\frac{3}{4}$ "
BWG	:	16 , $a'' = 0,1963 \text{ Ft}^2 / \text{lin pt}$
Pitch	:	Triangular, $15/16$ " = $0,9375 \text{ in}$
L	:	16 ft

Dari tabel 8 kern, di coba $U_d = 50 \text{ Btu} / \text{jam ft}^2 ^\circ\text{F}$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t} \\ &= \frac{3.576.603,24 \text{ Btu/jam}}{(50 \text{ Btu/jam Ft}^2\text{°F})(203,45 ^\circ\text{F})} \\ &= 351,60 \text{ ft}^2 \\ N_t &= \frac{A}{L \cdot a''} \\ &= \frac{351,60 \text{ ft}^2}{(16\text{Ft})(0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin ft})} \\ &= 111,95 \end{aligned}$$

Dari tabel 9 kern, di pilih :

ID shell	:	$13 \frac{1}{4}$ " = $13,25 \text{ in}$
N_t	:	114
Passes	:	2
B	:	3

$$\begin{aligned}
 A \text{ Koreksi} &= Nt.L.a'' \\
 &= (114.lb.0,1963) \\
 &= 358,05 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ud \text{ Koreksi} &= \frac{Q}{(A \cdot \Delta t)} \\
 &= \frac{3.576.603,24 \text{ Btu /jam}}{(358,05 \text{ ft}^2)(203,45 \text{ }^\circ\text{F})} \\
 &= 49,10 \text{ Btu /jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$BM \text{ campuran} = y_1.BM_1 + y_2.BM_2 + \dots + y_n.BM_n$$

$$CP \text{ campuran} = y_1.Cp_1 + y_2.Cp_2 + \dots + y_n.Cp_n$$

$$K \text{ campuran} = \frac{\sum y_i.k_i \cdot Bm_i^{1/3}}{\sum y_i \cdot Bm_i^{1/3}}$$

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ campuran} &= \frac{\sum y_i.Bm_i^{1/2} \cdot \mu_i}{\sum y_i \cdot Bm_i^{1/2}}
 \end{aligned}$$

“ FLUIDA PANAS (STEAM) LEWAT SHELL”

$$\begin{aligned}
 1) \text{ as} &= \frac{ID.C^1.B}{144.Pt} \\
 &= \frac{131/4 \cdot 0,1875 \cdot 3}{144 \cdot 15/16} \\
 &= 0,05 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Gs} &= \frac{Ws}{as} \\
 &= \frac{922,07 \text{ lb /jam}}{0,05 \text{ ft}^2} \\
 &= 18441,40 \text{ lb/jam ft}^2
 \end{aligned}$$

$$3) \text{ Tav} = 248 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 4) \mu_{\text{steam}} &= 0,012 \text{ cp (Fig 15)} \\
 &= 0,012 \text{ cp} \times 2,42 \\
 &= 0,029 \text{ lb / ft.jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) D_e &= 0,55 \text{ in} \\
 &= 0,046 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6) Re &= \frac{D_e \cdot G_s}{\mu_s} \\
 &= \frac{(0,046 \text{ ft})(18441,40 \text{ lb/jam ft}^2)}{0,029 \text{ lb / ft .jam}} \\
 &= 29251,88
 \end{aligned}$$

$$7) h_o_{\text{steam}} = 1500$$

“ FLUIDA DINGIN (CH₃OH6H₂O dan Udara) lewat Tube “

$$1. \text{ at}' = 0,302 \text{ in}^2, 16 \text{ BWG (Tabel 10)}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ at} &= \frac{N_t \cdot \text{at}'}{144 \cdot n} \\
 &= \frac{144 \cdot 0,302}{144 \cdot 2} \\
 &= 0,12 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. G_t &= \frac{W_t}{\text{at}} \\
 &= \frac{2214,80 \text{ lb/jam}}{0,12 \text{ ft}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 184523,33 \text{ lb /jam ft}^2$$

$$4. t_{av} = \frac{(302 + 107,6) ^\circ\text{F}}{2} = 204,8 ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 5. \mu_{\text{camp}} &= 0,021 \text{ cp (fig 15)} \\
 &= 0,021 \text{ cp} \times 2,42 \\
 &= 0,051 \text{ lb /ft jam}
 \end{aligned}$$

$$6. \quad D = 0,620 \text{ in}$$

$$= 0,52 \text{ ft}$$

$$7. \quad Re = \frac{D \cdot G_t}{\mu \text{ camp.}}$$

$$= \frac{(0,052 \text{ ft})(184523,33 \text{ lb/jam ft}^2)}{0,052 \text{ lb / ft jam}}$$

$$= 188141,435$$

$$8. \quad j_h = 410 \text{ (fig 24)}$$

$$9. \quad K \text{ camp} = 0,018 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F (Tabel 5)}$$

$$10. \quad C_p \text{ camp} = 0,259 \text{ Btu / lb } ^\circ\text{F}$$

$$11. \quad (C_p \cdot \mu / k)^{1/3} = 0,902$$

Karena $\mu < 1$, $\phi = 1$

$$12. \quad h_o = j_h \cdot k/D [c_p \cdot \mu / k]^{1/3} \cdot \phi$$

$$= 128,015 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$13. \quad h_{io} = h_o \frac{ID}{OD}$$

$$= 106,42 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{(106,42 \cdot 128,015)}{(106,42 + 128,015)} \text{ Btu / jam Ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 58,11 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} = \frac{(58,11 - 49,10)}{(58,11 \cdot 49,10)}$$

$$= 0,0032$$

“ Pressure Drop ”**“ Shell ”**

$$1. Re = 29251,8$$

$$2. f = 0,002 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (fig 29)}$$

$$3. N + 1 = 12 \cdot L / 8$$

$$= 72,45$$

Dari Tabel 7, spesifikasi Vol. Steam pada 248 °F

$$= 1,162 \text{ ft}^3 / \mu$$

$$4. S = \frac{1}{(1,162 \cdot 62,5)} = 0,0138$$

$$5. D_s = \frac{13,25}{12} = 1,104 \text{ pt}$$

$$6. \Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S \phi s}$$

$$= \frac{(0,002)(184441,40)^2(1,104)(72,45)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,046 \cdot 0,0138 \cdot 1}$$

$$= 0,164 \text{ Psi}$$

“ TUBE ”

$$1. Re = 188141,435$$

$$2. f = 0,00012 \text{ (Fig 26)}$$

$$3. \rho_{\text{uap}} = \frac{BM}{359 \cdot T \cdot 492 \cdot 14,7 / P}$$

$$= 0,087 \text{ lb} / \text{ft}^3$$

$$4. S = 0,0014$$

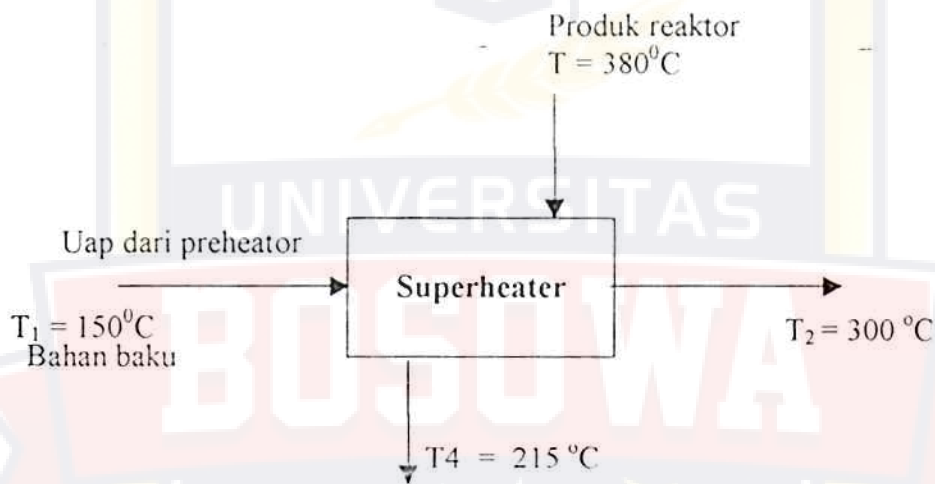
$$5. \Delta P_t = \frac{1}{2} \frac{f \cdot G^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_s \cdot \phi} = \frac{1}{2} \frac{(0,00012)(184523,33)(16)(2)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 0,0014 \cdot 1}$$

$$= 1,72 \text{ psi}$$

C.6. SUPERHEATER

Fungsi : Penukar panas produk keluar reaktor dan bahan baku yang masuk ke reaktor

Data perhitungan dari neraca Panas



- Massa bahan baku masuk ke superheater = 10052,83 Kg/jam
= 22142,80 lb /jam
- Produk Reaktor masuk ke Superheater = 10052,72 Kg/jam
= 22142,56 lb/jam
- $Q = 2.635.498,97$ Kkal
= 10.529.756,95 Btu/jam

Fluida panas	Fluida dingin		Selisih
716 °F	Temp Tinggi	419 °F	297 °F
572 °F	Temp rendah	302 °F	270 °F
144 °F	Selisih	117 °F	27

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} = \frac{(297 - 270) ^\circ\text{F}}{\ln 297 / 270 ^\circ\text{F}} \\ &= 283,29 ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{(T_2 - T_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(716 - 572) ^\circ\text{F}}{(302 - 419) ^\circ\text{F}} \\ &= 0,650 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{(t_1 - t_2)}{(T_1 - t_1)} = \frac{(419 - 302) ^\circ\text{F}}{(716 - 419) ^\circ\text{F}} \\ &= 0,394 \end{aligned}$$

$f_t = 0,850$ (fig 18, kern); karena $F_t > 0,75$ maka di gunakan 1,2 HE

$$f_t = 0,850$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= F_t \cdot \text{LMTD} \\ &= (0,850 \cdot 283,29) \\ &= 240,793 ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Suhu kalorik (T_c dan t_c) dapat di ganti dengan suhu rata-rata (T_{av} dan T_{av}) karena viskositis fluida $< 1,0$ cp.

Superheater yang di gunakan :

$$\text{Jenis} = 1 - 2 \text{ HE}$$

$$\text{OD} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\text{BWG} = 16, a'' = 0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lin pt}$$

$$\text{Pitch} = \text{square}, 1 \text{ in}$$

$$L = 18 \text{ ft}$$

Dari tabel 8 Kern, $U_d = 18 \text{ Btu} / \text{jam ft}^2 ^\circ\text{F}$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t} \\ &= \frac{10 \cdot 529.756,95 \text{ Btu} / \text{jam}}{(18 \text{ Btu} / \text{jamft}^2 ^\circ\text{F})(240,793 ^\circ\text{F})} \\ &= 2429,42 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$N_t = \frac{A}{L \cdot a''}$$

$$= \frac{2492,42 \text{ ft}^2}{(18 \text{ ft})(0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lim Ft})} = 687,56$$

Dari tabel 9 Kern, di pilih :

$$\text{ID shell} = 31 \text{ in}$$

$$N_t = 749$$

$$\text{Passes} = 1$$

$$B = 6,2 \text{ in}$$

$$\text{A Koreksi} = N_t \cdot L \cdot a''$$

$$= (749 \cdot 18 \cdot 0,1963)$$

$$= 2321,44 \text{ ft}^2$$

$$\text{Ud koreksi} = \frac{Q}{(A \cdot \Delta t)}$$

$$= \frac{10.529.756,95 \text{ Btu/jam}}{(2321,44 \text{ ft}^2)(240,793 \text{ }^\circ\text{F})} = 18,84 \text{ Btu/jam Ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{BM campuran} = y_1 \cdot \text{BM}_1 + y_2 \cdot \text{BM}_2 + \dots + y_n \cdot \text{BM}_n$$

$$\text{Cp campuran} = y_1 \cdot \text{Cp}_1 + y_2 \cdot \text{Cp}_2 + \dots + y_n \cdot \text{Cp}_n$$

$$\text{K campuran} = \frac{\sum y_i \cdot k_i \cdot \text{BM}^{1/3}}{\sum y_i \cdot \text{BM}^{1/3}}$$

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\sum y_i \cdot \text{BM}^{1/2} \cdot \mu}{\sum y_i \cdot \text{BM}^{1/2}}$$

$$\rho \text{ campuran} = \sum y_i \cdot \rho_i + y_2 \cdot \rho_2 + \dots + y_n \cdot \rho_n$$

“ FLUIDA PANAS (PRODUK) LEWAT SHELL”

$$\begin{aligned}
 1. \quad a_s &= \frac{ID \cdot C^1 \cdot B}{144 \cdot Pt} \\
 &= \frac{31 \cdot 0,25 \cdot 6,2}{144 \cdot 1} \\
 &= 0,33 \text{ Ft}^2 \\
 2. \quad G_s &= \frac{W_s}{a_s} \\
 &= \frac{22142,56 \text{ lb / jam}}{0,33 \text{ ft}^2} \\
 &= 67098,67 \text{ lb / jam ft}^2 \\
 3. \quad T_{av} &= \frac{(716 + 572) \text{ }^\circ\text{F}}{2} = 644 \text{ }^\circ\text{F} \\
 4. \quad \mu_{\text{camp}} &= 0,03 \text{ Cp (Fig 15)} \\
 &= 0,03 \text{ Cp} \times 2,42 \\
 &= 0,073 \text{ lb / ft. jam} \\
 5. \quad D_{es} &= \frac{4(Pt^2 - \pi d_o^2 / 4)}{\pi d_o} \\
 &= \frac{4 \cdot 0,95}{(\pi \cdot 0,75 / 12)} \\
 &= 0,018 \text{ ft} \\
 6. \quad R_{es} &= \frac{D_{es} \cdot G_s}{\mu_{\text{camp}}} = \frac{(0,018 \text{ Ft})(67098,67 \text{ lb/jam ft}^2)}{0,073 \text{ lb / ft. jam}} \\
 &= 16544,88 \\
 7. \quad j_H &= 202 \text{ (Fig 28)} \\
 8. \quad K_{\text{camp}} &= 0,018 \text{ Btu / jam ft }^\circ\text{F (Tabel 5)} \\
 9. \quad C_{p \text{ camp}} &= 0,242 \text{ Btu / lb }^\circ\text{F)} \\
 10. \quad (C_p \cdot \mu/k)^{1/3} &= 0,97
 \end{aligned}$$

karena $\mu < 1$, $\phi = 1$

$$11. \quad h_i = \frac{jH \cdot k}{De} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}$$

$$= 195,011 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$12. \quad h_{io} = \frac{h_i \cdot ID}{OD}$$

$$= 195,011 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \left(\frac{2,07}{2,38} \right)$$

$$= 169,610 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

“ FLUIDA DINGIN (BAHAN BAKU) LEWAT TUBE ”

$$1. \quad at' = 0,302 \text{ in}^2 \quad (\text{Tabel 10})$$

$$2. \quad at = \frac{Nt \cdot at'}{144 \cdot n}$$

$$= \frac{657 \cdot 0,302}{144 \cdot 1}$$

$$= 1,38 \text{ ft}^2$$

$$3. \quad Gt = \frac{Wt}{at}$$

$$= \frac{22142,80 \text{ lb/jam}}{1,38 \text{ ft}^2}$$

$$= 16045,51 \text{ lb/jam ft}^2$$

$$4. \quad Tav = \frac{(419 + 302) \text{ } ^\circ\text{F}}{2} = 360,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$5. \quad \mu_{\text{camp}} = 0,022 \text{ Cp (Fig 15)}$$

$$= 0,022 \text{ Cp} \times 2,42$$

$$= 0,053 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$6. \quad D = 0,620 \text{ in}$$

$$= 0,052 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 7. \quad \text{Ret} &= \frac{D \cdot Gt}{\mu \text{ camp}} = \frac{(0,052 \text{ ft})(16045,51 \text{ lb / jam ft}^2)}{0,053 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam}} \\
 &= 15742,765
 \end{aligned}$$

$$8. \quad jH = 105 \quad (\text{Fig 24})$$

$$9. \quad K \text{ camp} = 0,017 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \quad (\text{Tabel 5})$$

$$10. \quad C_p \text{ camp} = 0,220 \text{ Btu / lb } ^\circ\text{F}$$

$$11. \quad [C_p \cdot \mu / k]^{1/3} = 0,882$$

$$\text{karena } \mu < 1, \phi = 1$$

$$\begin{aligned}
 12. \quad h_o &= jH \cdot \frac{k}{D} \left[C_p \cdot \mu / k \right]^{1/3} \cdot Q \\
 &= 30,273 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_c &= \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} \\
 &= \frac{(169,610 \cdot 30,273)}{(169,610 + 30,273)} \text{ Btu / jam Ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 &= 25,69 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} \\
 &= \frac{25,69 - 18,84}{25,69 \cdot 18,84} \\
 &= 0,014
 \end{aligned}$$

“ PRESSURE DROP ”**“ SHELL ”**

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Res} &= 16544,88 \\
 2. \quad f &= 0,0015 \\
 3. \quad N + 1 &= 12 \cdot L/B \\
 &= 12 \cdot 18 / 6,2 \\
 &= 34,84 \\
 4. \quad \rho_{\text{gas}} &= \frac{\text{BM}}{359 \cdot T/492 \cdot 14,7 / P} \\
 &= 0,053 \text{ lb/Ft}^3 \\
 5. \quad S &= 0,001 \\
 6. \quad \Delta p_s &= \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s(N + 1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S \cdot \phi_s} \\
 &= \frac{(0,00015) (58270,53)^2 (0,018) (34,84)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,018 \cdot 0,001 \cdot 1} \\
 &= 0,28 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

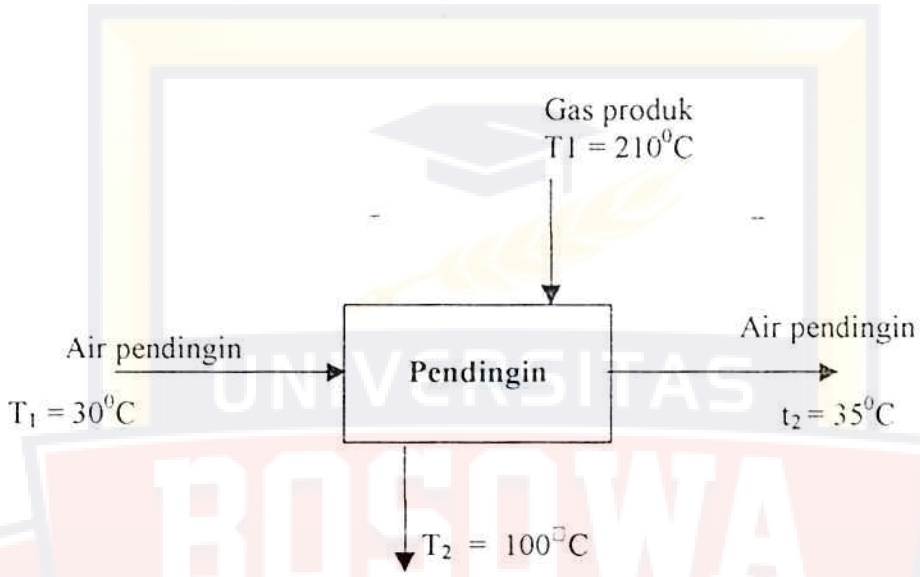
“ TUBE ”

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Ret} &= 15742,765 \\
 2. \quad f &= 0,0025 \text{ (Fig 26)} \\
 3. \quad \rho_{\text{gas}} &= \frac{\text{BM}}{359 T/492 \cdot 14,7 / P} \\
 &= 0,061 \\
 4. \quad S &= 0,001 \\
 5. \quad \Delta P_t &= \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot D}{5,22 \times 10^{10} \cdot D \cdot s \cdot \phi} \\
 &= \frac{(0,0025) (14094,72)^2 (18) (0,052)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 0,001 \cdot 1} \\
 &= 0,02 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

C.7. PENDINGIN

FUNGSI : Mendinginkan gas produk dari superheater

Data –data perhitungan dari Neraca panas :



- Massa gas produk = 10052,72 Kg/jam
- = 22142,56 lb/jam
- Massa air pendingin = 135558,38 kg/jam
- = 298586,74 lb/jam
- Q total = 1.848.540,35Kkal/jam
- = 7.335.477,58Btu/Jam

Fluida Panas	Fluida dingin		Selisih
410 °F	Temp tinggi	95 °F	315 °F
212 °F	Temp rendah	86 °F	126 °F
207 °F	Selisih	9 °F	189 °F

$$\Delta t_{LMTD} = \frac{(315 - 126) \text{ °F}}{\ln(315/126) \text{ °F}} = 206,27 \text{ °F}$$

Temperatur kalorik (T_c dan T_c) dapat di ganti dengan temperatur rata-rata (T_{av} dan t_{av}), karena viskoesitas fluida $< 1,0$ cp

$$\begin{aligned} \text{Jenis} &= 1-2 \quad \text{HE} \\ \text{OD} &= \frac{3}{4} \text{ in} \\ \text{BWG} &= 16, a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin ft} \\ \text{Pitch} &= \text{Triangular, } 15/16 \text{ in} = 0,9357 \text{ in} \\ \text{L} &= 16 \text{ Ft} \end{aligned}$$

Dari tabel 8, kern di coba $U_d = 22 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_d \Delta t} \\ &= \frac{7.335.477,58 \text{ Btu /jam}}{(22 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F})(206,27 \text{ } ^\circ\text{F})} \\ &= 1616,48 \text{ ft}^2 \\ N_t &= \frac{A}{L \cdot a''} \\ &= \frac{1616,48 \text{ ft}^2}{(16 \text{ Ft})(0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lin ft})} = 514,67 \end{aligned}$$

Dari tabel 9, Kern di pilih :

$$\begin{aligned} \text{ID Shell} &= 25 \text{ in} \\ N_t &= 532 \\ \text{Passes} &= 1 \\ B &= 5,0 \text{ in} \\ \text{A koreksi} &= N_t \cdot L \cdot a'' \\ &= (532 \cdot 16 \cdot 0,1963) \\ &= 1670,91 \\ \text{Ud koreksi} &= \frac{Q}{(A \cdot \Delta t)} \end{aligned}$$

$$= \frac{7.335.477,58 \text{ Btu/jam}}{(1670,91 \text{ ft}^2)(206,27 \text{ }^\circ\text{F ft})}$$

$$= 21,28 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Bm campuran = $y_1!Bm_1 + y_2! Bm_2 + \dots + y_n ! Bm_n$

Cp campuran = $y_1 ! Cp_1 + y_2 ! Cp_2 + \dots + y_n ! Cp_n$

K campuran = $\frac{\sum y_i ! K_i Bm_i^{1,3}}{\sum y_i ! Bm_i^{1,3}}$

μ campuran = $\frac{\sum y_i ! Bm_i^{1,2} ! \mu_i}{\sum Y_i ! Bm_i^{1,2}}$

“ FLUIDA PANAS (GAS PRODUK) LEWAT SHELL “

1. a_s = $\frac{ID ! C' ! \beta}{144 ! Pt}$

$$= \frac{25 ! 0,1875 ! 5,0}{144 ! 15/16}$$

2. G_s = $\frac{W_s}{a_s}$

$$= \frac{22142,56 \text{ lb /jam}}{0,174\text{ft}^2}$$

$$= 127256,092 \text{ lb/jam ft}^2$$

3. T_{av} = $\frac{(410 + 212)^\circ \text{ F}}{2} = 311 \text{ }^\circ \text{ F}$

4. μ camp = 0,025 cp (Fig 15)

$$= 0,25 \text{ cp} \times 2,42$$

$$= 0,061 \text{ lb /ft ! jam}$$

5. D_e = 0,55 in

$$= 0,046 \text{ ft}$$

$$6. \text{ Re} = \frac{\text{De} \cdot \text{Gs}}{\mu_{\text{camp}}} = (0,046 \text{ Ft})(127256,092 \text{ lb/jam ft}^2)$$

$$= \frac{0,061 \text{ lb /ft jam}}{0,061 \text{ lb /ft jam}}$$

$$= 95963,61$$

$$7. \text{ jh} = 200 \text{ (Fig 28)}$$

$$8. \text{ Cp camp} = 0,248 \text{ Btu /lb}^\circ \text{ F}$$

$$9. \text{ K camp} = 0,0194 \text{ Btu / lb ft}^\circ \text{ F (Tabel 5)}$$

$$10. \left[\text{Cp} \cdot \mu / \text{k} \right]^{1/3} = 0,96$$

$$\text{karena } \mu < 1, \phi_s = 1$$

$$11. \text{ ho} = \frac{\text{jH} \cdot \text{k} \left[\text{Cp} \mu / \text{k} \right]^{1/3} \cdot \phi_s}{\text{De}}$$

$$= \frac{200 \cdot 0,0194 \cdot 0,96 \cdot 1}{0,046} = 80,65 \text{ Btu /jam ft}^{2^\circ} \text{ F}$$

“ FLUIDA DINGIN (AIR) LEWAT TUBE “

$$1. \text{ at}' = 0,302 \text{ in}^2, 16 \text{ BWG (Tabel 10)}$$

$$2. \text{ at} = \frac{\text{Nt} \cdot \text{at}'^2}{144 \cdot \text{n}} = \frac{(532 \cdot 0,302)}{144 \cdot 1}$$

$$= 1,12 \text{ ft}^2$$

$$3. \text{ Gt} = \frac{\text{Wt}}{\text{at}} = \frac{298586,74 \text{ lb / jam}}{1,12 \text{ ft}^2}$$

$$= 266595,304 \text{ lb / jam Ft}^2$$

$$4. \text{ tav} = \frac{(95 + 86)^\circ \text{ F}}{2} = 90,5^\circ \text{ F}$$

$$5. \mu_{\text{air}} = 0,38 \text{ cp (fig 14)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,38 \text{ cp} \times 2,42 \\
 &= 0,92 \text{ lb / ft jam} \\
 6. \quad D &= 0,620 \text{ in} \\
 &= 0,052 \text{ ft} \\
 7. \quad Re &= \frac{D \cdot G_t}{\mu_{\text{air}}} \\
 &= \frac{(0,052 \text{ ft})(266595,304 \text{ lb / jam ft}^2)}{0,92 \text{ lb / ft ! jam}} \\
 &= 15068,43 \\
 8. \quad j_h &= 50 \text{ (Fig 24)} \\
 9. \quad k_{\text{air}} &= 0,361 \text{ Btu /jam ft}^\circ \text{F} \quad (\text{Tabel 4}) \\
 10. \quad C_p_{\text{air}} &= 1 \text{ Btu / lb}^\circ \text{F} \\
 11. \quad \left[C_p \cdot \mu / k \right]^{1/3} &= 1,76 \\
 &\text{karena } \mu < 1, \phi = 1 \\
 12. \quad h_o &= \frac{j_h \cdot k \left[C_p \cdot \mu / k \right]^{1/3}}{D} \cdot \phi \cdot t \\
 &= 610 \text{ Btu /Jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F} \\
 13. \quad h_{io} &= \frac{h_i \cdot ID}{OD} \\
 &= (507,11 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F}) \\
 U_c &= \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{(507,11 \cdot 610)}{(507,11 + 610)} \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F} \\
 &= 276,91 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F} \\
 R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} = \frac{276,91 - 21,28}{276,91 \cdot 21,28} \\
 &= 0,043
 \end{aligned}$$

“ PRESSURE DROP ““ SHELL “

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Res} &= 95963,61 \\
 2. \quad f &= 0,0012 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 \text{ (Fig 29)} \\
 3. \quad N + 1 &= 12 \cdot L/B \\
 &= 12 \cdot 16/5,0 \\
 &= 38,40 \\
 4. \quad S &= 0,801 \text{ (Tabel 6)} \\
 5. \quad D_s &= 23,25 / 12 \\
 &= 1,94 \text{ ft} \\
 6. \quad \Delta P_s &= \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S \cdot \phi \cdot s} \\
 &= \frac{(0,0012)(127256,092)(1,94)(38,40)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,046 \cdot 0,801 \cdot 1} \\
 &= 0,75 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

“ TUBE “

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Ret} &= 15068,43 \\
 2. \quad f &= 0,00025 \text{ (Fig 26)} \\
 3. \quad \rho_{\text{gas}} &= \frac{\text{BM}}{359 T / 492 \cdot 14,7 / P} \\
 &= 0,033 \text{ lb} / \text{ft}^3 \\
 4. \quad s &= 0,01 \\
 5. \quad \square \text{ Pt} &= \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D \cdot S \cdot \phi} \\
 &= \frac{(0,00025)(266595,304)^2(16)(1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 0,01 \cdot 1} \\
 &= 1,05 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

C.8. BLOWER (G – 118)

Fungsi : Menarik udara dan menaikkan tekanan bahan baku dari 1,5 atm menjadi 2 atm

$$\begin{aligned} \text{Rate gas masuk} &= 10052,72 \text{ kg/jam} \\ &= 359,93 \text{ kg mol/jam} \\ &= 793,29 \text{ lb mol/jam} \\ &= 13,22 \text{ lb mol/menit} \\ \text{Temperatur masuk} &= 100^\circ \text{C} \\ &= 212^\circ \text{F} \end{aligned}$$

Rate volume udara dalam standar

$$\begin{aligned} q_0 &= n \cdot R \cdot T/P \\ &= (13,22) (0,7302) (492/1) \\ &= 3166,264 \text{ ft}^3 / \text{menit} \\ &= 52,77 \text{ ft}^3 / \text{detik} \end{aligned}$$

Penghisap yang digunakan adalah type aliran aksial = 0,8

Dari Persamaan 8 – 29 Mc Cabe :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{0,0643 \cdot T_a \cdot \gamma \cdot q_0 (P_b/P_a)^{\gamma-1} \gamma - 1}{520 (\gamma - 1) \eta} \\ &= \frac{0,0643 \cdot 672 \cdot 1,4 \cdot 52,77 [(2/1,5)^{1,4} - 1]}{521 (1,4 - 1) 0,8} \\ &= 1,64 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Daya aktual yang di butuhkan dengan efisiensi motor = 80 %, adalah :

$$\begin{aligned} &= 1,64 \text{ Hp} \\ &\quad \frac{\quad}{0,8} \\ &= 2,05 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Penghisap :

Fungsi : Menaikkan tekanan bahan baku dari 1,5 atm menjadi 2 atm

Type : axial penghisap

Jumlah : 1 unit

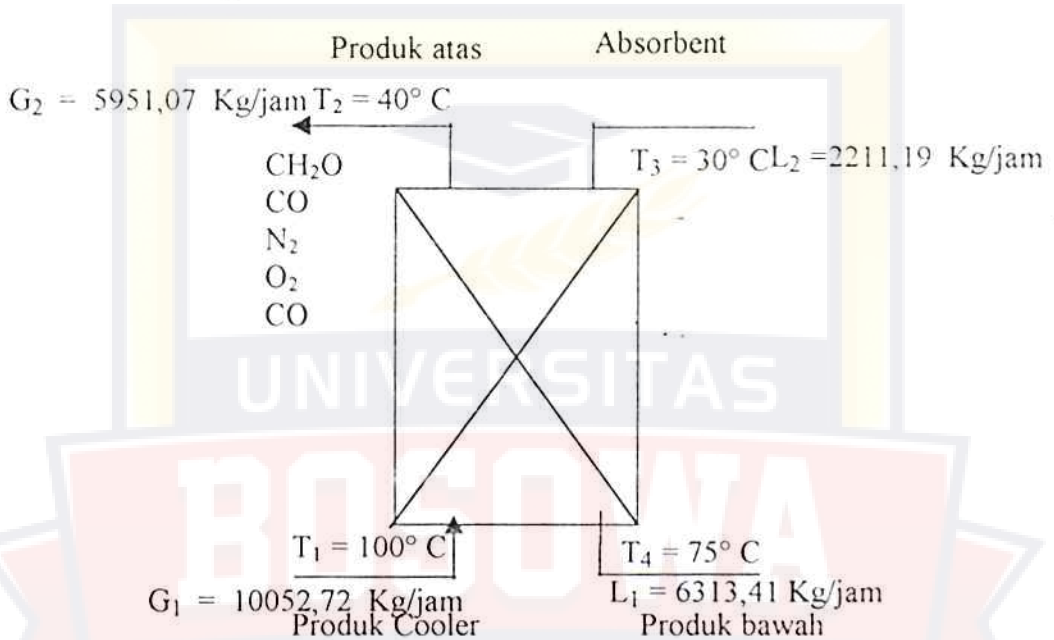
Daya : 1,53 kw

Bahan : Baja karbon



C.9. ABSORBER

Fungsi : Menyerap formaldehid (CH_2O) dengan menggunakan air sebagai absorbent



Gas masuk = $tG_1 = 100^\circ \text{ C}$

Komponen	Kg/jam	Kgmol/jam	Fraksi mol	Fraksi Berat
CH ₃ OH	167,19	5,225	0,0137	0,017
H ₂ O	1598,71	88,82	0,232	0,159
O ₂	281,31	8,79	0,023	0,028
N ₂	5519,98	197,14	0,516	0,549
CH ₂ O	2359,43	78,65	0,206	0,235
CO	49,07	1,75	0,0046	0,0049
CO ₂	77,03	1,75	0,0046	0,0077
Jumlah	10052,72	328,125	1,000	1,000

Gas Keluar = $t_{G2} = 40^{\circ} \text{C}$

Komponen	Kg/jam	Kgmol/jam
CH ₂ O	23,68	0,79
O ₂	281,3	8,79
N ₂	5519,98	197,14
CO	49,07	1,75
CO ₂	77,03	1,75
Jumlah	5951,07	210,22

Liquid masuk = $t_{L2} = 30^{\circ} \text{C}$

H₂O = 2211,19 Kg/jam

= 122,844 Kgmol/jam

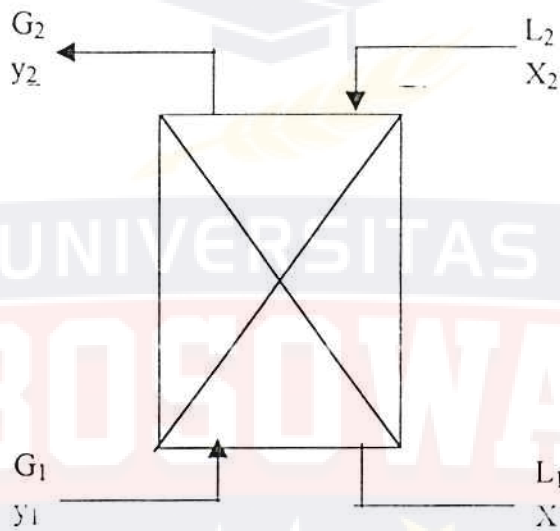
Liquid keluar = $t_{L1} = 75^{\circ} \text{C}$ Kgmol/jam

Komponen	Kg/jam	Kgmol/jam	Mol	Berat
CH ₂ O	2335,75	77,86	0,264	0,37
CH ₃ OH	167,76	5,24	0,018	0,027
H ₂ O	3809,90	211,66	0,718	0,603
Jumlah	6313,41	294,76	1,000	1,000

“ PERHITUNGAN DIAMETER DAN TINGGI MENARA ”

Menghitung Diameter Menara

Perhitungan didasarkan pada kondisi rata-rata menara :



Bottom :

$$L_1 = 6313,41 \text{ Kg/jam}$$

$$= 294,76 \text{ Kg} \cdot \text{mol/jam}$$

$$G_1 = 10052,72 \text{ Kg/jam}$$

$$= 382,125 \text{ Kg} \cdot \text{mol/jam}$$

Top

$$L_2 = 2211,19 \text{ Kg/jam}$$

$$= 122,844 \text{ Kgmol/jam}$$

$$G_2 = 5951,07 \text{ Kg/jam}$$

$$= 210,22 \text{ Kgmol/jam}$$

$$G_{Avg} = \frac{G_1 + G_2}{2} = \frac{10052,72 + 5951,07}{2}$$

$$= 8001,895 \text{ Kg/jam} = 17640,862 \text{ lb/jam}$$

$$L_{Avg} = \frac{L_1 + L_2}{2} = \frac{6313,41 + 2211,19}{2} = 4262,30 \text{ Kg/jam} = 9396,605 \text{ lb/jam}$$

Berat Molekul gas :

$$MG_1 = \frac{10052,72 \text{ Kg/jam}}{382,125 \text{ Kgmol/jam}} = 26,307 \text{ Kg/kgmol}$$

$$MG_2 = \frac{5951,07 \text{ Kg/jam}}{210,22 \text{ Kgmol/jam}} = 28,309 \text{ Kg/Kgmol}$$

$$\begin{aligned} \diamond MAvg &= \frac{26,307 + 28,309}{2} \\ &= 27,308 \text{ Kg/Kgmol} \end{aligned}$$

$$\rho_{L_2} = 62,4 \text{ lb/Ft}^3$$

Densitas liquid keluar (L_1) :

$$\rho_{CH_2O} = 76,1280 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{CH_3OH} = 51,1680 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{H_2O} = 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{L_1} = 65,82 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \rho_L &= \frac{(65,82 + 62,4) \text{ lb/ Ft}^3}{2} \\ &= 64,11 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Pada suhu keluar 75°C

$$\mu_{CH_2O} = 0,75 \text{ cp}$$

$$\mu_{CH_3OH} = 0,37 \text{ cp}$$

$$\mu_{H_2O} = 0,39 \text{ cp}$$

$$\begin{aligned}\mu L &= \frac{(0,39 + 0,53) \text{ lb/ft}^3}{2} \\ &= 0,4465 \text{ CP} \times 2,42 \text{ LB/Jam ft/cp} \\ &= 1,081 \text{ lb/jam ft}\end{aligned}$$

“ Densitas Gas :

$$\rho G = \frac{BM \cdot P \cdot T_0}{V_0 \cdot P_0 \cdot T} = \frac{27,308 \times 2 \times 492}{395 \times 1 \times 672} = 0,223 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}\frac{LAVg}{GAVg} \left[\frac{\rho G}{\rho L} \right]^{0,5} &= \frac{9396,65}{17640,862} \left[\frac{0,223}{64,11} \right]^{0,5} \\ &= 0,0314\end{aligned}$$

Dari fig 9 -11 D Ludwig Vol II, di peroleh :

$$\frac{G^2 \cdot a \cdot \omega \cdot \mu^{0,2}}{\rho G \cdot \Sigma^3 \cdot \rho L \cdot g_e} = 0,057$$

Ukuran packing faktor yang di gunakan rasching ring 1,5 in

$$\frac{A}{\Sigma^3} = \text{packing faktor (80)} \dots \dots \dots \text{fig 9-12A Ludwig Vol II}$$

$$r = \frac{\text{Ratio density air}}{\text{density cair}} = \frac{62,4}{64,11} = 0,973$$

$$\frac{G^2 \times 80 \times 1 (1,081)^{0,2}}{0,223 \times 64,11 \times 32,2} = 0,057$$

$$\begin{aligned}G &= 0,568 \text{ lb/ft}^2 \text{ dt} \\ &= 2044,8 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam}\end{aligned}$$

Di ambil kecepatan aliran gas = 70 %

$$\begin{aligned}G^1 &= 70\% \times 2044,8 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam} \\ &= 1431,36 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (AA)} &= \frac{G_{\text{AVG}}}{G^1} = \frac{17640,862 \text{ lb / jam}}{1431,36 \text{ lb / ft}^2 \text{ jam}} \\ &= 12,325 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Diameter menara :

$$\frac{\pi D^2}{4} = A_A$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \cdot A_A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,325}{3,14}} = 3,962 \text{ Ft} \\ &= 1,21 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi menara :

Menentukan NtoG

$$N_{\text{TOG}} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y^*} + \frac{1}{2} \ln \left[\frac{(1 - y_2)}{(1 - y_1)} \right] \dots \text{Pers 8 - 35 Treyball}$$

Untuk campuran gas yang encer harga $\ln \left[\frac{(1 - y_2)}{(1 - y_1)} \right]$ dapat diabaikan sehingga persamaan menjadi :

$$N_{\text{TOG}} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y^*} \dots \text{Pers 8 - 43 Treyball}$$

$$y^* = mx + r \dots \text{Pers 8 - 44 Treyball}$$

$$y = \frac{L}{G} (X - \lambda_2) + y \dots \text{Pers 8 - 44 Treyball}$$

Di mana :

- m = Perbandingan tekanan CH_2O
- X = concentration bulk liquid, mol fraction
- X² = mole fraksi penyerap

Dari ketiga persamaan di atas, di selesaikan dengan Hukum Hendry :

$$N_{toG} = \text{Ln} \left[\frac{(y_1 - mx_2)}{(y_2 - mx_2)} \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A} \right] \dots \dots \text{Pers 8 - 44 Treyball}$$

Dimana :

$$A = \text{faktor Absorber} = \frac{L}{Mg}$$

$$X_1 = 0,264$$

$$y_1 = 0,206$$

$$X_2 = 0$$

$$y_2 = 4,76 \cdot 10^{-4}$$

$$m = \frac{P^{\circ}CH_2O}{PT} = \frac{3,38}{4} = 0,485$$

$$A_{avg} = \frac{L \cdot avg}{m \cdot G_{avg}} = \frac{9396,695}{0,845 \times 8001,895} = 1,39$$

$$\frac{y_1 - mx_2}{y_2 - mx_2} = \frac{0,206 - 0}{4,76 \cdot 10^{-4} - 0} = 432,773$$

$$N_{toG} = \text{Ln} \left[\frac{(y_1 - mx_2)}{(y_2 - mx_2)} \frac{1 - \frac{1}{A}}{1 - \frac{1}{A}} + \frac{1}{A} \right]$$

Dengan memasukan nilai-nilai tersebut di atas maka :

$$N_{toG} = 10,51$$

Menentukan HtoG :

Persamaan 9 -36 Ludwig Vol II :

$$H_{toG} = H_g + \frac{m \cdot G_m}{L_m} HL = H_g + \frac{HL}{A}$$

Persamaan 9-36 Ludwig Vol II :

$$HG = \frac{\lambda \cdot G^1 \cdot \beta}{L^{1-y}} \left[\frac{\mu G}{\rho G \cdot DG} \right]^{0,5}$$

Dari tabel 9-27 Ludwig Vol II di peroleh :

$$\text{Rasching Ring 1,5 in} : \lambda = 17,3$$

$$\beta = 0,38$$

$$y = 0,66$$

Kecepatan superficial gas & liquid (G^1 dan L^1)

$$G^1 = 1431,36 \text{ lb /ft}^2 \text{ jam}$$

$$L^1 = \frac{L_{avg}}{A_A} = \frac{9396,605 \text{ lb /jam}}{12,325 \text{ ft}^2}$$

$$= 762,402 \text{ lb /Ft}^2 \text{ jam}$$

Difusitas CH_2O dalam gas udara (G_G)

Persamaan 9-37 Ludwig Vol II :

$$D_G = \frac{0,0069 T^{3,2} \left[\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right]^{0,5}}{P [V_A^{1/3} + V_B^{1/3}]^2} \text{ Ft}^2 / \text{jam}$$

$$\text{Dimana} : T = 383^\circ \text{ k}$$

$$P = 4 \text{ atm}$$

$$M_A = 30$$

$$m_B = 29$$

$$V_A = [14,8 + 3,7 + 7,4] = 29,6 \text{ cc/gr} \cdot \text{mol}$$

$$V_B = 29,9 \text{ cc / gr} \cdot \text{mol} \text{ (Treyball, Tabel 2.3 Atomic)}$$

and molecular volume).

$$\diamond D_G = 0,0069(383)^{3,2} \left[\frac{1}{30} + \frac{1}{29} \right]^{0,5}$$

$$\frac{4 \left[(29,6)^{1,3} + (29,9)^{1,3} \right]^2}{4}$$

$$= 0,088 \text{ Ft}^2 / \text{jam}$$

Divisivitas gas ke cairan (DL) :

$$DL = \frac{117,3 \cdot 10^{-18} (\phi ML)^{0,5} T}{\mu L \cdot V_A^{0,6}}$$

Di mana : DL = koefisien difusi dari solute A di dalam solvent (H₂O) m² / dtk.

$$ML = 18 \text{ Kg} / \text{Kgmol}$$

$$\phi = \text{faktor asosiasi} = 2,26 \text{ (untuk air)}$$

$$T = 383^\circ \text{ K}$$

$$V_A = 0,0296 \text{ m}^3 / \text{Kg mol}$$

$$\mu L = 0,75 \text{ cp} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} / \text{m!dtk}$$

$$DL = \frac{117,3 \cdot 10^{-18} (2,26 \times 18)^{0,5} \times 383}{0,75 \cdot 10^{-3} \times (0,0296)^{0,6}}$$

$$= \frac{117,3 \cdot 10^{-18} (40,68)^{0,5} \times 383}{0,75 \cdot 10^{-3} \times (0,0296)^{0,6}}$$

$$= 3,16 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{dtk}$$

$$= 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^2 / \text{jam}$$

Persamaan Ludwig Vol II :

$$HL = \phi \left[\frac{L}{\mu L} \right]^y \left[\frac{\mu L}{\rho L \cdot DL} \right]^{0,5}$$

Tabel 9 – 25 Ludwig Vol II di peroleh :

Rasching Ring 1,5 in :

$$\phi = 0,011$$

$$Y = 0,22$$

$$\begin{aligned} \ast HL &= 0,0111 \left[\frac{762,402}{1,081} \right]^{0,22} \left[\frac{1,081}{64,11 \cdot 1,29 \cdot 10^{-4}} \right]^{0,5} \\ &= 0,54 \text{ ft} \end{aligned}$$

Persamaan 9-36 Ludwig Vol II :

$$\begin{aligned} H_G &= \frac{\alpha \cdot G^{1-\beta}}{L^Y} \left[\frac{\mu G}{\rho G \cdot D^G} \right]^{0,5} \\ &= \frac{17,3(1421,36)^{0,38}}{(762,402)^{0,66}} \left[\frac{0,4684}{0,223 \cdot 0,088} \right]^{0,5} \\ &= 6,75 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{toG} &= H_G + \frac{HL}{A} = 6,75 + \frac{0,54}{1,39} \\ &= 7,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= N_{toG} \times H_{toG} \\ &= 10,51 \times 7,14 \\ &= 75,041 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Ludwig Vol II tinggi bed packing rasching ring maksimum (10 –15 Ft), di tetapkan :

- Jumlah bed packing = 5 buah
- Tinggi bed packing = 15 Ft = 4,57 m
- Ruang kosong :
- Di atas bed packing = 3 Ft = 0,914 m
- Di Di antara bed packing = 3 Ft = 0,914 m
- Bawah bed packing = 3 Ft = 0,914 .m

Tinggi Menara Absorber (Hr)

$$\begin{aligned} \text{Hr} &= (3+3+3+5 \times 15) \text{ ft} \\ &= 84 \text{ ft} \\ &= 25,60 \text{ m} \end{aligned}$$

“ Penurunan Tekanan di dalam Absorber “

$$\Delta P = \frac{\alpha (10^{\beta L^1})(G^1)^2}{-\rho G} \dots \dots \dots \text{Pers 9-2 Ludwig Vol II}$$

Dari Tabel 9 –19 Ludwig Vol II di peroleh :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,39 \\ \beta &= 0,23 \\ G^1 &= 0,3976 \text{ lb /ft}^2\text{s} \\ L^1 &= 0,212 \text{ lb /ft}^2 \text{ s} \\ \rho G &= 0,223 \text{ } \mu / \text{ft}^3 \\ \Delta P &= \frac{0,39 (10^{0,23 \times 0,212})(0,3976)^2}{0,223} \\ &= 0,309 \text{ in H}_2\text{ / ft } ^\circ\text{F packing} \\ &= \frac{0,309 \text{ in in H}_2\text{O} \times 75,041 \text{ ft}}{\text{Ft } ^\circ\text{F packing}} \\ &= 23,188 \text{ in H}_2\text{O} \\ &= 1,932 \text{ Ft H}_2\text{O} \\ &= 0,837 \text{ Psi} \end{aligned}$$

“ Perhitungan Tabel Shell dan Head “

❖ Tabel Shell :

$$t_s = \frac{P_d i}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 p} + C \dots \dots \dots \text{Pers 13 –10 } \beta \text{ \& Y}$$

Bahan konstruksi SA – 204 Grade A (Tabel 13 – 1 β & Y)

diperoleh :

$$\begin{aligned}
 f &= 16250 \text{ Psi} \\
 C &= 1/8 \text{ in} = 0,125 \text{ in} \\
 E &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$P_{op} = 4 \text{ atm} (58,8 \text{ Psi})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Prancang} &= 1,2 \times P_{op} \\
 &= 1,2 \times 58,8 \\
 &= 70,56 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

sehingga

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{70,56 \times 3,962 \times 12}{2 \times 16250 \times 0,8 - 0,2 (70,56)} + 0,125 \text{ in} \\
 &= 0,254 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Di pilih tabel shell standart = 5/16 in

❖ Tabel Head :

$$t_h = \frac{0,855 \cdot P \cdot r_c}{f \cdot E - 0,1 \cdot P} + c \dots \dots \dots \text{Pers (13 - 12 } \beta \text{ \& } y)$$

dimana :

$$r_c = d_i = 47,544 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{0,885 \times 70,56 \times 47,544}{16250 \times 0,8 - 0,1 \times 70,56} + 0,125 \text{ in}$$

Di pilih tabel head standart = 3/8 in

C.10 POMPA ABSORBER

Fungsi : Memompa produk Absorber menuju ke Pendingin produk (Formaldehid).

$$\text{Rate liquida (m)} = 6313,41 \text{ Kg /jam}$$

$$= 13906,19 \text{ lb / jam}$$

$$\text{Temperatur} = 75^\circ \text{ C}$$

$$= 167^\circ \text{ F}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 65,82 \text{ lb / ft}^3$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,503 \text{ cp} \times 2,42 \text{ lb / jam ft / cp}$$

$$= 1,22 \text{ lb / ft jam}$$

$$\text{Rate volume (qf)} = \frac{m}{\rho} = \frac{13906,19 \text{ lb / jam}}{65,82 \text{ lb ft}^3} = 211,28 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,06 \text{ cps}$$

$$= 26,362 \text{ gpm}$$

Asumsi : Aliran Turbulen

Dari persamaan 13 – 15 Peter & Timerhaus untuk aliran Turbulen :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 \cdot qf^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \cdot 0,06^{0,45} \cdot 65,82^{0,13} \\ &= 1,895 \text{ inch} \end{aligned}$$

Di pakai pipa dengan diameter 2 "schedule 40, dari appindiks A-5, Geonkopolis di peroleh :

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in} = 0,1979 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

$$a't = 0,02330 \text{ ft}^2$$

$$\text{Maka } V = \frac{qf}{a't} = \frac{0,06}{0,02330} = 2,575 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold} : N_{Re} &= \frac{D \cdot G}{\mu} & G &= \frac{W}{a't} \\ &= \frac{(0,1732 \text{ Ft})(596832,19 \text{ lb/Ft}^2\text{jam})}{1,22 \text{ lb/Ft jam}} & &= \frac{13906,19 \text{ lb/jam}}{0,02330 \text{ ft}^2} \\ &= 84290,32 & &= 596832,19 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam} \\ &= 84290,32 > 2100 & & \text{Aliran turbulen} \end{aligned}$$

Dipakai pipa comersial steel :

Dari fig 2.10 -3 Geonkoplis untuk commersial pipe steel ; diperoleh :

$$\text{Untuk } N_{re} = 84290,32$$

$$\epsilon = 0,00015$$

$$\epsilon/D = 0,00015$$

$$= 0,1723$$

$$= 0,0009$$

$$f = 0,006$$

Instalasi pipa :

Panjang pipa lurus = 90 Ft

Di gunakan : 2 buah elbow 90°

1 globe valve pada suction

Dari Tabel 2.10 -1 , Geonkoplis di peroleh harga :

- 2 buah elbow standart 90° :

$$k_f \text{ elbow} = 0,750$$

$$h_f = \frac{k_f \cdot V^2}{2 \alpha g_c}$$

$$h_v = \frac{k_f V^2}{2 \alpha g_c}$$

$$h_f = \frac{2 \cdot 0,75 (2,575)^2}{2 \cdot 32,2}$$

$$= 0,154 \text{ Ft lbf / lbm}$$

- 1 globe valve :

$$k_f \text{ globe valve} = 6$$

$$h_f = \frac{6 (2,575)^2}{2 \cdot 32,2}$$

$$= 0,618 \text{ Ft lbf / lbm}$$

- Panjang pipa Total = 90,7490 ft

“ Persamaan Bernoulli :

$$\frac{(\Delta P + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 gc})}{\rho} + \Sigma F = -W_s$$

$$- \alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$- \Delta Z \frac{g}{gc}, \text{ static head} = 70 \text{ Ft lbf / lbm}$$

$$- \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \text{ psi}$$

$$- \frac{\Delta V^2}{2 gc} = 0,1136 \text{ ft / dtk}$$

$$2 gc$$

Dengan memasukan harga-harga yang di ketahui maka di peroleh :

$$- \text{ fuction head } \Sigma F = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot gc \cdot D}$$

$$= \frac{(0,006)(90,7490)(2,575)^2}{2 (32,174) \cdot 0,1723}$$

$$= 0,326 \text{ lbf ft / lbm}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 - W_s &= \Delta Z \text{ g/gc} + ZF + \Delta V^2/2 \text{ gc} \\
 &= 70 \text{ Ft} + 0,326 + 0,1136 \\
 &= 70,44 \text{ Ft} \cdot \text{lbf ft} / \text{lbfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Pompa} &= \frac{-W_s \cdot Q \cdot \rho}{550} \\
 &= \frac{70,44 \cdot 0,06 \cdot 65,82}{550} \\
 &= 0,506 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 70 % , Peter (Fig 13 - 37)

$$\begin{aligned}
 \text{BHP} &= \frac{0,506 \text{ Hp}}{0,70} = 0,723 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Efisiensi motor = 80% (Peter, Fig 13 - 38)

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga motor} &= \frac{0,723 \text{ Hp}}{0,80} \\
 &= 0,904 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Di pilih pompa dengan spesifikasi :

Jenis pompa	=	centrifugal pump
Jumlah	=	1 buah
Bahan	=	high alloy steel
Kapasitas	=	211,28 ft ³ / jam = 26,40 gpm
Daya	=	0,7457 Kw

C.11. TANGKI PENYIMPAN FORMALDEHID

Fungsi : Menampung produk formaldehid yang di alirkan dari Absorber

Data perhitungan :

$$\text{Rate formaldehid} = 6313,41 \text{ Kg/jam}$$

$$= 13906,19 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ liquida} = 68,015 \text{ lb ft}^3$$

Tangki di rencanakan menampung produk selama 1 bulan dengan jumlah tangki 3 buah dengan ukuran sama.

Volume produk dalam masing-masing tangki :

$$= \frac{13906,19 \text{ lb / jam} \cdot 30 \cdot 24/3}{68,0151 \text{ lb ft}^3}$$

$$= 49069,774 \text{ ft}^3$$

Tangki yang di rancang mempunyai spesifikasi :

a. $H/D = 1$

b. Untuk keselamatan kerja operasi pada tangki di berikan ruang kosong sebesar 20% dari volume liquida

$$\text{Volume Tangki} = 1,2 \times V_{\text{liquid}}$$

$$= 1,2 \times 49069,774 \text{ ft}^3$$

$$= 58883,73 \text{ ft}^3$$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$= 58883,73 \text{ ft}^3$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^3$$

$$= 58883,73 \text{ ft}^3$$

$$\text{Diameter} = 42,182 \text{ ft}$$

$$\text{Standarisasi} = D = H$$

$$= 40 \text{ ft}$$

Bahan yang di gunakan adalah stainless steel 5A – 226 dengan sistem pengelasan double welded but joint.

Dari Brownell and Young Tabel 13 –1 dan 13 –2 :

- Stress yang di ijinakan , followble = 10000 Psi
- Efisiensi pengelasan , E = 0,850
- P ops = 1 atm
= 14,7 psi

$$\begin{aligned} \text{Prancang} &= P_{\text{ops}} + P_{\text{hidro}} \longrightarrow P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \cdot H L}{144}, \quad H L = \frac{40}{1,2} \text{ ft} \\ &= 14,7 + 15,743 = \frac{68,0151.33,33}{144} = 33,33 \\ &= 30,433 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_e = D_0 &= D_i + 2 t_s \quad t_s = \frac{P \cdot R}{f \cdot E - 0,6} + c \\ &= 40 + 2(0,154 \text{ ft}) = \frac{(30,443 \text{ Psi})(480)}{10000 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 30,443} + 1/8 \\ &= 40,31 \text{ ft} = 1,848 \text{ in} \\ &= 483,696 \text{ inch} = 0,154 \text{ ft} \end{aligned}$$

“ TUTUP ATAS DAN BAWAH “

Tutup atas berupa standart dishead head :

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{0,885 \cdot P \cdot r_e}{f \cdot E - 0,1 P} + 1/8 \\ &= \frac{0,885 \cdot 30,443 (483,696 \text{ in})}{100000 \cdot 0,85 - 0,1 (30,443)} + 1/8 \\ &= 1,66 \text{ in} \end{aligned}$$

Tutup bawah berupa plat datar langsung duduk pada pondasi semen, sehingga di pilih standart = 5/16 “

“Spesifikasi tangki Penyimpanan Formaldehid :

Fungsi	:	Penyimpanan produk formaldehid dalam bentuk liquid selama 1 bulan
Jumlah	:	3 buah
Kapasitas	:	1667,42 m ³
Dimensi	:	D = H = 12,191 m ts = 4,69 cm th = 4,22 cm
Bahan	:	Stainless steel 5A – 226
Temperatur	:	30° C
Tekanan	:	1,0 atm



C.12. PENYARING UDARA

Fungsi : Menyaring dan membersihkan udara dari debu dan Serangga sehingga tidak terikut masuk ke penghisap

$$\rho \text{ udara} = 32,667 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Perry 1984)}$$

$$G = 7199,83 \text{ Kg/jam}$$

$$= Q = \frac{G}{\rho}$$

$$= \frac{7199,83 \text{ Kg/jam}}{32,667 \text{ Kg/m}^3}$$

$$= 220,401 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 220,401 \text{ m}^3/\text{jam} \times \frac{1 \text{ Ft}^3}{0,0283 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}}$$

$$= 129,80 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Di pilih filter udara jenis "Throwaway extendet medium Dry" dengan alasan :

1. Efisiensi tidak kurang dari 99,97%.
2. Resistan maksimal.
3. Bentuk kotak memanjang yang kuat dan berisi penuh dengan Omedium.

Untuk $Q = 220,401 \text{ m}^3/\text{jam}$ I pilih filter standart berukuran 2 x 24 (Tabel 20 - 24) dengan kapasitas alat 500 ft³/menit

Media filter adalah kertas yang di buat dari sub mikrometer fiber glass dengan diameter 1 - 4 μm .

C.13. FURNACE

Fungsi : tempat pembakaran gas CH_2O , CO , CO_2 , N_2 & O_2

“ Perhitungan bahan bakar pada Furnace :

Dari perhitungan neraca panas di dapat panas yang di butuhkan pada furnace adalah = 1024993,53 Btu/jam. Panas tersebut di peroleh dari perubahan fuel oil dengan menggunakan udara sebagai pengoksidasi. Jenis bahan bakar yang di gunakan adalah :

Petroleum fuels No. 1, dari Tabel 9 – 10 Perry di dapat data sbb :

Komposisi :

Carbon	=	85,4%
Hydrogen	=	13,6%
O_2	=	0,01
N_2	=	0,09
C/H ratio	=	6,35 (perbandingan berat)
Atau C/H	=	0,53 (perbandingan mol)
° Api	=	41,5
Spesifikasi gravity	=	0,83

Dari fig 9 –4 Perry di dapat nilai bakar = 135000 Btu/gallon

Jadi kebutuhan bahan bakar pada furnage :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{BB}} &= \frac{Q_f}{\text{HV}} \\
 &= \frac{1024993,53 \text{ Btu/jam}}{135000 \text{ Btu/gallon}} \\
 &= 7,59 \text{ gallon / jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ Bahan bakar} &= 0,83 \times 62,4 \text{ lb / ft}^3 \\
 &= 51,792 \text{ lb / ft}^3 \\
 &= 51,792 \text{ lb / ft}^3 \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7,48 \text{ gallon}}
 \end{aligned}$$

$$= 6,924 \text{ lb/gallon}$$

massa bahan bakar yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{MBB} &= 7,59 \text{ gallon/jam} \times 6,924 \text{ lb/gallon} \\ &= 52,55 \text{ lb/jam.} \end{aligned}$$

Jika di anggap kehilangan panas 25 % maka total bahan bakar yang di butuhkan :

$$\begin{aligned} M_{\text{BB}} &= \frac{100 \times 52,55 \text{ lb/jam}}{75} \\ &= 70,07 \text{ lb /jam} \\ &= 70,07 \text{ lb /jam} \times 0,4536 \\ &= 31,78 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

kebutuan oksigen dapat di hitung dengan persamaan (9-31) Perry, sebagai berikut :

$$\text{AFR} = 359 \left[\frac{\text{C}}{12} + \frac{\text{H}_2}{4} - \frac{\text{O}_2}{32} + \frac{\text{S}}{32} \right] \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ lb fuel}$$

Dari data ultimate analisis (Tabel 9 - 10, Perry) maka :

$$\begin{aligned} \text{AFR} &= 359 \left[\frac{0,864}{12} + \frac{0,136}{4} - \frac{0,0001}{32} + \frac{0,0009}{32} \right] \\ &= 38,06 \text{ Ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ lb fuel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi O}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= 38,06 \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ lb fuel} \times 70,07 \text{ lb fuel/jam} \\ &= 2666,86 \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ jam.} \end{aligned}$$

Jika pembakaran menggunakan 10% excess udara :

$$\begin{aligned} \text{Total O}_2 \text{ yang di butuhkan} &= 1,1 \times 2666,86 \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ jam} \\ &= 2933,55 \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{ jam} \end{aligned}$$

Jumlah udara aktual :

$$\begin{aligned} \text{MO}_2 &= \frac{100}{21} \times 2933,55 \text{ ft}^3 \text{ O}_2 / \text{jam} \\ &= 13969,29 \text{ ft}^3 \text{ udara} / \text{jam} \\ &= 13969,29 \times 0,0283 \\ &= 395,33 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Density udara :

$$\begin{aligned} \rho \text{ udara} &= P = \frac{(101,35)28,96}{RT} \\ &= \frac{8,314(30 + 273)}{1,17 \text{ Kg} / \text{m}^3} \end{aligned}$$

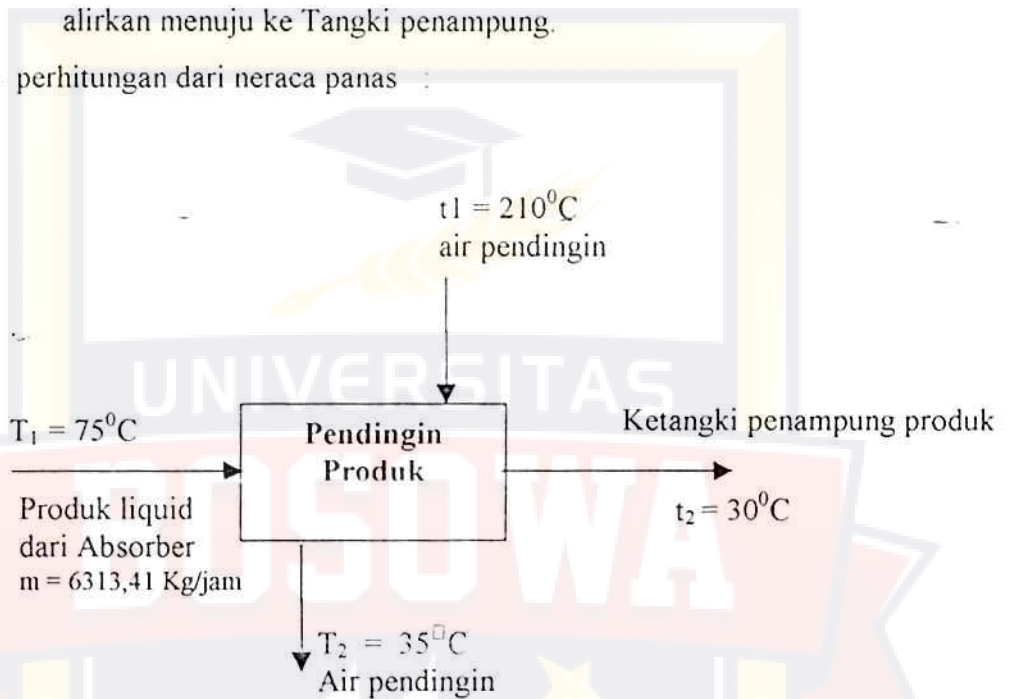
Jadi massa udara aktual yang di butuhkan :

$$\begin{aligned} \text{MO}_2 &= 395,33 \text{ m}^3 / \text{jam} \times 1,17 \text{ Kg} / \text{m}^3 \\ &= 462,54 \text{ Kg} / \text{jam} \end{aligned}$$

C.14. PENDINGIN FORMALDEHID

Fungsi : Mendinginkan produk dari Absorber untuk kemudian di alirkan menuju ke Tangki penampung.

Data – data perhitungan dari neraca panas :



Massa produk = 6313,41 Kg/jam = 13906 lb /jam
 Massa air pendingin = 91754,184 Kg/jam = 202101,74 lb/jam
 Q total = 950297,77 kkal/jam
 = 3771022,896 Btu / jam

Fluida Panas	Fluida dingin		Selisih
167 °F	Temp tinggi	95 °F	72 °F
89,96 °F	Temp rendah	86 °F	3,96 °F
77,04 °F	Selisih	9 °F	68,4 °F

$$\Delta t \text{ LMTD} = \frac{(72 - 3,96)^\circ \text{F}}{\ln (72/3,96)^\circ \text{F}} = 23,46^\circ \text{F}$$

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(167 - 89,96)}{(95 - 86)} = 8,56$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(t_1 - t_1)} = \frac{(95 - 86)}{(167 - 86)} = 0,11$$

$$F_t = 0,925 \text{ (fig 18 Kern)}$$

Karena $F_t > 0,75$ maka di gunakan fig 19 untuk 2 - 4 HE :

$$F_t = 0,975$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= F_t \times \text{LMTD} \\ &= (0,975 \times 23,46) \\ &= 22,87^\circ \text{ F} \end{aligned}$$

Suatu kalorik (T_c dan t_c) dapat di ganti dengan suhu rata-rata (T_{av} dan t_{av}) karena viskositas fluida $< 1,0$ cp

Pendingin yang di gunakan :

Jenis : 2 - 4 HE

OD : $\frac{3}{4}$ "

BWG : 16, $a'' = 0,1963 \text{ ft}^2 \text{ lin ft}$

Pitch : triangular, 1 = 1 in

L : 16 ft

Dari tabel 8 kern, $U_d = 120 \text{ Btu / jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{ F}$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t} \\ &= \frac{3771022,896 \text{ Btu/jam}}{(120 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{ F})(22,87^\circ \text{ F})} = 1374,08 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{A}{L \cdot a''} \\ &= \frac{1374,08 \text{ ft}^2}{(16 \text{ ft})(0,1963 \text{ ft}^2 / \text{lin ft})} = 437,49 \end{aligned}$$

Dari Tabel 9 kern, dipilih :

$$\begin{aligned}
 \text{ID shell} &= 25 \text{ in} \\
 N_t &= 452 \\
 \text{Passes} &= 2 \\
 \text{Baffle} &= 5 \text{ in} \\
 A \text{ Koreksi} &= N_t \cdot L \cdot a'' \\
 &= (452 \cdot 16,0,1963) \\
 &= 1419,64 \text{ ft}^2 \\
 \text{Ud koreksi} &= \frac{Q}{(A \cdot \Delta t)} \\
 &= \frac{3771022,869 \text{ Btu/jam}}{(1419,64 \text{ ft}^2)(22,87^\circ \text{ F})} \\
 &= 126,15 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\text{BM camp} = y_1 \cdot \text{Bm}_1 + y_2 \cdot \text{Bm}_2 + \dots + y_n \cdot \text{Bm}_n$$

$$\text{Cp camp} = y_1 \cdot \text{cpi} + y_2 \cdot \text{Cp}_2 + \dots + y_n \cdot \text{Cp}_n$$

$$\text{K camp} = \frac{\sum y_i \cdot k_i \cdot \text{Bm}_i^{1/3}}{\sum y_i \cdot \text{Bm}_i^{1/3}}$$

$$\mu \text{ camp} = \frac{\sum y_i \cdot \text{Bm}_i \cdot \mu_i}{\sum y_i \cdot \text{Bm}_i^{1/2}}$$

$$\rho \text{ camp} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 + \dots + y_n \cdot \rho_n$$

“ FLUIDA PANAS (PRODUK) LEWAT SHELL ”

$$1. \quad a_s = \frac{\text{ID} \cdot C' \cdot B}{144 \cdot P_t} = \frac{25 \text{ in} \cdot 0,1875 \cdot 5}{144 \cdot 1} = 0,081 \text{ ft}^2$$

$$2. \quad G_s = \frac{W_s}{a_s} = \frac{13906,19 \text{ lb/jam}}{0,081 \text{ ft}^2} = 271681,36 \text{ lb/jam ft}^2$$

$$3. \quad T_{av} = \frac{(167 + 89,96)^\circ\text{F}}{2} = 128,48 \text{ }^\circ\text{F}$$

4. $\mu_{\text{camp}} = 0,914 \text{ cp (fig 15)}$
 $= 0,914 \text{ cp} \times 2,42$
 $= 2,21 \text{ lb/ft jam}$
5. $De = 0,95 \text{ in}$
 $= 0,079 \text{ ft}$
6. $Res = \frac{De \cdot G_s}{\mu_{\text{camp}}} = \frac{(0,079)(271681,36 \text{ lb/jam ft}^2)}{(2,21 \text{ lb/ft jam})} = 9711,69$
7. $JH = 50 \text{ (FIG 24)}$
8. $K_{\text{camp}} = 0,264 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F (Tabel 4)}$
9. $C_{p\text{camp}} = 0,925 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$
10. $[C_p \mu/k]^{1/3} = 1,978$
 karena $\mu < 1$, $\phi_s = 1$
11. $\frac{h_o}{\phi_s} = \frac{j_h k}{De} [C_p \mu/k]^{1/3} \cdot \phi_p$
 $= 330,50 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
12. $t_{av} = \frac{t_c + h_o/\phi_s (T_c - t_c)}{h_o/\phi_s + h_{io}/\phi_s}$
 $= 102,81 \text{ } ^\circ\text{F}$
13. $\mu_w = 1,036 \text{ cp}$
 $= 1,036 \times 2,42$
 $2,51 \text{ lb / ft . jam}$
14. $\phi_t = (\mu / \mu_w)^{0,14}$
 $= 0,98$
15. $h_o = 472,33 \text{ Btu /jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

“ **FLUIDA DINGIN (AIR) LEWAT TUBE** “

1. $at' = 0,302 \text{ in}^2, 16 \text{ BWG (Tabel 10)}$
2. $at = \frac{Nt \cdot at'}{144 \cdot n} = \frac{(452 \cdot 0,302)}{144 \cdot 2} = 0,47 \text{ ft}^2$
3. $Gt = \frac{Wt}{at} = \frac{202101,74 \text{ lb/jam}}{0,47 \text{ Ft}^2} = 430003,702 \text{ lb/jam ft}^2$
4. $t_{av} = \frac{(95 + 86)^\circ \text{F}}{2} = 90,5^\circ \text{F}$
5. $\mu_{air} = 0,810 \text{ cp (fig 14)}$
 $= 0,810 \times 2,42$
 $= 1,96 \text{ lb / ft jam}$
6. $D = 0,620 \text{ in}$
 $= 0,052 \text{ Ft}$
7. $Ret = \frac{D \cdot Gt}{\mu_{air}} = \frac{(0,052 \text{ ft})(430003,7002 \text{ lb/jam ft}^2)}{1,96 \text{ lb / ft jam}} = 11408,26$
8. $j_h = 70 \text{ (fig 24)}$
9. $k_{air} = 0,34 \text{ Btu/jam ft}^\circ \text{F (Tabel 4)}$
10. $C_p \text{ air} = 1 \text{ Btu / lb }^\circ \text{F}$
11. $[C_p \mu / k] = 1,79$
12. $h_i = j_h \cdot k / D [C_p \mu / k]^{1/3} \cdot \phi_t$
 $= 819,27 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F}$
13. $\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i \cdot ID}{OD}$
 $= 689,48 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F}$
- $U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{(689,48)(472,33)}{(689,48)+(472,33)} = 280,31 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ \text{F}$
- $R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} = \frac{(280,31 - 126,15)}{(280,31 \times 126,15)} = 0,004$

“ PRESSURE DROP “➤ SHELL :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Res} &= 9711,69 \\
 2. f &= 0,0021 \text{ (Fig 26)} \\
 3. N+1 &= 12 \text{ L/B} \\
 &= 38,4 \\
 4. S &= 0,928 \\
 5. D_s &= 25 \text{ in} \\
 6. \Delta P_s &= \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S \cdot \phi_s} \\
 &= \frac{(0,0021)(271681,36)^2(25)(38,4)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,079 \cdot 0,928 \cdot 1} \\
 &= 0,39 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

➤ TUBE :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Ret} &= 11408,26 \\
 2. f &= 0,00022 \\
 3. s &= 1 \\
 4. \Delta P_t &= \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D \cdot S \cdot \phi} \\
 &= \frac{(0,00022)(430003,702)^2(16)(2)}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 1} \\
 &= 0,05 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \Delta P_r &= \frac{4n}{s} \cdot \frac{V^2}{2g} \text{ (Fig 27)} \\
 &= \frac{4(2)}{1} \cdot 0,08
 \end{aligned}$$

$$= 0,64$$

$$\begin{aligned} 6. \quad \Delta P_t &= \Delta P_t + \Delta P_r \\ &= (0,05 + 0,64) \\ &= 0,69 \text{ Psi} \end{aligned}$$

“ **Kesimpulan** : ”

$$U_c = 280,31 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$U_d = 126,15 \text{ Btu /jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$R_d \text{ hitung} = 0,004$$

$$\Delta P \text{ hitung} = 0,005 \text{ Psi}$$

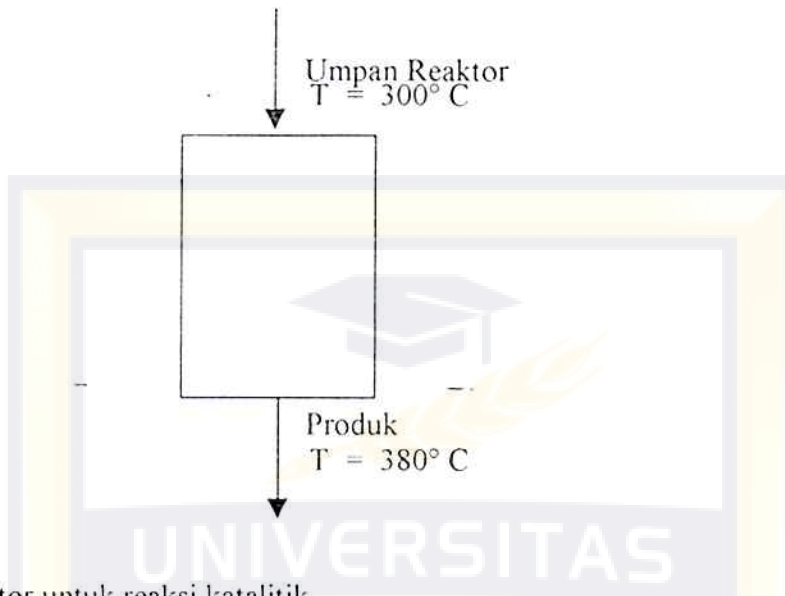
$$\Delta P_t \text{ hitung} = 0,05 \text{ Psi}$$

$$\Delta P_s \text{ hitung} = 0,39 \text{ Psi}$$



C. 15. REAKTOR

1. Nama Alat : Reaktor
2. Type : Multi tubular fixed Bed Reactor (Reaktor Unggun tetap banyak tabung)
3. Katalis : Iron Molybdenum oksid (oksida Besi Molybdenum) (25% Fe_2O_3) dan (75% MoO_3)
4. Pendingin : Dowtherm A
5. Operasi Data
 - Tekanan Tube side
 - Suhu umpan masuk
 - Suhu produk keluar
 - Suhu air pendingin dijaga pada suhu 100°C saat masuk Reaktor, $257,8^\circ\text{C}$ saat keluar reaktor.
6. Rancangan Data :
 - Tekanan Tube side = 2,4 Tekanan Operasi
 - Tekanan shell side = 1,25 Tekanan Hidrostatik
 - Rd ketentuan = 0,004 Psia
7. Jumlah Baffle (sekat) = Ganjil (pendingin keluar masuk reaktor pada sisi yang sama)
8. Bahan konstruksi : Carbon steel dan Alloy steel



Perhitungan Reaktor untuk reaksi katalitik

- a.) Mencari data persamaan kec. $R_x = -r_a = k C_a^n C_{B_n}$
dimana k adalah konstanta kecepatan Reaksi yang diinginkan (lt/jam Kg katalis)
- b.) Menentukan konversi reaksi yang diinginkan (trial)
- c.) Menghitung massa katalis yang diperlukan
- d.) Menghitung diameter reaktor berdasarkan harga k
- e.) Diameter tube diperoleh dengan memperhatikan profil aliran panas didalam tube sehingga dapat ditentukan aliran zat dalam tube dan shell secara searah dan berlawanan.
- f.) Mengitung jumlah Tube yang dibutuhkan.

Pada perhitungan ini ditetapkan Asumsi :

1. Proses berjalan steady state
2. Type Reactor flug flow
3. Rx Homegen
4. Rx terjadi pada orde 2 terhadap CH_3OH dan O_2
5. Jumlah katalis yang dibutuhkan diabaikan
6. Aliran gas dalam tube dan dalam shell berlawanan arah.

A) Perhitungan Residence Time (τ)

Dari jurna of Physical dan chemical reference Data 1992 . Vol 21 No. 9 diperoleh :



$$k = 2,6 \cdot 10^{-9/T} + 1,2 \cdot 10^{-10} \exp(-1800/T) \text{ Cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Range suhu : 300 - 1200 k

$$\text{Suhu rata - rata direactor} = \frac{(300 + 380)}{2} = 340^\circ \text{C} = 613, \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned} T = 613 \text{ k diperoleh } k &= 6,367 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^3 / \text{molecule}^{-1} \text{ s}^{-1} \\ &= 6,367 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^3 / 6,023 \cdot 10^{23} \\ &= 3,835 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3 / \text{mol s} \end{aligned}$$

Rumus : $r = \frac{C_{ao} dx}{-ra} \dots \dots \dots (17 - 1)$

Dari satuan konstanta reaksi (k) diketahui bahwa rx terjadi pada orde 2

$$- dCA = -rA = k (\text{CH}_3\text{OH})(\text{O}_2) = k CA CB \dots \dots \dots (vi - 2)$$

Untuk sistem dimana density dan volume tidak konstan :

$$- CA = \frac{NA}{v} = \frac{NAo(1 - xA)}{Vo(1 + \epsilon A x A)}$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$- rA = \frac{k Nao(1 - xA) Nbo - Nao x A}{Vo(1 + \epsilon Ax A) Vo(1 + \epsilon Ax A)}$$

Misal : $M = \frac{NBo}{NAo}$

$$- rA = \frac{k Nao^2(1 - xA)(M - xA)}{Vo^2(1 + \epsilon A x A)} = \frac{k Cao^2(1 - xA)(M - xA)}{(1 + \epsilon A x A)}$$

Dimana :

$$\epsilon_A = \frac{(2 - 1,5)}{1,5} = 0,33$$

$$V = \frac{(nRT)}{P} = \frac{542316 \times 82,057 \times 613}{1,5} = 1,82 \cdot 10^{10} \text{ cm}^3/\text{jam}$$

$$C_{Ao} = \frac{33192 \text{ mol/j}}{1,82 \cdot 10^{10} \text{ cm}^3/\text{j}} = 1,82 \cdot 10^{-7} \text{ mol/cm}^3$$

$$M = \frac{C_{Bo}}{C_{Ao}} = \frac{N_{Bo}}{N_{Ao}} = \frac{52030}{33192} = 1,568$$

Dimasukan ke dalam pers. IV - 5 :

$$\tau = \int_0^{0,944} \frac{(1 + 0,33 \cdot x_A)^2}{3,835 \cdot 10^8 \cdot 1,824 \cdot 10^7 (1 - x_A)(1,568 - x_A)} dx$$

$$= 2,17 \text{ detik}$$

B) Perhitungan Volume Reaktor Zone Reaksi

(Perhitungan laju air volumetric reaktan kedalam Reactor (Volumetric flow rate))

Aliran gas masuk zone reaktor :

$$\text{Suhu} : 300^\circ \text{C} = 573 \text{ k}$$

$$\text{Tekanan} : 1,5 \text{ atm}$$

$$\text{Resident Time} = 2,17 \text{ detik}$$

Tabel Komponen Masuk Reactor

Komponen	Masuk (Kg/i)	Kmol / j
CH ₃ OH	2795,94	87,373
H ₂ O	57,06	3,17
O ₂	1679,85	52,50
N ₂	5519,984	197,142
CH ₂ O	-	-
CO	-	-
CO ₂	-	-
Jumlah	10052,83	340,19

$$F = \text{total aliran masuk} = 10052,83 \text{ Kg/j} = 340,19 \text{ kmol/j}$$

$$V_o = \frac{F \cdot R \cdot T}{P} = \frac{340,19 \times 82,06 \times 573}{1,5}$$

$$= 10663908,71 \text{ liter/jam}$$

$$= \frac{10663908,71}{3600} \text{ liter/dt}$$

$$= 2962,20 \text{ liter/dt}$$

$$= 104,63 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\text{Total laju alir Volumetric} = 104,63 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Data katalis (Wallas) :

Nama : Iron Molibeanum oksid (25% Fe₂O₃ dan 75% MoO₃)

Bentuk : Bola

Porositas : $\epsilon = 0,37$

Diameter : 3 mm = 0,12 in

Rumus : $\tau = \frac{\text{Volume Ruang kosong katalis}}{\text{laju alir volumetric}}$

$$\tau = V / V_o$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume runag kosong, } V &= \tau \cdot V_o \\
 &= 2,17 \text{ detik} \times 104,63 \text{ ft}^3/\text{detik} \\
 &= 227,04 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Maka Volume total :

$$\begin{aligned}
 V_r &= V / \varepsilon \\
 &= \frac{227,04 \text{ ft}^3}{0,37} \\
 &= 613,63 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume total katalis} = 613,63 \text{ ft}^3$$

C) Perhitngan Jumlah Tube dan Diameter Reaktor

Direncanakan :

Dimensi tube : 1 inch OD 16 BWG

$$\text{OD} = \text{ID} = 1 \text{ inch}$$

$$\text{ID} = \text{DI} = \text{di} = 0,87 \text{ inch}$$

$$\text{ao}'' = \text{at}^1 = 0,2618 \text{ ft}^2$$

$$\text{a}^t = 0,594 \text{ ln}^2 = 0,005 \text{ ft}$$

$$\text{Baffle} = 38,6$$

$$\text{Panjang tube zone reaksi (Lr)} = 6,0957 \text{ m} = 20 \text{ ft}$$

Tube - sheet layout ; square pitch

$$\text{PT} = 1,25 \text{ ln}$$

“ maka volume tiap tube :

$$\begin{aligned}
 V_t &= a^t / 144 \cdot L_r \\
 &= 0,594 / 144 \cdot 20 \\
 &= 0,08 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

jadi jumlah tube

$$\begin{aligned}
 N_t &= V_r / V_t \\
 &= 613,63 \text{ ft}^3 / 0,08 \text{ ft}^3 \\
 &= 7670 \text{ tube}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tube lay out (Tabel 11 - 3, Perry, Hal 11) didapat ID shell = 4902 mm = 193 in = 16,08 ft dengan jumlah tube = 7670 tube, In DD, lb BWG square pitch.

Density partical katalis = $\rho_p = 436,97 \text{ lb/ft}^3$ (Kern Tabel 3)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{Bulk}} &= \rho_p (1 - \epsilon) = 436,97 (1 - 0,37) \\ &= 275,29 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat katalis} &= V \cdot \rho_{\text{Bulk}} \\ &= 613,63 \text{ ft}^3 \cdot 275,29 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 168926,87 \text{ lb} \\ &= 76625,23 \text{ Kg}\end{aligned}$$

D) PERHITUNGAN HEAT TRANSFER COEFICIENT ZONE REAKSI

$$\begin{aligned}T_1 &= 572^\circ \text{ F} & t_1 &= 212^\circ \text{ F} \\ T_2 &= 716^\circ \text{ F} & t_2 &= 496,04^\circ \text{ F}\end{aligned}$$

$$\Delta t \text{ IMTD} = 2814^\circ \text{ F}$$

$$\begin{aligned}q_r &= DH \cdot r_x \\ &= 13.629.192,78 \text{ kkal/jam (Dari Neraca Panas)} \\ &= 3002024,41 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_o &= N_t \cdot a_o' \cdot L_r \\ &= 7670 \cdot 0,2168 \cdot 20 \\ &= 4016012 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}UD &= \frac{q}{A_o \times \Delta t \text{ LMTD}} = \frac{3002024,41 \text{ Btu/jam}}{40160,12 \text{ ft}^2 \times 28,4^\circ \text{ F}} \\ &= 30,06 \text{ Btu/ft}^2 \text{ jam } ^\circ \text{ F}\end{aligned}$$

Bagian shell :

$$\begin{aligned}\text{Jika Dowtherm masuk} &= 100^\circ \text{ C} \\ \text{Dowtherm keluar} &= 257,8^\circ \text{ C, maka massa yang dibutuhkan :}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ Dowtherm} &= \frac{QR}{C_{pd} (T_2 - T_1)} \\
 &= \frac{13 \cdot 269 \cdot 767,34 \text{ kkal/jam}}{(0,292 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C})(257,8 - 100)^\circ\text{C}} \\
 &= 287987,38 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien perpindahan panas dalam shell :

$$\text{Diameter shell} = 193 \text{ in} = 16,08 \text{ ft}, B = 38,6$$

$$\begin{aligned}
 1. \text{ as} &= \frac{ID_S \cdot C' \cdot B}{144 \cdot PT} & C' &= PT - OD \\
 & & &= 1,25 - 1 \\
 & & &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{193 \cdot 0,25 \cdot 38,6}{144 \cdot 1,25}
 \end{aligned}$$

$$= 10,35 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Gs} &= W / \text{as} \\
 &= \frac{634333,44 \text{ lb/jam}}{10,35 \text{ ft}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 61288,25 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ De} &= \frac{4 \times (1/2 PT \times 0,86 PT - 1/2 \pi do^2/4) \text{ in}}{1/2 \pi do}
 \end{aligned}$$

$$= 0,99 \text{ in}$$

$$= 0,08 \text{ ft}$$

$$4. \text{ cp} = 0,53 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \text{ (fig 2 kern)}$$

$$5. \mu = 0,3 \text{ cp} \times 2,42 \text{ (fig 14 kern)}$$

$$= 0,726 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$6. \text{ Res} = \frac{GS \cdot Des}{\mu}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(61288,25 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam})(0,08 \text{ ft})}{0,726 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}}
 \end{aligned}$$

$$= 6753,53$$

$$7. J_h = 40 \text{ (fig 28)}$$

$$8. k = 0,076 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F (Tabel 4)}$$

$$9. (C_p \cdot \mu / k)^{1/3} = 1,72$$

$$\text{karena } \mu < 1, \phi = 1$$

$$\begin{aligned} 10. h_o &= I_H \cdot k / \text{des} \cdot (c_p \cdot \mu / k)^{1/3} \cdot \phi \\ &= 40 \cdot \frac{0,076 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}{0,08 \text{ ft}} (1,72) \cdot 1 \\ &= 65,36 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

(ii) Pada bagian Tube :

Menentukan koefisien individual perpindahan panas pada bagian dalam tube yang melalui suatu padatan katalis, berdasarkan Wallas, untuk katalis yang tidak bergerak didalam suatu fixed Bed, maka untuk menentukan Wall coefficient atau perpindahan panas bagian dinding tube dinyatakan oleh persamaan Jakob sebagai berikut :

$$\frac{h_i D_t}{k_g} = f D_t^{0,17} \frac{(D_p \cdot G)^{0,83}}{\mu} \cdot \frac{c_p \cdot \mu}{k} \dots \dots \dots \text{(Wallas, hal 203)}$$

Dimana :

D_t = Diameter Tube, ft

K_g = konduktifitas thermal fluida, Btu/ft hr $^\circ$ F

D_p = Diameter partikel, ft

G_t = laju alir massa fluida persatuan luas, lb/hr ft 2

C_p = spesifik heat , Btu/lb $^\circ$ F

μ = Viskositas fluida, lb/ft . hr

f = koefisien yang tergantung pada diameter partikel

Dari Fig 8 -14 untuk D_p/D_t maka, didapat $F = 0,238$

$$D_p = 0,87 \text{ in} = 0,0725 \text{ ft}$$

$$D_t = 3 \text{ mm} = 9,8425 \cdot 10^{-3} \text{ ft}$$

$$a_t = 1401,79 \text{ lb/jam ft}^2$$

$$K_g = 0,0266 \text{ Btu/j ft}^\circ \text{F}$$

$$C_p = 0,272 \text{ Btu/lb }^\circ \text{F}$$

$$\mu = 0,0305 \text{ cp} = 0,0738 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\begin{aligned} 1. \quad a_t &= \frac{N_t \cdot a^{11}}{144 \cdot n} \\ &= \frac{7670 \cdot 0,594 \text{ in}^2}{144 \cdot 2} \\ &= 15,81 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad G_t &= \frac{W_t}{a_t}, \quad W_t = 10052,83 \text{ Kg/j} \times 11\text{lb} / 0,4536 \text{ Kg} \\ &= \frac{22162,32 \text{ lb/jam}}{15,81 \text{ ft}^2} = 22162,32 \text{ lb/jam} \\ &= 1401,79 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{DP \cdot G}{\mu}\right) = \left(\frac{0,0725 \times 1401,79}{0,0783}\right) = 1377,09$$

$$\left(\frac{CP \cdot \mu}{k}\right) = \left(\frac{0,0722 \times 0,0738}{0,0266}\right) = 0,75$$

$$\begin{aligned} h_i &= \frac{K_g \times f \cdot Dt^{0,17} \left(\frac{DP \cdot G}{\mu}\right)^{0,83} \left(\frac{CP \cdot \mu}{k}\right)}{Dt} \\ &= \frac{0,0266 \cdot 0,238(9,8425 \cdot 10^{-3})^{0,17} (1377,09)^{0,83} (0,75)}{9,8425 \cdot 10^{-3}} \end{aligned}$$

$$h_i = 88,63 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr }^\circ \text{F}$$

$$\begin{aligned} h_{io} &= \frac{h_i \times 1D}{OD} \\ &= \frac{88,63 \times 0,87}{1} \\ &= 77,10 \text{ Btu/ft}^2 \text{ jam }^\circ \text{F} \end{aligned}$$

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= \frac{77,10 \times 65,36}{77,10 + 65,36}$$

$$= 35,37 \text{ Btu/ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = \frac{35,37 - 30,06}{35,37 \times 30,06}$$

$$= 0,004 \text{ psia}$$

E) Perhitungan Pressure Droup :

(i) Bagian Shell :

$$1. \text{ Res} = 6753,33$$

$$f = 0,0023 \text{ ft}^2/\text{ln}^2 \text{ (fig 29)}$$

$$s = 1$$

$$N+1 = 2 \text{ L/B}$$

$$= 6,22$$

$$\Delta p_s = \frac{f \cdot G_s^2 (N+1) I D S}{5,22 \cdot 10^{10} D_e s}$$

$$= \frac{0,0023 (675,33)^2 (6,22) (16,08)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot 0,08 \cdot 1}$$

$$= 0,02 \text{ psi} < 10 \text{ psi}$$

(ii) Bagian Tube :

Besarnya pressure Drop dari suatu gas yang melalui suatu padatan katalis dalam Tube dapat dihitung dengan persamaan Leva, Wallas 8 - 25 :

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2 \cdot f \cdot G^2}{g \cdot \rho \cdot D P \cdot \phi^{3-n}} \times \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \right)^{3-n}$$

$$\Delta P = \text{Pressure Drop (lb/ft}^2\text{)}$$

$$L = \text{Tinggi katalis (ft)}$$

Dari perhitungan :

$$1. \text{ Ret} = \frac{\text{Gt. dp}}{\mu}$$

Dari fig 8 - 3 Wallas, didapat :

$$f = 0,0032$$

$$n = 1,9$$

Dari perhitungan sebelumnya :

$$\text{Gt} = 1401,79 \text{ lb/j ft}^2$$

$$g = 32,2 \text{ ft/det}^2$$

$$\varepsilon = 0,37$$

$$\text{Dp} = 9,8425 \cdot 10^{-3} \text{ ft}$$

$$\Delta P = \frac{2 \cdot f \cdot \text{Gt}^2}{q \cdot \rho \cdot \text{Dp} \cdot \phi^{3-n}} \times \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right)^{3-n}$$

$$= \frac{2 \cdot (0,0032)(1401,79)^2}{32,2 (2600)^2 (9,8425 \cdot 10^{-3})(1)^{3-1,9}} \times \left(\frac{1-0,37}{0,37^3} \right)^{3-1,9}$$

$$= 0,02 \text{ psf/ft}$$

$$\Delta P_r = 0$$

$$\Delta P = 0,02 \text{ psf/ft} \times 20 \text{ ft}$$

$$= 0,72 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P = 0,002 \text{ psi}$$

$$\Delta P_t = \Delta P_r + \Delta P$$

$$= 0 + 0,002$$

$$= 0,002 \text{ psi}$$

F. PERHITUNGAN DIMENSI REAKTOR :

(i) Tebal shell

Dipakai bahan high Alloy steel SA 167 grade 3 type 304 dari app.D
Brownell & young didapat :

$$f = 12500 \text{ psi}$$

Tekanan Hidrostatik air :

$$\begin{aligned} P_h &= \frac{\rho_s \cdot g \cdot h}{144} \\ &= \frac{98,25 \times 1 \times 20}{144} = 13,64 \text{ psia} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\rho_s = \text{massa jenis air}$$

$$h = \text{Tinggi shell} = L_r$$

$$P_{\text{operasi}} = p_h$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= p_i - 1,25 p_{\text{operasi}} \text{ (lurgi gmbh)} \\ &= 22,05 \text{ psia} + 13,64 \text{ psia} = 35,7 \text{ psia} \end{aligned}$$

Maka Tebal shell :

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{p_i \cdot D_i}{2(f \cdot E - 0,6 p)} + C \\ &= \frac{(35,7 \text{ psi})(193 \text{ in})}{2(12500 \text{ psi} \cdot 0,80 - 0,6 \cdot 35,7 \text{ psi})} + 1/16 \\ &= 0,40 \text{ in} = 0,03 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell : 3/16 in

$$D_i = I_{ds}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan las} = 0,8 \text{ (double Welded bult joint)}$$

$$f = \text{Allowable stress} = 12500 \text{ psi}$$

$$c = \text{Factor korosi} = 1/16'' = 0,0625 \text{ in}$$

(ii) Tebal Tutup

Dipakai bahan yang sama dengan shell

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= 1,5 \text{ atm} \\ &= 22,05 \text{ psia} \\ &= 7,35 \text{ psig} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 2,4 \times p \text{ operasi} \\ &= 17,64 \text{ psig} \end{aligned}$$

Jenis tutup yang digunakan adalah standart dishead-head, jadi tebal tutup adalah :

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{0,855 P_i r_c}{f E - 0,1 P_i} + c \\ &= \frac{(0,885)(17,64 \text{ psi})(193 \text{ in})}{(12500 \text{ psi})(0,80) - 0,1 (17,64 \text{ Psi})} + 1/16 \\ &= 0,35 \text{ in} \\ &= 0,03 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dipilih tebal tutup = 7/16 = 0,44 in

Dimana :

$$R_c = D_i$$

Tinggi tutup :

Diketahui :

$$R_c = i_{ds} = 193 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 11,5$$

$$S_f = 2$$

$$r = 170$$

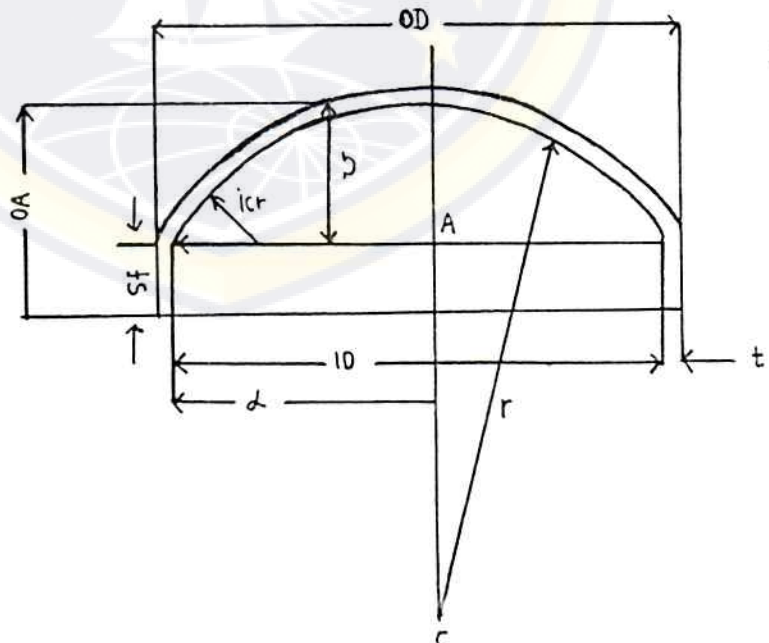
$$OD = ID + 2.t_s$$

$$= 193 + 2.0,40$$

$$= 193,8$$

$$a = ID/2$$

$$= 193/2$$



$$\begin{aligned}
 &= 96,5 \text{ in} \\
 AB &= 10/2 - (icr) \\
 &= 96,5 - (11,5) \\
 &= 85 \text{ in} \\
 BC &= r - (icr) \\
 &= 170 - (11,5) \\
 &= 158,5 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\
 &= \sqrt{(158,5)^2 - (85)^2} \\
 &= 133,78 \text{ in} \\
 b &= r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\
 &= 170 - \sqrt{(158,5)^2 - (85)^2} \\
 &= 170 - 133,78 \\
 &= 36,22 \text{ in} \\
 OA &= \text{ht (tinggi tutup)} = th + b + s.f \\
 &= 0,35 + 36,22 + 2 \\
 &= 38,57 \text{ in} \\
 &= 3,214 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

(iii) Tinggi Reactor :

$$\begin{aligned}
 H &= \text{Tinggi shell} + 2 \times \text{tinggi tutup} = L + 2 \cdot ht \\
 &= 20 + 2 \times 3,214 \text{ ft} \\
 &= 26,43 \text{ ft} \\
 &= 8,06 \text{ m.}
 \end{aligned}$$



LAMPIRAN D

PERHITUNGAN UTILITAS

UNIVERSITAS

BOSOWA

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

Unit utilitas pada pabrik merupakan suatu bagian penunjang dari proses utama dalam pabrik. Utilitas pada pabrik ini antara lain :

1. kebutuhan air
2. kebutuhan steam
3. kebutuhan bahan bakar
4. kebutuhan listrik

Pada pabrik ini utilitas bertugas melayani kebutuhan-kebutuhan kegiatan operasi pabrik seperti :

- a. Air yang berfungsi sebagai pendingin
- b. Steam yang berfungsi sebagai pemanas pada proses produksi
- c. Air untuk keperluan Rumah Tangga dan karyawan (sanitasi)
- d. Air untuk proses (Penyerap)

Unit Pendingin Air

A.) Air Pendingin

Air yang berfungsi sebagai pendingin

Kebutuhan air pendingin adalah :

Nama Alat	Jumlah (Kg/jam)
Cooler - 01	135.558,38
Cooler - 02	93.625,95
T o t a l	229.184,33

Diperkirakan air pendingin ini dapat disirkulasikan kembali dan hilang 10%, maka air yang perlu ditambahkan adalah :

$$= 229.184,33 \text{ Kg/jam} \times 10\%$$

$$= 22.918,43 \text{ Kg/jam}$$

B.) Air untuk membuat Steam

Nama Alat	Jumlah (Kg/jam)
Vaporizer	426,29
Preheater	418,62
T o t a l	844,91

Direncanakan kondensat yang keluar dari peralatan yang menggunakan steam ditampung pada tangki kondensat kemudian diolah kembali kedalam Boller, dianggap kondensat yang menguap hilang 20 %.

Jadi harus ditambahkan :

$$= \frac{20}{100} \times 844,91 \text{ Kg / jam}$$

$$= 168,98 \text{ Kg / jam}$$

C.) Air Sanitasi

Meliputi :

- a. Air untuk keperluan kantor dan karyawan

Jumlah karyawan 128 orang.

Kebutuhan air setiap orang diperlukan = 100 Kg/hari

Jadi kebutuhan air karyawan adalah :

$$= 128 \times 100 \text{ Kg / hari}$$

$$= 12800 \text{ Kg/ hari}$$

- b. Air untuk perumahan

Diperkirakan jumlah perumahan 100 unit rumah dan tiap rumah dihuni 5 orang. Kebutuhan air tiap orang 200 Kg/hari/orang.

Maka air untuk perumahan :

$$= 100 \times 5 \times 200$$

$$= 100.000 \text{ Kg/hari}$$

- c. Kebutuhan lain-lain diperkirakan 10% dari kebutuhan karyawan dan perumahan, maka kebutuhan lain-lain adalah :

$$= 10\% (12800 + 100.000)$$

$$= 11280 \text{ Kg/hari}$$

- d. Total kebutuhan air sanitasi :

$$= (12800 + 100.000 + 11280) \text{ Kg/hari}$$

$$= 124.080 \text{ Kg/hari}$$

$$= 5170 \text{ Kg/jam}$$

D.) Air Proses

Untuk penyerap diabsorber digunakan : 2211,19 Kg/jam

Sehingga Total kebutuhan air yaitu :

a. Air pendingin	=	229.184,33	Kg/jam
b. Air untuk membuat steam	=	844,91	Kg/jam
c. Air sanitasi	=	5170	Kg/jam
d. Air proses	=	2211,19	Kg/jam
Total	=	237.410,43	Kg/jam

Faktor keamanan 10%

Total kebutuhan air yang harus disediakan :

$$\begin{aligned}
 &= 1,1 (237.410,43 \text{ Kg/jam}) \\
 &= 261.151,47 \text{ Kg/jam} \\
 &= 261.151,47 \text{ liter/jam}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI PERALATAN UTILITAS :

1. Bak penampung Air Sungai (B - 01)

Fungsi : Menampung air baku yang mengandung kotoran dari sungai.

Laju alir air baku masuk bak :

$$= 261.151,47 \text{ liter/jam}$$

$$= 261,151 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 3 jam

$$\text{Volume bak} = 261,151 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$= 783,45 \text{ m}^3$$

Direncanakan menggunakan 4 buah, maka :

$$\text{Volume air menjadi} = \frac{783,45 \text{ m}^3}{4}$$

$$= 195,86 \text{ m}^3$$

Terisi 90% sehingga ,

$$\text{Volume bak} = \frac{195,86 \text{ m}^3}{0,9}$$

$$= 217,62 \text{ m}^3$$

Dipilih bak yang berbentuk persegi panjang P.L.T = 2:1:1

$$\text{Misal : } T = L = X, \quad P = 2x$$

$$\text{Volume bak} = P \cdot L \cdot T$$

$$217,62 = 2x(x)(x)$$

$$217,62 = 2x^3$$

$$x = (108,813)^{1/3}$$

$$x = 4,77 \text{ m}$$

sehingga :

$$P = 2 \cdot 4,77 \text{ m}$$

$$= 9,54 \text{ m}$$

$$L = 4,77 \text{ m}$$

$$T = 4,77 \text{ m}$$

Spesifikasi	:	
Nama	:	Bak penampungan air sungai
Kapasitas	:	261.151,47 liter/jam
Lebar (L)	:	4,77 m
Tinggi (T)	:	4,77 m
Panjang (P)	:	9,54 m
Bahan	:	Beton
Jumlah	:	1 unit

2. Tangki Flokulator (TF - 01)

Fungsi : Untuk pengumpulan dan pengendapan kotoran dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dilakukan tiap 4 jam.

Kebutuhan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 15 ppm..... (Wallas hal 309)

= 15 mg / liter air

laju air masuk = 261.151,473 liter/jam

Diambil waktu tinggal 3 jam, maka :

Volume air = 261.151,47 liter/ jam x 3 jam

= 783.454,41 liter

= 783,46 m³

Kebutuhan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 15 mg/liter (783.454,41 liter)

= 117518116,29 mg

= 11,75 Kg

Direncanakan menggunakan 4 buah tangki, maka :

$$\text{Volume air menjadi} = \frac{783,46 \text{ m}^3}{4}$$

$$= 195,86 \text{ m}^3$$

Bak berisi 90 % sehingga :

$$\text{Volume Tangki} = \frac{195,86 \text{ m}^3}{0,9}$$

$$= 217,62 \text{ m}^3$$

Dipilih tangki berbentuk silinder dengan bagian bawah berbentuk konis dengan kemiringan 20° dengan $H = 3/2 D$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} D^2(H) + 0,131 D^3 / \tan 20$$

$$= \frac{\pi}{4} D^2(3/2 D) + 0,131 D^3 / \tan 20$$

$$217,62 \text{ m}^3 = D^3 \left(\frac{3\pi}{8} + \frac{0,131}{\tan 20} \right)$$

$$D^3 = \frac{217,62 \text{ m}^3}{\left(\frac{3\pi}{8} + \frac{0,131}{\tan 20} \right)}$$

$$= 9,42 / 8 + 0,131 / \tan 20$$

$$D^3 = 141,55 \text{ m}^3$$

$$D = 5,21 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } H = 3/2 D$$

$$= 3/2 (5,21 \text{ m})$$

$$= 7,81 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi konis (HC)} &= \frac{D/2}{\tan 20} \\ &= \frac{5,21 \text{ m}/2}{\tan 20} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 7,15 \text{ m} \\ \text{Tinggi tangki} &= H \text{ shell} + HC \\ &= 7,81 \text{ m} + 7,15 \text{ m} \\ &= 15 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Nama : Tangki flokulator
 Kapasitas : 261.151,47 liter/jam
 Diameter tangki : 5,21 m
 Volume tangki : 217,62 m³
 Tinggi tangki : 15 m
 Bahan : carbon steel
 Jumlah : 1 unit

3. TANGKI PENYARINGAN (SF - 01)

Fungsi : Menyaring kotoran halus, dengan menggunakan saringan pasir

Bentuk = silinder

$$\begin{aligned} \text{Laju air masuk} &= 261.151,47 \text{ liter/jam} \\ &= 261.151,47 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

$$3,78 \times 60$$

$$= 1149,94 \text{ gallon/menit}$$

$$\text{laju filtrasi} = 5 \text{ gpm / ft}^2$$

$$\text{Laju penampang (A)} = 1149,94 \text{ gallon / menit}$$

$$\frac{1149,94 \text{ gallon / menit}}{5 \text{ gpm / ft}^2}$$

$$= 229,98 \text{ ft}^2$$

$$= 21,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Sehingga diameter tangki yaitu} = A = \pi/4 (D)$$

$$D^2 = 4 A/\pi$$

$$D^2 = \left(\frac{4 (21,36 \text{ m})}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$= 5,22 \text{ m}$$

Tinggi tangki (H) yaitu :

$$H = 2 D$$

$$= 2 (5,22 \text{ m})$$

$$= 10,44 \text{ m}$$

Spesifikasi =

Nama : Tangki penyaring

kapasitas : 1149,94 gallon/menit

Tinggi kerikil : 1 m

Tinggi pasir kasar : 1 m

Tinggi pasir halus : 1 m

Tinggi tangki : 10,44 m

Diameter Tangki : 5,22 steel

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

4. BAK PENAMPUNG AIR BERSIH (B - 02)

Fungsi : untuk menampung air bersih dan dijernihkan dengan penambahan kaporit dilakukan tiap 12 jam.

Laju alir masuk bak =
 = 261.151,47 kg/jam
 = 575.838,99 kg/jam

Kebutuhan kaporit = 3 ppm
 = 3 mg/liter air.....(kirk othmer Vol. 22 hal 85)

Jadi kaporit yang dibutuhkan :
 = 3 mg /liter (261.151,47 liter / jam)
 = 763.454,41 mg/jam x 12 jam
 = 9401453,02 mg
 = 9,40 Kg

Volume air = (261.151 m³/jam)(12 jam)
 = 31333,81 m³

Bak terisi 90% = maka

$$\text{Volume tangki} = \frac{3133,81 \text{ m}^3}{0,9}$$

$$= 3482,01$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan perbandingan :

$$P . L . T = 2 : 1 : 1$$

$$\text{Misal} : L = T = x, \quad P = 2x$$

$$\text{Volume tangki} = P . L . T$$

$$3482,01 \text{ m}^3 = (2x) \cdot (x) \cdot (x)$$

$$3482,01 = 2x^3$$

$$x^3 = 1741,00$$

$$x = 12,03 \text{ m}$$

Sehingga :

$$P = 2(12,03 \text{ m}) = 24,06 \text{ m}$$

$$L = 12,03 \text{ m}$$

$$T = 12,03 \text{ m}$$

Digunakan 2 buah bak, berarti :

$$P = 12,03 \text{ m}$$

$$L = T = 6,02 \text{ m}$$

Tingki dilengkapi pengaduk :

Pengaduk dipilih jenis " axial turbin " 4 blade pada Hal 507

Brown, diketahui :

$$D_t/D_i = 5,2 \text{ m}$$

$$Z_i/D_i = 0,85 \text{ m}$$

D_i = Diameter pengaduk

D_t = Diameter Tangki

Z_i = Larak pengaduk dengan dasar

Untuk $D_t = 5,2 \text{ m (17,093 Ft)}$

$D_i = 3,28 \text{ Ft}$

$Z_i = 2,79 \text{ Ft}$

Kecepatan putaran diambil $n = 90 \text{ rpm}$ atau $1,5 \text{ rps}$

$$Pe = \frac{n \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\mu} \quad \begin{array}{l} \rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu_{\text{air}} = 5,71 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft}\cdot\text{dt} \end{array}$$

$$= \frac{(1,5)(3,28)^2 (62,4)}{5,71 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 17666141,98$$

Dari fi 477 kurva 19 Brown didapat $Q = 0,8$

$$\text{Tenaga pengaduk} = \frac{Q \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho}{gc \cdot (550)} \quad \text{..... pers 4,61 Brown}$$

$$= \frac{(0,8)(1,5)^3(3,28)^5 \cdot (62,4)}{(32,17)(550)}$$

$$= 0,365 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 80\% \\ \text{Tenaga motor} &= 0,365 \\ &\underline{\quad\quad\quad} \\ &= 0,45 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Dipilih Tenaga motor} = 0,5 \text{ Hp}$$

Spesifikasi

Nama : Bak penampung air bersih

Kapasitas : 261.151,47 Kg/jam

Panjang (P) : 24,06 m

Lebar (L) : 12,03 m

Tinggi (T) : 12,03 m

Volume tangki : 348,01 m³

Bahan : Beton

Jumlah : 1 unit

5. TANGKI KATION EXCHANGER.

Fungsi : Menghilangkan kesodahan air yang disebabkan oleh kation.

Alat : Tangki berbentuk silinder tegak.

Laju air masuk :

$$\begin{aligned} &= \text{Air pendingin} + \text{Steam} + \text{Air proses} \\ &= (229.184,33 + 844,91 + 2211,19) \text{ Kg/jam} \\ &= 232.240,43 \text{ Kg/jam} \\ &= 1022,63 \text{ gallon/menit} \end{aligned}$$

Bagian massa zat-zat yang larut dalam air sungai dan mata air adalah (0,01 – 0,02) % dan sebagian besar terdiri dari senyawa-senyawa kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang menentukan kesodahan air.

Zat-zat yang larut dalam air :

Ca	(HCO ₃) ₂	kalsium Hidrogen karbonat
Mg	(HCO ₃) ₂	Magnesium Hidrogen karbonat
Ca	SO ₄	kalsium sulfat
Mg	SO ₄	Magnesium sulfat

(Dasar-dasar Teknologi kimia Hal. 42)

Proses pada permukaan kation



Keterangan : Rh = Resin Amin

C⁺ = kation, seperti Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, Na⁺⁺, Ma⁺⁺ dan
Cu⁺⁺

Asumsi : kadar kation yang akan diserap (yang ada didalam umpan)

$$= 145 \text{ Ppm.}$$

Kation yang tidak diserap = 50 ppm

(tabel 5 - 6 powel L . P . 163)

Jadi kation yang terserap (yang dapat dihilangkan)

$$= (145 - 50) \text{ mg/lt} \times \frac{1 \text{ gr resin} \times 3,785 \text{ liter / gallon}}{64,86 \text{ mg}}$$

$$= 5,5439 \text{ gr resin / gallon.}$$

Massa aktif resin = 24 jam(powel, P. 185)

Air yang masuk kation exchanger selama 24 jam adalah :

$$= (1022,63 \text{ gpm})(60 \text{ menit/jam})(24 \text{ jam})$$

$$= 147259,4 \text{ gallon}$$

Total kation yang dihilangkan :

$$= (5,5439 \text{ gr resin / gallon} \times 147259,4 \text{ gallon})$$

$$= 8163916,09 \text{ gr resin}$$

Jenis resin yang digunakan natural green zand zeolit

Kapasitas penyerapan = 2,8 kg resin / Ft³(Tabel 5-6 powel)

Air yang masuk

Kecepatan penyerapan = 3 - 4 gpm/ft² penampung

Ditetapkan 4 gpm / ft²

Maka volume resin diambil :

$$= \frac{8163916,09 \text{ gr resin}}{2800 \text{ gr resin / ft}^3}$$

$$= 2915,68 \text{ ft}^3$$

Luas permukaan resin BED = $\pi/4 \cdot D^2$

Luas permukaan Resin BED = $\frac{\text{laju air masuk}}{\text{Kecepatan penyerapan resin}}$

$$= \frac{1022,63 \text{ gpm}}{4 \text{ gpm / ft}^2}$$

$$= 255,66 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jadi luas permukaan Resin} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$255,66 \text{ Ft}^2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D^2 = 325,51 \text{ ft}^2$$

$$D = 18,04 \text{ ft}^2$$

$$= 5,49 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi BED} = \frac{\text{Volume Resin}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$= \frac{2915,683}{255,66}$$

$$= 11,40 \text{ ft}$$

$$= 3,84 \text{ m}$$

- Spacing	atas dan bawah	=	1 + 1	=	2 ft
- Glavel	atas dan bawah	=	1 + 1	=	2 ft
- Tiang Bed resin		=		=	11,41 ft
					<hr/>
Tinggi Total tangki					= 15,41 ft

Menghitung Tebal Tangki :

Tangki terbuat dari bahan stainless steel

SA – 316 Grade D : dari Brownell D young Tabel (1 – 4)

$$FA = 20500 \text{ Psi}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in (factor korosi yang digunakan)}$$

Dari persamaan 13 - 1 Brownell diperoleh :

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= \frac{P \cdot r_i + C}{E \cdot f - 0,6 P} \\
 &= \frac{(14,7)(108,252 \text{ in}) + 0,125}{0,85 (20500) - (0,6)(14,7)} \\
 &= 0,2164 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai plat dengan tebal standart $\frac{1}{4}$ in

Head atas dan bawah dibuat dari bahan dan tebal yang sama dengan bagian shell.

Spesifikasi	=	
Nama	:	Tangki kation exchanger
Kapasitas	:	1022,63 gallon/menit
Tinggi tangki	:	15,41 Ft
Volume resin	:	2915,68 m
Diameter Tangki	:	18,04 m
Type	:	silinder tegak
Bahan	:	Carbon steel
Jumlah	:	1 unit

6. TANGKI ANION EXCHANGER

Fungsi = Menghilangkan kesodahan air yang disebabkan oleh anion $(\text{HCO}_3)_2$ dan SO^{m} untuk menghilangkan digunakan resin basa.

Alat = Tangki berbentuk silinder tegak

$$\begin{aligned} \text{Laju air masuk} &= 232.240,43 \text{ Kg/jam} \\ &= 1022,635 \text{ gallon / menit} \end{aligned}$$

Kadar anion yang dihilangkan = 145 ppm

(Tabel 2 powel hal 16)

$$\begin{aligned} \text{Anion yang terserap} &: \\ &= \frac{(145 - 50) \text{ mg / Lt} \times 1 \text{ gr resin} + 3,785 \text{ liter/gallon}}{64,86 \text{ mg}} \\ &= 5,5439 \text{ gr resin / gallon} \end{aligned}$$

Jenis- jenis resin yang digunakan adalah : ponlite A - 2 (Tabel 6 powel hal. 17.6)

Proses pada permukaan anion :



Keterangan : ROH = Resin basa

A- = Anion, seperti ; SO_4^- , Cl_2^- , SO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , CO^-

(sumber : pengolahan air sederhana PM - ITB No. 2 Thn 1984)

Massa aktif Resin = 24 jam

Air yang masuk Anion exchanger selama 24 jam.

$$\begin{aligned} \text{adalah} &= (1022,63 \text{ gpm})(60 \text{ menit / jam})(24 \text{ jam}) \\ &= 1472594,9 \text{ gallon.} \end{aligned}$$

Total Anion yang dihilangkan :

$$\begin{aligned} &= 5,5439 \text{ gr resin / gallon} \times 147259,4 \text{ gallon} \\ &= 8163916,94 \text{ gr resin} \end{aligned}$$

Kecepatan penyerapan Anion = (5 - 7,5) grm / ft² penampang, diambil 6 grm / Ft² penampang.

Kapasitas penyerapan = 2 - 3 Kg resin / ft³

Diambil 3 Kg resin / Ft³ = 3000 gr resin / ft³

Maka Vol. Resin diambil :

$$= \frac{8163916,094 \text{ gr resin}}{3000 \text{ gr resin / ft}^3}$$

$$= 2721,305 \text{ ft}^3$$

Luas permukaan Resin BED = $\pi/4 \cdot D^2$

$$170,439 \text{ Ft}^2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D^2 = 217,00 \text{ ft}^2$$

$$D = 14,73 \text{ ft}$$

$$= 4,49 \text{ m}$$

Tinggi BED = $\frac{\text{Volume resin}}{\text{Luas permukaan}}$

$$= \frac{271,305 \text{ ft}^3}{170,143}$$

$$= 15,96 \text{ ft}$$

$$= 4,86 \text{ m}$$

- Spacing atas dan bawah	=	1 + 1	=	2 ft
- Gravel atas dan bawah	=	1 + 1	=	2 ft
- Tiang Bed resin	=		=	15,96 ft
Tinggi Total tangki				= 19,96 ft

Menghitung tebal tangki :

Tangki tersebut dari bahan stainless steel :

5A - 316 grade D : dari Brownell D young Tabel (1 - 4)

$$F_A = 20500 \text{ Psi}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in (Factor korosi yang digunakan)}$$

Dari persamaan 13 - 1 Brownel diperoleh :

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= \frac{P \cdot r_i}{E \cdot F - 0,6 P} + C \\
 &= \frac{(14,7)(88,386) \text{ in}}{0,95 (20500) - (0,6)(14,7)} + 0,125 \\
 &= 0,196 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai plat dengan tebal standart $\frac{1}{4}$ in

Head atas dan bawah dibuat dari bahan dan tebal yang sama dengan bagian shell.

Spesifikasi =

Nama : Tangki Anion exchanger

Kapasitas : 1022,63 gallon/menit

Tinggi tangki : 19,96 ft

Volume resin : 2721,30 ft³

Diameter Tangki : 4,49 m

Type : Silinder tegak

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

7. BAK PENAMPUNG SANITASI (B – 03)

Fungsi : Menampung air untuk kebutuhan karyawan, kantor, laboratorium dan mencuci alat.

Laju alir air = 5170 liter/jam
= 5,170 m³/jam

Waktu tinggal dalam Bak ditetapkan 4 jam maka :

Volume air = (5,170 m³/jam)(4 jam)
= 20,68 m³

Bak terisi 90% , maka :

Volume Bak = $\frac{20,68 \text{ m}^3}{0,9}$
= 22,970 m³

Bak berbentuk persegi empat : P : L : T = 2 : 2 : 1

Volume Bak = P . L . T

Misal : T = x maka :

Volume Bak = (2x) (2x)(2x)

$$22,978 = 4 \times x^3$$

$$x = \sqrt[3]{5,744 \text{ m}^3}$$

$$x = 1,79 \text{ m}$$

maka :

$$P = 2 (1,79 \text{ m}) = 3,58 \text{ m}$$

$$L = 2 (1,79 \text{ m}) = 3,58 \text{ m}$$

$$T = 1,79 \text{ m}$$

Spesifikasi =

Nama : Bak penampung air sanitasi

Kapasitas : 5170 liter/jam

Panjang (P) : 3,58 m

Lebar (L) : 3,58 m

Tinggi (T) : 1,79 m

Bahan : Beton

Jumlah : 1 unit

8. TANGKI AIR LUNAK

Fungsi : Menampung air lunak

Laju alir air masuk = 232.240,43 liter/jam

= 232.340043 m³/jam

Waktu tinggal dalam Bak ditetapkan 1 jam maka :

Volume air = 232.34043 m³ x 1 jam

= 232,34043 m³

Bak terisi 90% , maka :

$$\text{Volume Bak} = \frac{232,34043 \text{ m}^3}{0,9}$$

$$= 258,04 \text{ m}^3$$

Ditetapkan H = 4/3 (D), maka :

Diameter tangki yaitu :

$$\text{Volume tangki} = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$258,04 = \pi/3 \cdot D^3$$

$$D = (246,41)^{1/3}$$

$$D = 6,269 \text{ m}$$

Maka ;

$$H = 4/3 (6,29)$$

$$= 8,35 \text{ m.}$$

Spesifikasi =

Nama : Tangki Air lunak

Kapasitas : 323.240,43 liter/jam

Volume tangki : 258,04 m³

Diameter Tangki : 6,269 m

Tinggi Tangki : 8,369 m

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

9. BOILER

Fungsi : Membuat steam sebanyak 844,91 Kg/jam

Alat : Water Tube Boiler

Laju alir air masuk :

Efesiensi penguapan diambil 60% (kem)

$$\text{Air yang diperlukan} = \frac{844,91 \text{ Kg/jam}}{0,6}$$

$$= 1408,18 \text{ Kg/jam}$$

$$= 3105,04 \text{ Kg/jam}$$

Steam yang dihasilkan Boiler :

$$\text{Dik : } T = 284^{\circ} \text{ F}$$

$$H_{fg} = 945,41 \text{ Btu/lb}$$

$$- \text{Entelpi uap jenuh (Hg)} = 1164 \text{ Btu/lb}$$

$$- \text{Entapi liquid jenuh (HL)} = 218,59 \text{ Btu/lb}$$

- Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil dengan

$$\text{Heating Valve} = 19200 \text{ Btu/lb}$$

Kebutuhan panas Boiler :

$$= (3105,04 \cdot \text{lb/jam}) (1164 - 218,59) \text{ Btu/lb}$$

$$= 2935539,64 \text{ Btu/jam}$$

Keperluan bahan bakar :

$$= 2935539,64 \text{ Btu/jam}$$

$$= 19200 \text{ Btu/lb}$$

$$= 152,893 \text{ lb/jam}$$

$$= 69,339 \text{ Kg/jam}$$

Density Fuel oil = 0,86 Kg/liter

Volume yang diperlukan :

$$= \frac{69,339 \text{ Kg/jam}}{0,86 \text{ Kg/liter}}$$

$$= 80,62 \text{ liter / jam}$$

$$= 1935,04 \text{ liter / hari}$$

$$= 1935,04 \text{ liter / hari}$$

Spesifikasi =

Nama : Boiler

Kapasitas : 844,91 Kg/jam

Bahan Bakar : Fuel Oil

Temperatur operasi : 120° C

Efisiensi Boiler : 60 %

Type : Water type Boiler

Jumlah : 1 unit

10. TANGKI BAHAN BAKAR

Fungsi : Menyimpan FO untuk bahan bakar Boiler selama 1 minggu

Operasi

$$\text{Laju air masuk} = 1935,04 \text{ liter/hari} \times 7 \text{ hari}$$

$$= 13545,336 \text{ liter}$$

Type : Tangki tegak dengan $H = 4/3 D$

Tangki terisi 90% maka ;

$$\text{Volume Tangki} = \frac{13545,336 \text{ liter}}{0,9}$$

$$= 15050,37 \text{ liter}$$

$$= 15,05 \text{ m}^3$$

Maka diameter Tangki :

$$\text{Volume Tangki} = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$15,05 = \pi/4 \cdot D^2 \cdot (4/3H)$$

$$D = (14,372)^{1/3}$$

$$= 2,43 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = 4/3 D$$

$$H = 4/3 (2,43 \text{ m})$$

$$= 3,241 \text{ m.}$$

Spesifikasi =

Nama : Tangki Bahan Bakar

Kapasitas : 13545,33 liter/jam

Volume Tangki : 15,05 m³

Tinggi Tangki : 3,241 m

Diameter Tangki : 2,431 m

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

11. TANGKI PENAMPUNGAN KONDENSAT

Fungsi : Menampung air kondensat yang keluar pemanas

Laju air kondensat masuk tangki :

$$= 168,982 \text{ liter / jam}$$

Waktu tinggal 1 jam maka :

$$\text{Volume air} = 168,982 \text{ liter / jam} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 0,168982 \text{ m}^3$$

Ditetapkan $H = 4/3 D$

Tangki terisi 90 % maka :

$$\text{Volume tangki} = 0,168982 \text{ m}^3$$

$$\frac{\quad}{0,9}$$

$$= 0,188 \text{ m}^3$$

Diameter tangki :

$$\text{Volume tangki} = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$0,188 \text{ m}^3 = \pi/4 \cdot D \cdot (4/3 \cdot D)$$

$$D = (0,1795)^{1/3}$$

$$= (0,1795)^{1/3}$$

$$= 0,56 \text{ m}$$

Tinggi tangki $H = 4/3 D$

$$H = 4/3 (0,56 \text{ m})$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

Spesifikasi =

Nama : Tangki penampung kondensat

Kapasitas : 168,98 liter/jam

Volume Tangki : 0,18 m³

Diameter Tangki : 0,56 m

Tinggi Tangki : 0,75 m

Bahan : Carbon Steel

Jumlah : 1 unit

12. COOLING TOWER

Fungsi : Untuk mendinginkan air bekas, agar bisa digunakan kembali

$$\text{Laju air masuk} = \frac{229 \cdot 184,33 \text{ liter}}{(3,785 \text{ liter/gallon})(60 \text{ menit / jam})}$$

$$= 1009,07 \text{ gallon /menit}$$

Suhu air masuk menara = 60 ° C

Suhu air keluar menara = 30 ° C

Dari Perry fig 12.14 nal 12 – 15 diperoleh :

$$\text{Laju air / satuan luas} = 1,3 \text{ gpm/ft}^2$$

Maka :

Luas Areal pendingin (Tower)

$$= 1009,07 \text{ gpm}$$

$$1,3 \text{ gpm} / \text{ft}^2$$

$$= 776,20 \text{ ft}^2$$

Dari fig 12 – 15 hal 12 –16 Perry's Edisi ke-6 untuk Theoretical fan House

Power 100% standart performance dengan Tuning point diperoleh 0,04

Hp/ft² luas tower

Maka Power fan yaitu :

$$= 776,20 \text{ ft}^2 (0,04 \text{ Hp/ft}^2)$$

$$= 31,05 \text{ Hp.}$$

Spesifikasi =

Nama : Cooling Tower

Kapasitas : 1009,07 gallon / menit

Power Fun : 31,05 Hp

Bahan : Carbon Steel

Jumlah : 1 Unit

13. TANGKI PENAMPUNGAN AIR PANAS

Fungsi : Untuk menampung air panas dari Cooler –1 dan Cooler-2

Laju alir air masuk = 229.184,33 liter/jam

Waktu tinggal 1 jam maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air} &= 229.184,33 \text{ liter/jam} \times 1 \text{ jam} \\
 &= 229.184,33 \text{ liter} \\
 &= 229.18433 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tangki terisi 90% maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{229.18433 \text{ m}^3}{0,9} \\
 &= 254,648 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Ditetapkan } H = \frac{4}{3} D$$

$$\text{Volume Tangki} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$$

$$254,648 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (\frac{4}{3} \cdot D)$$

$$D = (243,17)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 6,24 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki } H = \frac{4}{3} D$$

$$H = \frac{4}{3} (6,24 \text{ m})$$

$$= 8,32 \text{ m.}$$

Spesifikasi =

Nama : Tangki Penampung Air panas

Kapasitas : 229.184,33 liter/jam

Volume Tangki : 254,64 m³

Tinggi Tangki : 8,32 m

Diameter Tangki : 6,24 m
 Bahan : Carbon steel
 Jumlah : 1 unit.

14. POMPA – 01

Tugas : Memompa air sungai ketangki penyimpanan (Tp –01)
 Type : Pompa centrifugal
 Bahan konstruksi : carbon steel.

Kecepatan volumetrik (qf) = 261.151,47 liter/jam
 = 4352,52 liter/menit
 = 1149,94 gpm
 = 153,64 ft³/menit

$$\rho = 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 1 \text{ cp} = 0,000672 \text{ lb/ft dt}$$

$$V_1 = 0 \text{ (dianggap permukaan konstan)}$$

$$Z = 6 \text{ m} = 19,68 \text{ ft}$$

Dianggap aliran turbulen :

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 (qf)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (2,561)^{0,45} (62,4)^{0,13} \\ &= 10,01 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 11 kern diperoleh :

Diameter nominal pipa 10 In sch 40 dari tabel 11 kern hal. 844 diperoleh :

$$ID = 10,02 \text{ In} = 0,8351 \text{ ft}$$

$$OD = 10,75 \text{ In} = 0,8959 \text{ ft}$$

$$A_i = 78,80 \text{ In}^2 = 0,5472 \text{ ft}^2$$

Asumsi aliran turbulen

Bilangan Reynold dan NRe :

$$Nre = \frac{\rho \cdot V \cdot ID}{\mu}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier (v)} &= \frac{qf}{A_i} \\ &= \frac{2,561 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,5472 \text{ ft}^2} \\ &= 4,68 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{(62,4 \text{ lb/ft}^3)(4,68 \text{ ft/dt})(0,8351 \text{ ft})}{0,000672 \text{ lb/ft dt}} \\ &= 1698229,56 \end{aligned}$$

jadi $Nre > 2100$ maka asumsi benar

Dipilih pipa terbuat dari commercial steel

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ (Alan foust App c - 1)}$$

$$\varepsilon/D = 0,00018$$

$$f = 0,025 \text{ (Alan Foust App c - 3)}$$

direncanakan :

panjang pipa lurus = 300 m = 984,25 ft

Tinggi pemompaan At = 24,606 ft

3 elbow 90°

2 Gate valve

- Untuk elbow 90°

$$Le/D = 30 \text{ (A. foust App C -20)}$$

$$Le = 30 (0,8351 \text{ ft})(3)$$

$$= 76,779 \text{ ft}$$

- Untuk gate valve

$$Le/D = 13(0,8531 \text{ ft})(12)$$

$$Le = 22,18 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang total} = 984,25 + 76,79 + 22,18$$

$$= 1083,23$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gerakan dalam pipa 10 in sch 40

$$\begin{aligned} \epsilon f &= \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 g_c \cdot D} \\ &= \frac{(0,025)(1362,19)(4,68)^2}{2 (0,8351)(32,17)} \end{aligned}$$

$$\Delta f = 13,88 \text{ lbf ft/lbm}$$

2. Friksi karena konstruksi

Tidak ada konstruksi karena liquid ini langsung dari sungai, maka

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P}{\rho} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2gc} = -W_s$$

dimana :

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\frac{\Delta Z}{gc} = 19,68 \left(\frac{32,2}{32,174} \right) \text{ Ft}$$

$$= 19,68 \text{ lbf ft/lbm Ft}$$

diameter pipa sama ; kecepatan sama

$$- W_s = 19,68 + 13,88$$

$$= 33,56 \text{ lbf . ft /lbm}$$

Untuk efisiensi pompa, $q_f = 1149,94 \text{ gpm}$

Pada fig 14 – 37 peter, efisiensi pompa = 80 %

Power pompa :

$$\text{BHP} = \frac{-W_s \cdot Q_f \cdot \rho}{n \cdot 550}$$

$$= \frac{(33,56)(2,56)(62,4)}{(0,8)(550)}$$

$$= 12,19 \text{ Hp}$$

Pada fig 14 –38 Peter. Efisiensi motor = 86%

$$P = \frac{12,19 \text{ Hp}}{0,86}$$

$$= 14,18 \text{ Hp}$$

$$= 14,5 \text{ Hp}$$

Spesifikasi pompa :

Power Motor	= 14,5 Hp
kapasitas	= 1149,94 gpm
Jenis pompa	= centrifugal pump
Head pompa	= 19,68 ft
Diameter pipa	= 0,8351 ft
Bahan konstruksi	= carbon steel
Jumlah	= 2 buah

15. GENERATOR.

Tugas : Pembangkit Tenaga listrik pabrik

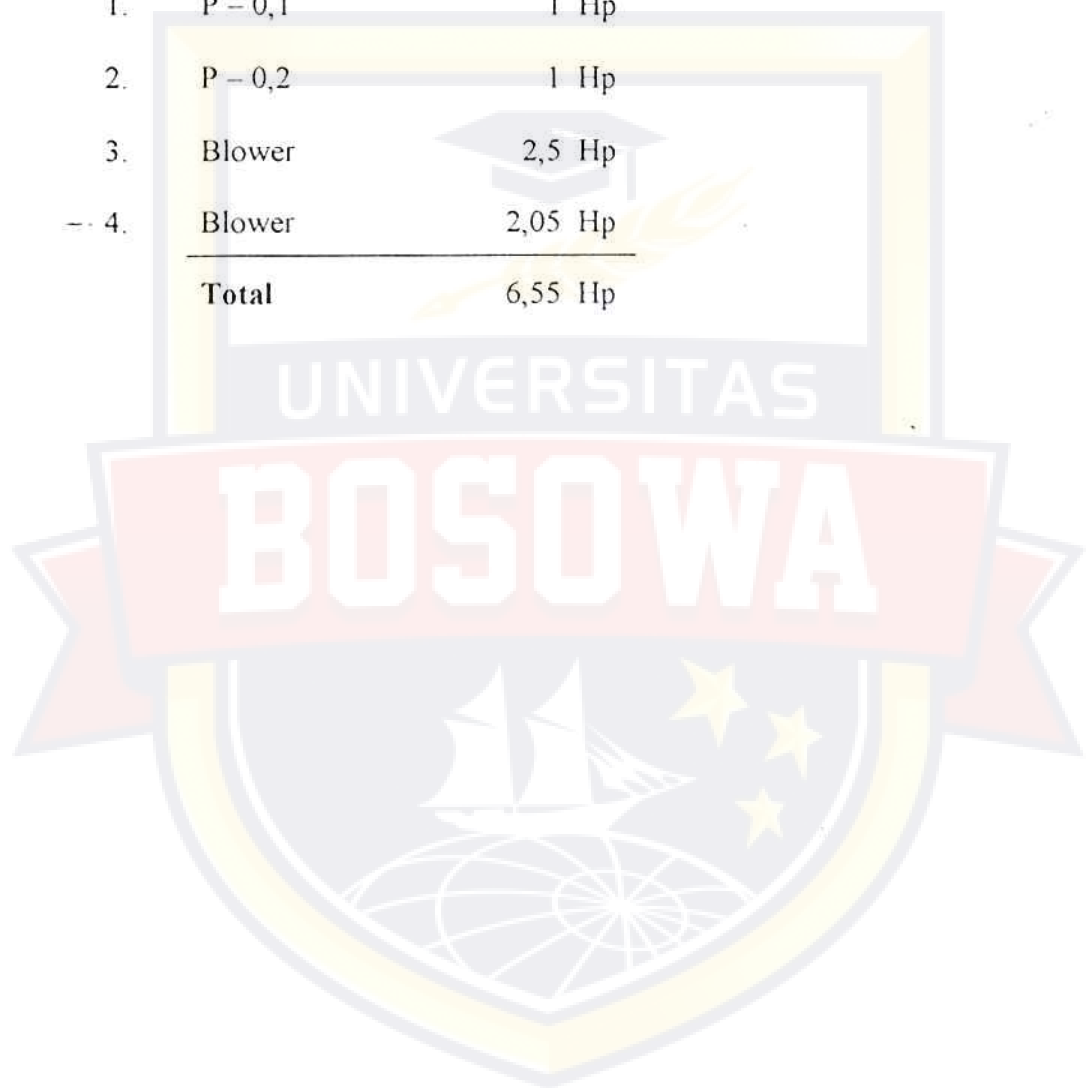
Listrik yang dipakai adalah untuk :

- Alat-alat proses
- Kebutuhan penerangan pabrik, rumah tangga, jalan-jalan, dan taman
- Kebutuhan untuk bengkel, kantor, AC, dan lain-lain

a.) Kebutuhan listrik untuk alat-alat prsoes.

a.1. Untuk proses produksi

1.	P – 0,1	1 Hp
2.	P – 0,2	1 Hp
3.	Blower	2,5 Hp
4.	Blower	2,05 Hp
	<hr/>	
	Total	6,55 Hp



a.2. Untuk unit utilitas

1	P - 01	14,5	Hp
2	P - 02	22	Hp
3	P - 03	16,5	Hp
4	P - 04	10	Hp
5	P - 05	1	Hp
6	P - 06	1	Hp
7	P - 07	21	Hp
8	P - 08	27	Hp
9	P - 09	12,5	Hp
10	P - 10	1	Hp
11	P - 11	1	Hp
12	P - 12	4,5	Hp
13	P - 13	16,5	Hp
14	P - 14	1	Hp
15	P - 15	1	Hp
16	P - 16	31,5	Hp
Total		182	Hp

$$\begin{aligned}
 \text{Total listrik yang dibutuhkan} &= 6,55 \text{ Hp} + 182 \text{ Hp} \\
 &= 188,55 \text{ Hp} \\
 &= 189 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

b.) Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik, rumah tangga, jalan-jalan dan taman adalah 10% dari kebutuhan listrik alat proses :

$$= 10\% \times 189$$

$$= 18,9 \text{ Hp}$$

c.) Kebutuhan listrik untuk bengkel, kantor, poliklinik, Ac, dan lain-lain adalah 10% dari kebutuhan alat proses :

$$= 10\% \times 189$$

$$= 18,9 \text{ Hp}$$

sehingga total listrik yang dibutuhkan adalah :

$$= (189 + 18,9 + 18,9) \text{ Hp}$$

$$= 226,8 \text{ Hp}$$

Faktor keamanan diambil 10%, maka total listrik yang diperlukan :

$$= 1,1 \times 226,8 \text{ Hp}$$

$$= 249,48 \times 0,7457 \text{ kw/Hp}$$

$$= 186,04 \text{ kw}$$

Efisiensi Distribusi dan Transmisi 80 % maka tenaga yang dibangkitkan adalah

$$= 80\%$$

$$= \frac{186,04 \text{ kw}}{0,80}$$

$$= 232,55 \text{ kw}$$

$$= 232,55 \text{ kw}$$

Jadi kekuatan minimum generator = 232,55 kw

d.) Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan yaitu solar dengan :

Heating Valve – 19200 Btu/lb (Perry's edisi 3 hal 16 – 39).

Kapasitas tenaga listrik yang digunakan = 232,55 kw

$$= \frac{232550 \text{ watt}}{0,29307 \text{ watt/Btu/jam}}$$

$$= 793496,43 \text{ Btu/jam}$$

Maka kebutuhan Bahan Bakar :

$$= \frac{793496,43 \text{ Btu/jam}}{19200 \text{ Btu/lb}}$$

$$= 41,33 \text{ lb/jam}$$

$$= 18,75 \text{ Kg/jam}$$

$$= 19 \text{ Kg/jam}$$

Spesifikasi :

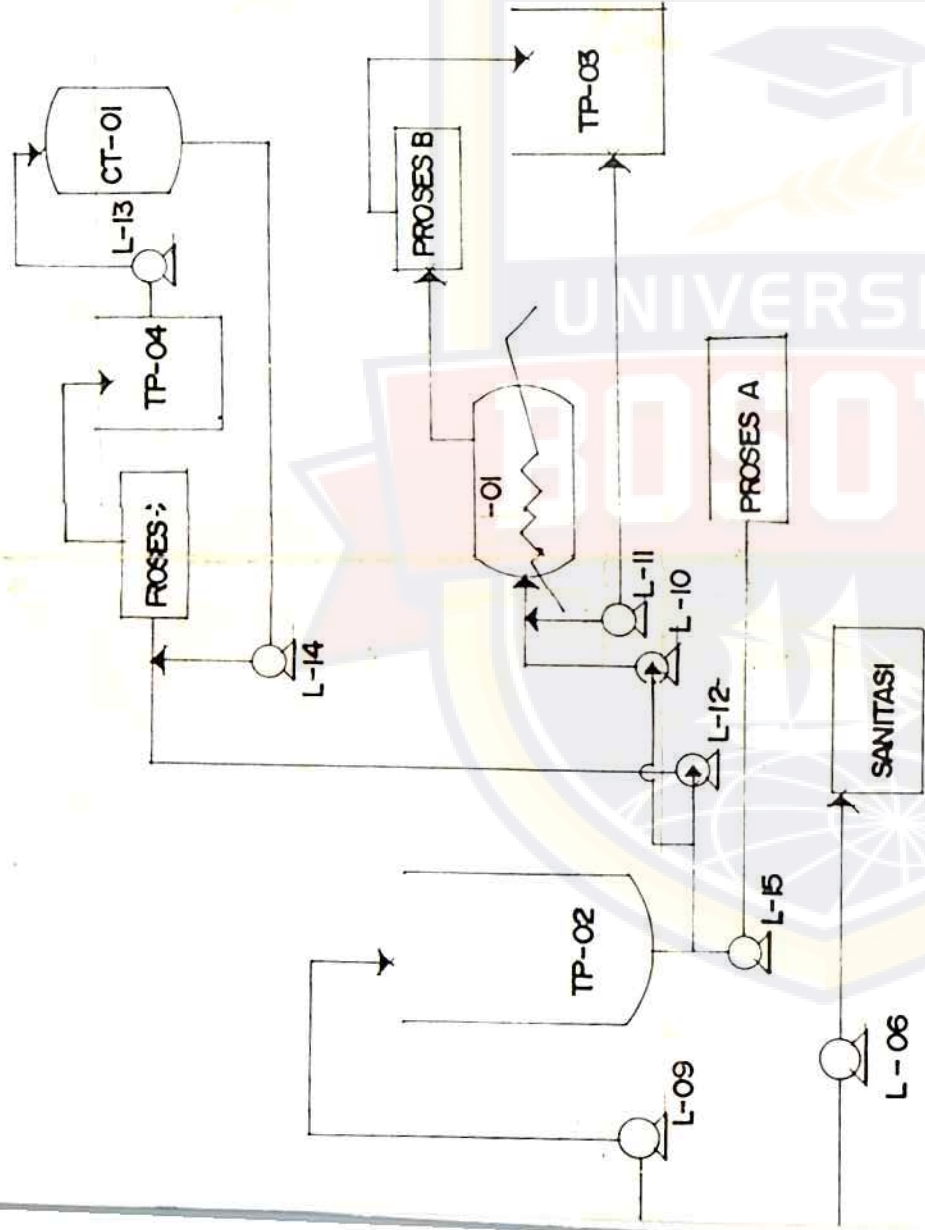
Nama : Generator
 Kapasitas : 232,55 kw
 Phase : 3
 Tegangan : 50 Hz
 Type : Alternating current (Ac)
 Bahan Bakar : Fuel oil
 Jumlah : 2 Unit

POMPA UTILITAS

No.	K O D E	LU-02	LU-03	LU-04	LU-05	LU-06	LU-07	LU-08	LU-09
1	Laju alir volumetrik, cuft / det.	2,4598	2,4598	2,4598	0,0508	0,0508	2,2837	2,2837	2,2837
2	Temperatur, C	30	30	30	30	30	30	30	30
3	Densitas, lb/cuft	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000
4	Viskositas, lb / ft.det.	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067
5	Jenis aliran	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen
6	Diameter nominal pipa, inchi	10,01	10,01	10,01	1,75	1,75	9,68	9,68	9,68
7	Diambil diameter, inchi	10	10	10	2	2	10	10	10
8	Diameter dalam pipa, ft	0,835	0,835	0,835	0,134	0,134	0,835	0,835	0,835
9	Luas penampang pipa, ft ²	0,547	0,547	0,547	0,014	0,014	0,547	0,547	0,547
10	Kecapatan linier, ft/dt	4,495	4,495	4,495	3,589	3,589	4,173	4,173	4,173
11	Faktor kekasaran pipa, (f/D)	0,0022	0,0022	0,0022	0,0134	0,0134	0,0022	0,0022	0,0022
12	Bilangan Reynold	348531	348531	348531	44708	44708	323576	323576	323576
13	Faktor friksi (f)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
14	Tinggi pemompaan, meter	16,000	11,500	7,000	2,500	2,000	16,500	21,500	9,500
15	Panjang pipa, meter	15,000	15,000	15,000	50,000	15,000	15,000	15,000	15,000
16	Jumlah belokan	3	3	3	3	3	3	3	3
17	Jumlah valve	2	2	2	2	2	2	2	2
18	(Le/D)tot	96,860	96,860	96,860	15,563	15,563	96,860	96,860	96,860
19	Panjang total, ft	146,073	146,073	146,073	179,605	64,776	146,073	146,073	146,073
20	F, lbf.ft/lbm	1,373	1,373	1,373	6,698	2,416	1,184	1,184	1,184
21	Z, g/gc, lbf.ft/lbm	52,493	37,730	22,966	8,202	6,562	54,134	70,538	31,168
22	-wf, lbf.ft/lbm	53,867	39,103	24,339	14,900	8,977	55,318	71,722	32,352
23	Power pompa, HP	18,791	13,641	8,491	0,115	0,069	17,916	23,229	10,478
24	Power motor, HP	21,850	16,048	9,989	0,143	0,086	20,593	26,699	12,043
25	Power aktual motor, HP	22	16,5	10	1	1	21	27	12,5

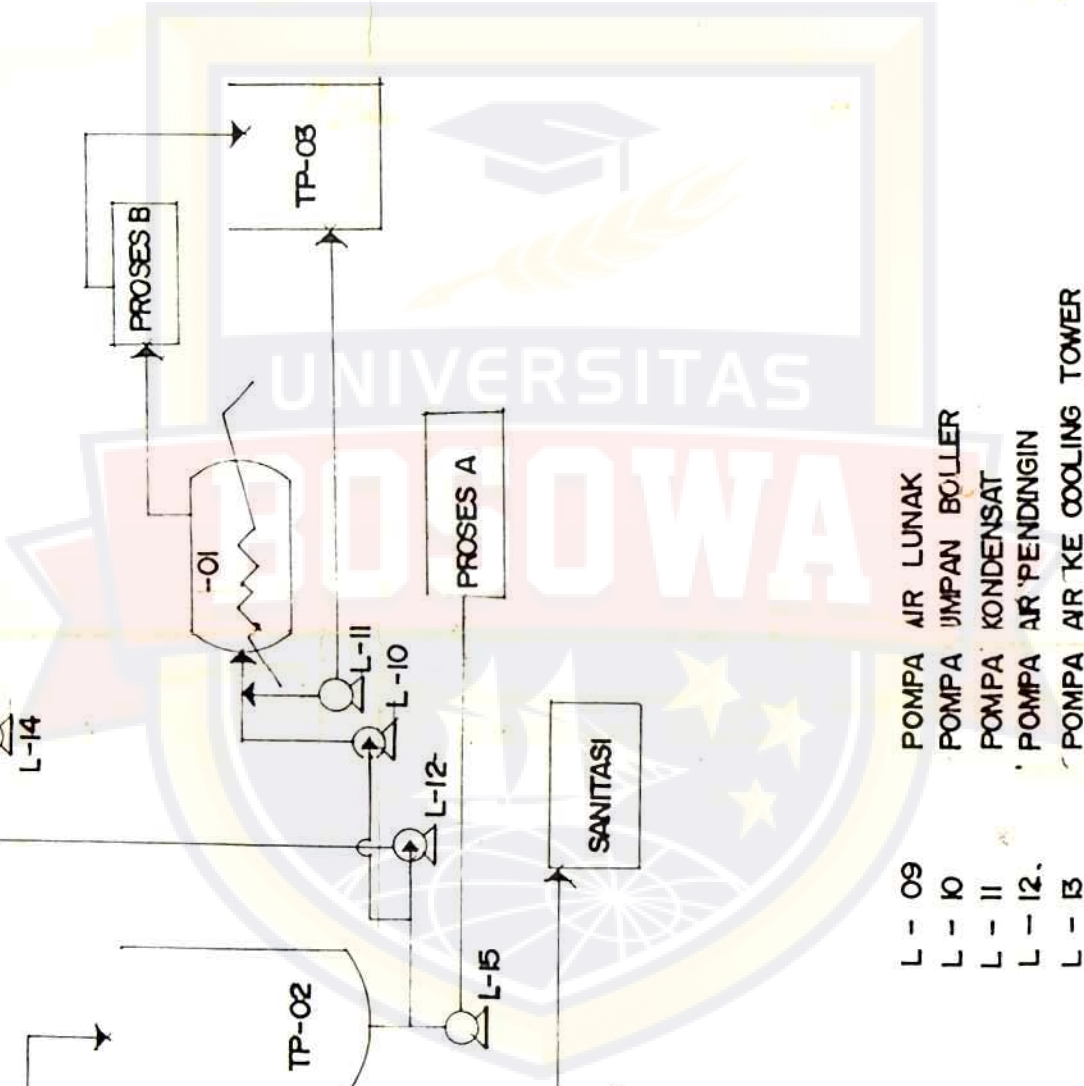
LU-10	LU-11	LU-12	LU-13	LU-14	LU-15
0,0083	0,0017	2,2536	2,2536	0,2254	0,0217
30	30	30	30	30	30
62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000	62,4000
0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067	0,00067
Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen
0,77	0,37	9,62	9,62	3,41	1,19
1	3/4	10	10	4	1 1/4
0,087	0,069	0,835	0,835	0,335	0,115
0,006	0,004	0,547	0,547	0,088	0,010
1,385	0,448	4,118	4,118	2,555	2,087
0,0206	0,0262	0,0022	0,0022	0,0054	0,0157
11240	2857	319318	319318	79607	22290
0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
3,000	3,000	3,000	13,000	3,000	12,000
15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	20,000
3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2
10,140	7,965	96,860	96,860	38,918	13,340
59,353	57,178	146,073	146,073	88,131	78,957
0,506	0,065	1,153	1,153	0,666	1,162
9,843	9,843	9,843	42,651	9,843	39,370
10,348	9,907	10,995	43,804	10,509	40,532
0,012	0,002	3,514	14,000	0,336	0,125
0,014	0,003	4,039	16,092	0,386	0,144
1	1	4,5	16,5	1	1

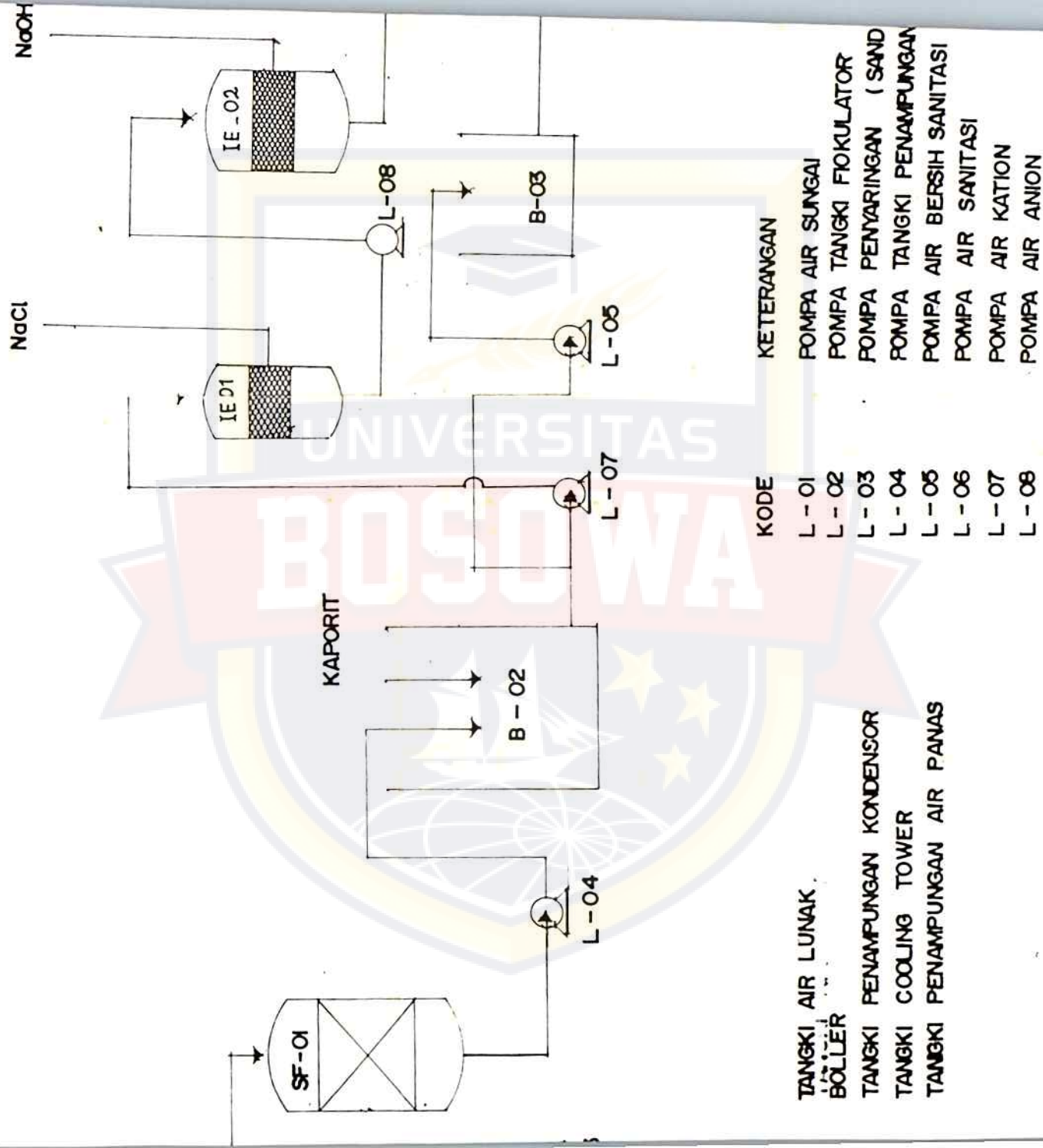
KODE	KETERANGAN
LU - 02	Pompa Tangki Flokulator
LU - 03	Pompa Sand Filter
LU - 04	Pompa T.Penamampung Air Bersih
LU - 05	Pompa Air Tangki Sanitasi
LU - 06	Pompa Air Sanitasi
LU - 07	Pompa Air Katlon
LU - 08	Pompa Air Anion
LU - 09	Pompa Air Lunak
LU - 10	Pompa Umpan Boiler
LU - 11	Pompa Kondensat
LU - 12	Pompa Air Pendingin
LU - 13	Pompa Air Ke Cooling Tower
LU - 14	Pompa Air Dari Cooling Tower
LU - 15	Pompa Air Proses



- L - 09
 - L - 10
 - L - 11
 - L - 12.
 - L - 13
 - L - 14
 - L - 15
- POMPA AIR LUNAK
 - POMPA UMPAN BOLLER
 - POMPA KONDENSAT
 - POMPA AIR 'PENDINGIN
 - POMPA AIR KE COOLING TOWER
 - POMPA AIR DARI COOLING TOWER
 - POMPA AIR PROSES

FLITER)
 AIR BERSIH





TANGKI AIR LUNAK
BOLLER

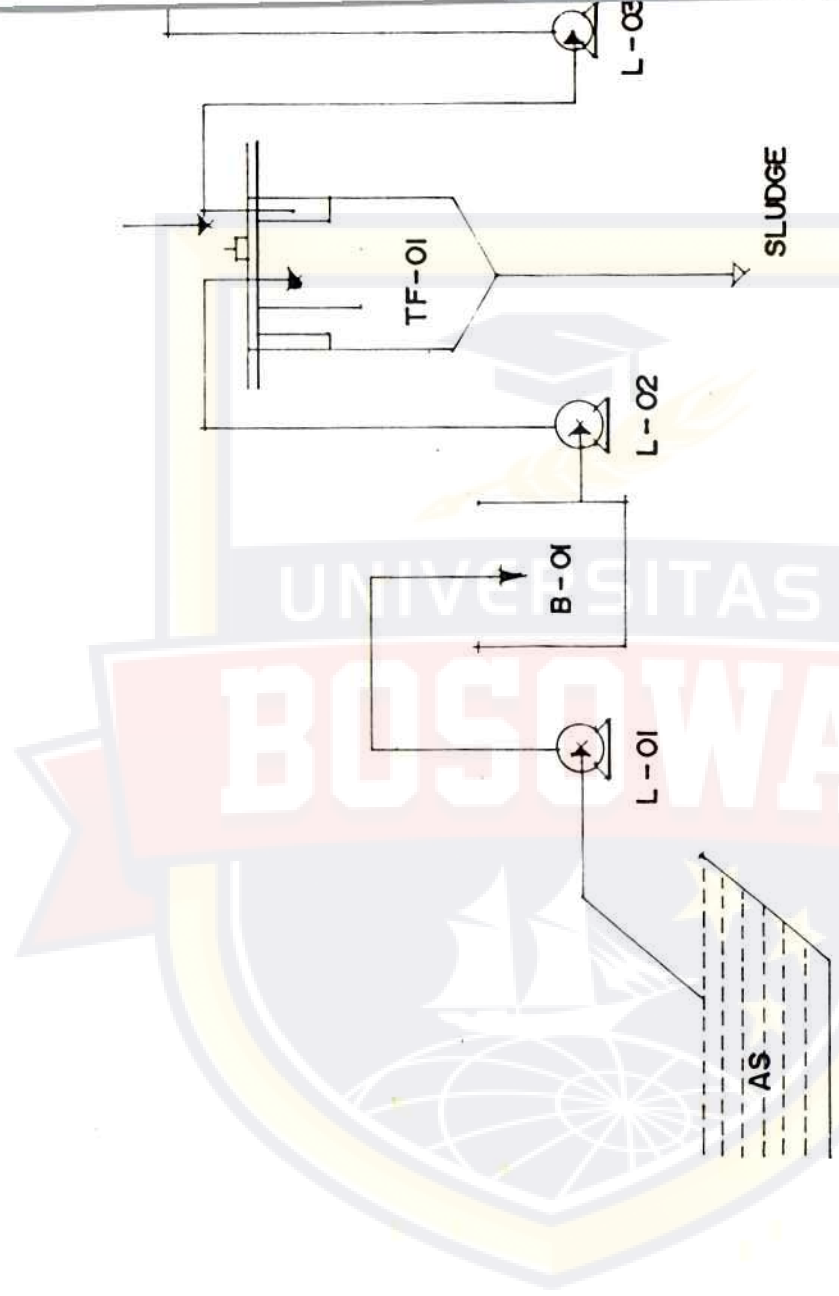
TANGKI PENAMPUNGAN KONDENSOR
TANGKI COOLING TOWER
TANGKI PENAMPUNGAN AIR PANAS

KODE

L - 01
L - 02
L - 03
L - 04
L - 05
L - 06
L - 07
L - 08

KETERANGAN

POMPA AIR SUNGAI
POMPA TANGKI FOKULATOR
POMPA PENYARINGAN (SAND
POMPA TANGKI PENAMPUNGAN
POMPA AIR BERSIH SANITASI
POMPA AIR SANITASI
POMPA AIR KATION
POMPA AIR ANION



KODE	KETERANGAN
AS	AIR SUNGAI
B - 01	BAK PENAMPUNGAN AIR SUNGAI
TF-01	TANGKI FLOKULATOR
SF-01	TANGKI PENYARINGAN (SEND FILTER)
B - 02	BAK PENAMPUNGAN AIR BERSIH
IE-01	TANGKI KATION EXCHANGEN
IE-01	TANGKI ANION EXCHANGEN
B - 03	BAK PENAMPUNGAN AIR SANITASI

TP-02
TF-01
B - 01
TP-03
CT-01
TP-04



LAMPIRAN E

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

UNIVERSITAS

BOSOWA

L A M P I R A N E
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Pabrik formaldehid direncanakan dibangun pada tahun 2000 dengan analisa ekonomi sebagai berikut ;

1. Perkiraan harga alat

Perkiraan harga alat berdasarkan harga pada tahun 1990, berdasarkan pefers and timerhaus dapat ditentukan indeks harga marshall and swift dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Harga alat sekarang} = \text{Harga alat (1990)} \times \frac{\text{Indeks harga 2000}}{\text{Indeks harga 1990}}$$

Tabel E – I : Daftar Indeks Harga

Tahun (X)	Indeks (Y)	X ²	Y ²	XY
1990	915,1	3960100	837408,01	1821049
1991	930,6	3964081	866016,36	1852824,6
1992	943,1	3968064	889437,61	1878655,6
1993	964,2	3972049	930067,36	1922049,2
1994	993,4	3976036	986843,56	1980839,6
1995	1027,5	3980025	1055756,25	204962,5
Total=11955	5774,1	23820355	5565529,16	11505280,1

$$\bar{x} = \frac{11955}{6} = 1992,5$$

$$\Sigma x^2 = 23820355$$

$$\begin{aligned} \Sigma (x - \bar{x})^2 &= \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n} = 23820355 - \frac{(11955)^2}{6} \\ &= 17,5 \end{aligned}$$

$$\Sigma y = 5774,1$$

$$\begin{aligned}
 \bar{y} &= \frac{952,35}{6} = 158,725 \\
 \Sigma y^2 &= 5565529,16 \\
 \Sigma(\bar{y} - y) &= \Sigma y^2 - \frac{\Sigma y^2}{n} = 5565529,16 - \frac{5774,1}{6} = 8824,02 \\
 \Sigma xy &= 11505280,1 \\
 \Sigma(\bar{x} - x) \cdot \Sigma(\bar{y} - y) &= \Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n} = 11505280,1 - \frac{11955 \times 5774,1}{6} = 386,85 \\
 Y &= a + B(x - \bar{x}) \\
 A = \bar{y} &= 962,35 \\
 b &= \frac{\Sigma(x - \bar{x}) \cdot \Sigma(y - \bar{y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2} = \frac{386,85}{17,5} = 22,04 \\
 y &= 962,35 + 22,04(x - 1992,5) = 1127,63
 \end{aligned}$$

A. Harga Alat Untuk Unit Proses

Tabel E - 2. Daftar harga alat proses tahun 1990

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga Per Unit (\$)	Total (\$)
1.	F - 110	Tangki Metanol	2	397015	1191045
2.	L - 111	Pompa Metanol	2	220	440
3.	V - 112	Vaporizer	1	12300	12300
4.	G - 113	Blower	1	38900	38900
5.	E - 114	Preheater	1	58067	58067
6.	E - 115	Superheater	1	33900	33900
7.	R - 116	Reaktor	1	2857779	2857779
8.	E - 117	Pendingin	1	25000	25000
9.	G - 118	Blower	1	38900	38900
10.	D - 119	Absorber	1	987000	987000
11.	L - 120	Pompa Formaldehid	2	450	900
12.	E - 121	Pendingin	1	7500	7500
13.	F - 122	Tangki Formaldehid	2	150450	300800
14.	Q - 123	Furnace	1	24464	24464
Total					5583095

Tabel E - 3 Daftar Harga Peralatan Utilitas Tahun 1990

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga per Unit (\$)	Taotal (\$)
1.	PU-1	Pompa	2	1365	2730
2.	PU-2	Pompa	2	1365	2730
3.	PU-3	Pompa	2	1356	2730
4.	PU-4	Pompa	2	1250	2500
5.	PU-5	Pompa	2	1250	2500
6.	PU-6	Pompa	2	1250	2500
7.	PU-7	Pompa	2	1250	2500
8.	PU-8	Pompa	2	1300	2600
9.	PU-19	Pompa	2	1300	2600
10.	PU-10	Pompa	2	1300	2600
11.	PU-11	Pompa	2	1300	2600
12.	PU-12	Pompa	2	1225	2450
13.	PU-13	Pompa	2	1225	2450
14.	PU-14	Pompa	2	1225	2450
15.	PU-15	Pompa	2	1225	2450
16.	BP-1	Bak Air Sungai	2	12658	12658
17.	TF-1	Tangki Flokulator	1	13248	13248
18.	TPS-1	Tangki Penyarang Pasir	1	12843	12843
19.	TP-2	Tangki Air Bersih	1	5187	5187
20.	TK-3	Tangki Kation	1	5594	5594
21.	TK-4	Tangki Anion	1	4812	4812
22.	BP-2	Bak Air Sanitasi	1	2843	2812
23.	TP-3	Tangki Air Murni	1	1474	1474
24.	TP-4	Tangki BBM	1	1450	1450
25.	TP-4	Tangki Kondensat	1	1450	145
26.	CT	Cooling Tower	1	44094	44095
27.	B	Boiler	1	78161	78161
28.	G	Generator	1	68490	68490
T o t a l					290694

$$\text{Harga alat tahun 2000} = \text{Harga alat tahun 1990} \times \frac{\text{Indeks harga 2000}}{\text{Indeks harga 1990}}$$

= \$ 5873789

Harga alat-alat proses di negara pembuat (PEC) adalah = US \$ 5873789
Kurs US 1 \$ = 8.000

Total harga peralatan = Rp 46.990.312.000

2. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

a. Modal Tetap

1. Harga peralatan	= Rp	46.990.312.000
2. Instrumentasi & kontrol 18% (1)	= Rp	8.458.256.160
3. Listrik terpasang 10% (1)	= Rp	4.699.031.200
4. Isolasi 1% (1)	= Rp	60.617.502.480
5. Free On Board (FOB)	= Rp	4.699.031.200
6. Ongkos angkutan 10% (1)	= Rp	65.316.533.680
7. Cost On Freight (COF)	= Rp	65.316.533.680
8. Biaya asuransi 0,5% (7)	= Rp	4.752.157.358
9. Cost Of Insurance & Freight (CIF)	= Rp	69.888.691.038
10. Pemasangan & pengecatan 13% (1)	= Rp	6.108.740.560
11. Perpiaan terpasang 60% (1)	= Rp	28.194.187.200
12. Fasilitas & Workshop 10% (1)	= Rp	4.699.031.200
13. Tanah dan bangunan 6% (1)	= Rp	2.819.418.720
14. Yard Improvement 10% (1)	= Rp	4.699.031.200
15. Biaya langsung	= Rp	116.409.099.918
16. Engineering & Supervisi 5% (5)	= Rp	3.030.875.124
17. Konstruksi 8% (5)	= Rp	4.849.400.198
18. Total biaya L & TL	= Rp	124.289.375.240
19. Biaya tak terduga 5% (17)	= Rp	242.470.010
Modal Tetap (FCI)	= Rp	124.531.845.250

b. Modal Kerja (WCI)

1. Modal penyimpanan bahan baku selama 1 bulan

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{persediaan bahan baku}$$

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{Rp } 117.725.147,496$$

$$= \text{Rp } 11772514749,6$$

2. Modal penyimpanan produk selama 1 bulan

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{persediaan produk}$$

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{Rp } 300.917.433,600$$

$$= \text{Rp } 30.091.743,360$$

3. Modal gaji karyawan 1 bulan

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{gaji karyawan}$$

$$= \text{Rp } 30/330 \times \text{Rp } 116.340.000$$

$$= \text{Rp } 116.340.000$$

4. Pajak pendapatan 10% (3)

$$= \text{Rp } 11.634.000$$

$$\text{Total Modal Kerja (WCI)} = \text{Rp } 41.992.232.110$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$= \text{Rp } 124.531.845.250 + 41.992.232.110$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 166.524.077.360$$



UNIVERSITAS
BINA SWA

III. BIAYA PRODUKSI (MANUFACTURING COST)

1. Direct Manufacturing Cost (DMC)

a. Bahan baku dan bahan pembantu

Bahan Baku :

1. Metanol

Kebutuhan = 3138,333 kg/jam

Harga (Rp) = 5210 / kg

Biaya dalam 1 tahun = Rp 117.725.147.496

2. Katalis

Kebutuhan = 38967 kg / tahun

Harga (Rp) = 25000 / kg

Biaya dalam 1 tahun = Rp. 974.175.000

Total bahan baku = Rp. 118.699.322.496

b. Produk

Kebutuhan

= 50000000 kg/tahun

Harga (Rp) = 6560 / liter

Total penjualan dalam 1 tahun = Rp. 300.917.433.600

c. Biaya pengemasan

Drum berisi

= 200 liter

Jumlah drum plastik

= 229358 buah

Biaya 1 drum plastik

= Rp. 10.000

Biaya dalam 1 tahun

= Rp. 2.293.578.000

A. Biaya ProduksiLangsung (BPL)

1. Gaji karyawan (1 tahun)

= Rp. 1.163.400.000

2. Bahan baku + katalis (1 tahun)

= Rp. 18.699.322.496

3. Biaya pengemasan

= Rp. 2.293.578.000

4. Biaya utilitas

= Rp. 0,2 TPC

5. Biaya laboratorium 5 % (1)

= Rp. 58.170.000

6. Pemeliharaan 1 % (FCI)	= Rp. 1.245.318.452
7. Operating supplies 10 % (5)	= Rp. 5.817.000
8. Patent & Royalties 1 % TPC	= Rp. 0,01 TPC
Total Biaya Langsung	= Rp. 123.465.605.948 + 0,21 TPC
B. Biaya Produksi Tetap	
1. Depresiasi peralatan 10 % (FCI)	= Rp. 124.53.184.525
2. Depresiasi bangunan 2 % (FCI)	= Rp. 2.490.636.805
3. Pajak kekayaan 0,5 % (FCI)	= Rp. 1.245.318.452
4. Asuransi 2 % (FCI)	= Rp. 3.735.955.357
	Rp. 19925095240
C. Biaya Overhead Pabrik 50% dari (Gaji + Pemeliharaan)	= Rp. 1.204.359.226
Total biaya pembuatan	= A + B + C
	= (123.465.605.948 + 0,21 TPC) + (19.925.045.240) + (1.204.359.226)
MC	= Rp. 144.595.060.415 + 0,21 TPC
D. General Expenses (GE)	
a. Administrasi 4% TPC	= Rp. 0,04 TPC
b. Distribusi dan pemasaran 3% TPC	= Rp. 0,03 TPC
c. Research and development 5% TPC	= Rp. 0,05 TPC
d. Biaya tak terduga 3% TPC	= Rp. 0,03 TPC
Total GE	= Rp. 0,15 TPC
Total Production Cost (TPC)	= Rp. MC + GE
	= (144.595.060.415 + 0,21 TPC) + (0,15 TPC)
	= Rp. 144.595.060.415 + 0,36 TPC
	TPC = Rp. 144.595.060.415
	0,36

= 36,13%

$$\text{ROI} = \frac{44.992.591.021}{124.531.845.250} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit before taxes}}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

b. Sesudah Pajak

= 60,22%

$$= \frac{74.987.651.702}{124.531.845.250} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit before taxes}}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

a. Sebelum pajak

2. Percent Rate of Return On Investment (ROI)

$$\text{TCI} = \text{Rp } 166.524.077.360$$

$$\text{FCI} = \text{Rp } 124.531.845.250$$

$$= \text{Rp } 44.992.591.021$$

$$= \text{Rp } 29.995.060.681$$

$$= \text{Rp } 74.987.651.702$$

$$= \text{Rp } 225.929.781.898$$

$$= \text{Rp } 300.917.433.600$$

Labas setelah pajak

Pajak penjualan (40%)

Labas sebelum pajak

Total production cost

1. Annual sales

ANALISA EKONOMI

$$= \text{Rp } 225.929.781.898$$

3. Pay Out Time (POT)

a. Sebelum pajak

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{Total Capital Investment}}{\text{Profit b. Taxes + Depre.}} \\
 &= \frac{166524077360}{74987651702 + 12453184525} \\
 &= 1,90 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

b. Sesudah pajak

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{Total Capital Investment}}{\text{Profit a. taxes + Depre.}} \\
 &= \frac{166524077360}{44992591021 + 12453184525} \\
 &= 2,90 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

4. Break Even Point (BEP)

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{Fa} + 0,3 (\text{Ra})}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 (\text{Ra})} \\
 &= \frac{19925095240 + 11269959589}{300917433600 - 168438154695 - 2629657237} \times 100\% \\
 &= 29,38\%
 \end{aligned}$$

Dimana :

- Fa = Fixed expense pertahun pada kecepatan maksimum
 Va = Variabel expense pertahun pada kapasitas maksimum
 Ra = Regulated expense pertahun pada kapasitas maksimum
 Sa = Nilai penjualan pertahun pada kapasitas maksimum

$$0,3 Ra = 11269959589$$

$$\text{Fixed Cost (Fa)} = \text{Rp. } 19925095240$$

Variabel Cost (Va)

- Bahan baku = Rp. 118699322496
- Shipping & transportation = Rp. 2293578000
- Utilitas = Rp. 45185956380
- Patent & Royalties = Rp. 2259297819

$$\text{Total} = \text{Rp. } 168438154695$$

$$\text{Sales price (Sa)} = \text{Rp. } 200917433600$$

Regulated Cost (Ra)

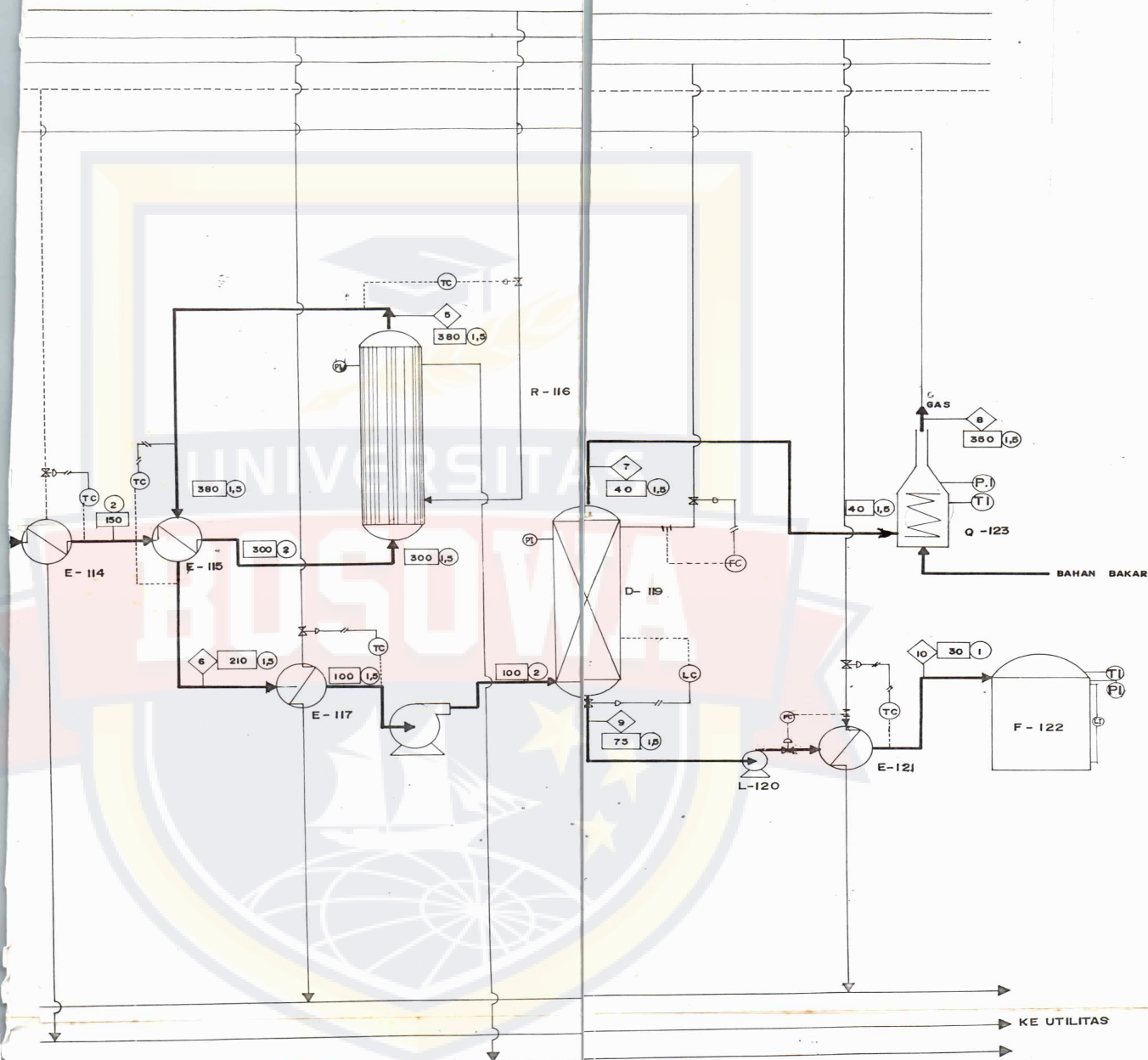
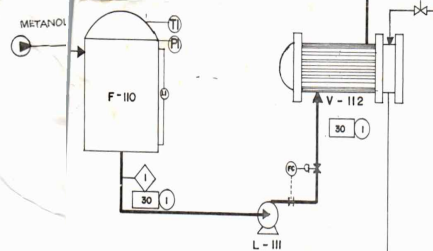
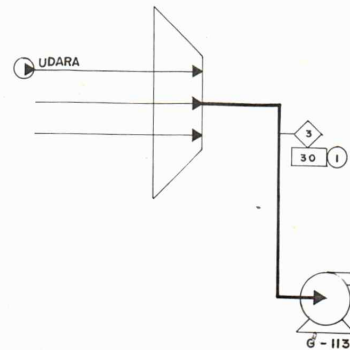
- Upah buruh = Rp. 1163400000
- Plant overhead = Rp. 1204359226
- Laboratorium = Rp. 58170000
- General expense = Rp. 33889467285
- Plant Supplies = Rp. 5817000

$$\text{Total} = \text{Rp. } 37566531963$$

FLWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK FORMALIN DENGAN KATALIS METALOKSIDA

DEHIDRASI DARI METANOL DAN UDARA

- DOWTHERM A
- AIR PENDINGIN
- AIR PROSES
- STEAM



- AIR PANAS
- KONDENSAT
- DOWTHERM A

No	KOMPONEN	STREAM				
		2	3	4	5	6
1	CH ₃ OH	2795,94	-	2795,94	167,10	167,10
2	H ₂ O	57,06	-	57,06	1590,71	1590,71
3	O ₂	-	1679,85	1679,85	281,31	281,31
4	N ₂	-	5519,90	5519,90	5519,90	5519,90
5	CH ₂ O	-	-	-	2336,43	2336,43
6	CO	-	-	-	49,07	49,07
7	CO ₂	-	-	-	77,05	77,05
	TOTAL	2933,00	7199,75	10082,72	10082,72	10082,72

8	9	10
-	167,76	167,76
15,41	3809,90	3809,90
226,24	-	-
5519,90	-	-
-	2336,75	2336,75
-	-	-
180,86	-	-
6313,41	6313,41	6313,41

14	Q-123	FURNACE
13	F-122	TANGKI FORMAL DEHID
12	E-121	PENDINGIN FORMAL DEHID
11	L-120	POMPA FORMAL DEHID
10	D-119	ABSORBER
9	G-118	BLOWER
8	E-117	PENDINGIN
7	R-116	REAKTOR
6	E-115	SUPER HEATER
5	E-114	PREHEATER
4	G-113	BLOWER UDARA
3	V-112	VAPORISER
2	L-111	POMPA METANOL
1	F-110	TANGKI METANOL

No	KODE	NAMA ALAT
FLWSHEET		
PRA RENCANA PABRIK FORMALIN		
DARI METANOL DENGAN KATALIS METALOKSIDA		
DIGAMBAR	IRWAN CAHYADI 4898 044 001	
	DAHNIAR ISKANDAR 4898 044 009	
	ANDI ERWATI 4898 044 008	
DIPERIKSA	PROF. DR. Ir. TUDDI NADLI	
	W. YASRI 4898 044 010	
	Irfan H. Abdur	

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS 48
11000