

No :

**PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL
DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Rizky Febri Ibra Habibie

Nama : Nimas Maylani Yuniffah

No. Mhs : 16521023

No. Mhs : 16521066

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI
FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizky Febri Ibra Habibie Nama : Nimas Maylani Yuniffah
No. Mhs : 16521023 No. Mhs : 16521066

Yogyakarta, 01 November 2020

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

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



Rizky Febri Ibra Habibie



Nimas Maylani Yuniffah

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI
FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Rizky Febri Ibra Habibie
No. Mhs : 16521023

Nama : Nimas Maylani Yuniffah
No. Mhs : 16521066

Yogyakarta, 01 November 2020

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.


Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Rizky Febri Ibra Habibie

Nama : Nimas Maylani Yuniffah

No. Mhs : 16521023

No.Mhs : 16521066

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

Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 14 November 2020

Tim Penguji

Ketua Penguji

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

Penguji I

Ir. Tuasikal M. Amin., M.Sn

Penguji II

Zainus Salimin, Prof., Ir.,

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 18.000 TON / TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan bantuan moril dan materil, motivasi,serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penyusun.
3. Bapak Prof. Dr.Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Keluarga yang selalu memberikan dorongan semangat, motivasi, dan kasih sayang yang tak terbatas.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman – teman Teknik Kimia 2016 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.


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

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 01 November 2020



Rizky Febri Ibra Habibie



Nimas Maylani Yusiffah

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	2
1.3. Tinjauan Pustaka	7
1.3.1. Proses Pembuatan Furfuril Alkohol	7
1.3.2. Pemilihan Proses	10
BAB II. PERANCANGAN PRODUK	12
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	12
2.2. Pengendalian Kualitas	12
BAB III. PERANCANGAN PROSES.....	14
3.1 Uraian Proses.....	14
3.2 Spesifikasi Alat Proses	17
3.3. Perencanaan Produksi.....	22
3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku.....	22
3.3.2. Analisa Kebutuhan Peralatan Proses	22

BAB IV. PERANCANGAN PABRIK	23
4.1. Lokasi Pabrik.....	23
4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	25
4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	26
4.2. Tata Letak Pabrik	27
4.3. Tata Letak Alat Proses	31
4.3.1. Aliran bahan baku dan produk	31
4.3.2. Aliran udara	31
4.3.3. Pencahayaan	31
4.3.4. Lalu lintas manusia.....	31
4.3.5. Tata letak alat proses	32
4.3.6. Jarak antar alat proses.....	32
4.4. Alir Proses dan Material	33
4.4.1. Perhitungan Neraca Massa	33
4.4.2. Perhitungan Neraca Panas	36
4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)	41
4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	41
4.5.2. Unit Penyediaan Dowtherm A	47
4.5.3. Unit Pembangkit Steam (<i>Steam generation system</i>)	49
4.5.4. Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant</i>)	50
4.5.5. Unit Penyediaan Udara Tekan.....	52
4.5.6. Maintenance	53
4.6. Organisasi Perusahaan	54
4.6.1. Bentuk Perusahaan	54
4.6.2. Struktur Organisasi.....	56

4.6.3. Tugas dan Wewenang.....	59
4.6.4. Hak-hak Karyawan.....	63
4.7. Evaluasi Ekonomi.....	66
4.7.1. Penaksiran Harga Peralatan.....	67
4.7.2. Dasar Perhitungan.....	70
4.7.3. Perhitungan Biaya.....	70
4.7.4. Analisa Kelayakan.....	71
4.7.5. Hasil Perhitungan.....	74
4.7.6. Analisa Keuntungan.....	78
4.7.7. Hasil Kelayakan Ekonomi.....	79
BAB V. PENUTUP.....	82
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN A.....	87
LAMPIRAN B.....	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Industri yang menggunakan furfural alkohol di Indonesia.....	5
Tabel 1.2. Beberapa pabrik furfural alkohol di dunia.....	6
Tabel 1.3. Perbandingan Proses Pembuatan Furfural Alkohol.....	10
Tabel 2.1. Spesifikasi bahan baku dan produk.....	12
Tabel 3.1. Spesifikasi tangki	17
Tabel 3.2. Spesifikasi Reaktor	17
Tabel 3.3. Spesifikasi Separator.....	18
Tabel 3.4. Spesifikasi Menara Distilasi.....	19
Tabel 3.5. Spesifikasi Heater dan Cooler.....	19
Tabel 3.6. Spesifikasi Heat Exchanger	20
Tabel 3.7. Spesifikasi Pompa proses.....	21
Tabel 3.8. Spesifikasi Blower	21
Tabel 4.1. Perincian Luas Tanah Pabrik	29
Tabel 4.2. Neraca Massa di Separator I	34
Tabel 4.3. Neraca Massa di Reaktor	34
Tabel 4.4. Neraca Massa di Separator II.....	34
Tabel 4.5. Neraca Massa di Mix Point H ₂	35
Tabel 4.6. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01).....	35
Tabel 4.7. Neraca Massa di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)	35
Tabel 4.8. Neraca Massa di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)	36
Tabel 4.9. Neraca Panas di Vaporizer (VP-01).....	36
Tabel 4.10. Neraca Panas di Heater I (HE-01).....	36
Tabel 4.11. Neraca Panas di Reaktor (R-01).....	37
Tabel 4.12. Neraca Panas di Kondensor (CD-01).....	37
Tabel 4.13. Neraca Panas di Heater II (HE-02)	37
Tabel 4.14. Neraca Panas di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)	37
Tabel 4.15. Neraca Panas di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)	38
Tabel 4.16. Neraca Panas di Cooler I (HE-03)	38

Tabel 4.17. Neraca Panas di Cooler II (HE-04).....	38
Tabel 4.18. Kebutuhan Air.....	42
Tabel 4.19. Kebutuhan Dowtherm A.....	47
Tabel 4.20. Kebutuhan Steam.....	49
Tabel 4.21. Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	50
Tabel 4.22. Kebutuhan Listrik Utilitas.....	50
Tabel 4.23. Gaji Karyawan.....	64
Tabel 4.24. Jadwal Kerja.....	66
Tabel 4.25. Indeks Harga.....	68
Tabel 4.26. Indeks Harga pada Tahun Perancangan.....	69
Tabel 4.27. Physical Plant Cost.....	75
Tabel 4.28. Direct Plant Cost.....	75
Tabel 4.29. Fix Capital Investment.....	75
Tabel 4.30. Direct Manufacturing Cost.....	75
Tabel 4.31. Indirect Manufacturing Cost.....	76
Tabel 4.32. Fixed Manufacturing Cost.....	76
Tabel 4.33. Manufacturing Cost.....	76
Tabel 4.34. Working Capital.....	76
Tabel 4.35. General Expense.....	77
Tabel 4.36. Total Biaya Produksi.....	77
Tabel 4.37. Fixed Cost.....	77
Tabel 4.38. Variable Cost.....	77
Tabel 4.39. Regulated Cost.....	78
Tabel 4.40. Sales Cost.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Data impor furfuril alkohol	3
Gambar 1.2. Data ekspor furfuril alkohol	4
Gambar 4.1. Peta dan Lokasi Pendirian Pabrik.....	24
Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik	30
Gambar 4.3. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Furfuril alkohol	32
Gambar 4.4. Diagram Alir Kualitatif	39
Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif	40
Gambar 4.6. Struktur Organisasi.....	56
Gambar 4.7. Grafik Indeks Harga	69
Gambar 4.8. Grafik Analisa Ekonomi	81



ABSTRAK

Pra rancangan pabrik furfural alkohol dengan kapasitas 18.000 ton/tahun didirikan untuk memenuhi kebutuhan furfural alkohol di Indonesia serta mengurangi impor yang dilakukan. Furfural alkohol diproduksi dari reaksi hidrogenasi furfural fasa uap dengan *copper-sodium silicate* sebagai katalisator. Reaktor yang digunakan yaitu Reaktor *Fixed Bed Multitube* (FBR) dengan fase gas-gas pada kondisi operasi 1 atm dan 170 °C. Pabrik ini beresiko rendah karena proses berjalan pada kondisi operasi yang rendah, serta bahan baku yang digunakan tidak berbahaya, tidak mudah terbakar dan meledak. Pabrik ini membutuhkan bahan baku furfural 2.285 kg/jam, hidrogen sebanyak 47 kg/jam dan katalis *copper-sodium silicate* sebanyak 9.725 kg. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebanyak 4.206 kg/jam, *steam* sebanyak 1.667 kg/jam, dowtherm A sebanyak 99.607 kg/jam, bahan bakar sebanyak 184 kg/jam, listrik sebanyak 294 kW/jam yang diperoleh dari PLN dan cadangan dari *generator*. Pabrik ini akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan jumlah karyawan 150 orang. Modal tetap adalah Rp 566.349.826.607 dan modal kerja Rp 307.671.886.799. Analisa dalam evaluasi ekonomi dari perancangan ini menunjukkan keuntungan Rp 58.386.104.003. Persentase dari *Return On Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 11 %. *Pay out time* (POT) sesudah pajak sebesar 4,8 tahun. *Break Event Point* (BEP) berada pada 55 % dan *Shut Down Point* (SDP) pada 19 %, dengan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 12 %.

Kata kunci: Furfural, Furfural alkohol, Hidrogen, Reaksi Hidrogenasi.

ABSTRACT

Pre-design of furfuryl alcohol factory from furfural and hydrogen with 18.000 ton/year capacities established to fulfil domestic needs, thus decreasing import. Furfuryl alcohol is made from hydrogenation reaction of furfural with copper-sodium silicate as catalyst. Fixed Bed Multitube Reactor are used as reaction operating system in gas-gas phase, with it operating condition temperature is 170 °C and the pressure is 1 atm. This factory, classified as low risk because the process running in low operate condition, also the raw materials are not harmful, unflammable, and unexplosive. This factory needs furfural 2.285 kg/hour, hydrogen 47 kg/hour and copper-sodium silicate catalyst 9.725 kg. The utilities process are consist of water 4.206 kg/hour which river as the source. 1.667 kg/hour steam, 99.607 kg/hour Dowtherm A, 184 kg/hour fuel, electricity 294 kW/hour provided by PLN. The location build in Cilegon, Banten with employees are 150 people. The fixed capital investment (FCI) required to build this furfuryl alcohol factory are Rp 566.349.826.607, working capital investment (WCI) are Rp 307.671.886.799. The benefit are Rp 58.386.104.003. The result of economic consultant got return of investment (ROI) after tax are 11 %, pay out time (POT) after tax are 4,8 years. Break event point (BEP) are 55 %, shut down point (SDP) are 19 %, and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) are 12 %.

Keywords : Furfural, Furfuryl alcohol, Hydrogen, Reaction of Hydrogenation.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Furfuril alkohol (2-furanmetanol) merupakan senyawa organik yang tidak berwarna, mudah menguap, mempunyai bau yang khas, dapat larut dengan air, alkohol, eter, aseton, etil asetat dan solven organik lainnya kecuali parafin. Furfuril alkohol berasal dari gugus furan ditambah dengan gugus hidroksimetil. Furfuril alkohol dapat dibuat dengan proses reduksi furfural baik itu dengan NaOH (reaksi Cannizaro) ataupun dengan hidrogen (reaksi hidrogenasi).

Furfuril alkohol yang memiliki rumus molekul $C_5H_6O_2$ adalah senyawa alkohol primer heterosiklik yang sangat penting dalam industri kimia sebagai pelarut. Karena sifatnya yang sangat baik sebagai pelarut, mengakibatkan peningkatan penggunaan pada berbagai lokal seperti industri pengecoran logam, industri tekstil, dan industri perekat. Resin jika dicampur dengan bahan penguat atau serat gelas, dapat digunakan dalam industri pemipaan, industri pembuatan tangki, dengan ketahanan terhadap korosi yang tinggi. Selain itu juga furfuril alkohol juga dapat dimanfaatkan sebagai pelarut resin fenolis, pelarut zat warna dan pelarut zat perekat. Kemudian furfuril alkohol berguna sebagai bahan *intermediate* pada pembuatan Tetrahidrofurfuril alkohol yang dapat digunakan pelarut ester, etil selulosa, dan vinil asetat.

Hingga saat ini furfuril alkohol belum diproduksi didalam negeri, sehingga seluruh kebutuhan furfuril alkohol didapatkan melalui pasokan impor. Impor furfuril alkohol untuk Indonesia banyak didatangkan dari China, Thailand dan Korea. Oleh karena itu, dengan melihat dari peningkatan permintaan pada tahun-tahun mendatang sangat potensial untuk mendirikan pabrik yang memproduksi furfuril alkohol dalam negeri.

Selain memenuhi kebutuhan dalam negeri, produk furfural alkohol juga dapat diekspor untuk memenuhi kebutuhan dunia.

Untuk menjamin kelangsungan pabrik furfural alkohol ini, maka ketersediaan bahan baku dan jauh dekatnya sumber bahan baku dengan lokasi pabrik yang akan didirikan harus benar-benar dipertimbangkan. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan furfural alkohol dengan proses reaksi hidrogenasi adalah furfural dan hidrogen. Pemenuhan bahan baku furfural untuk pendirian pabrik furfural alkohol ini diperoleh dari PT Sree International Indonesia (Jakarta) yang merupakan *supplier* furfural terbesar dengan kapasitas pemenuhan mencapai 50.000 ton/tahun. Sedangkan gas hidrogen diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia (Cilegon, Banten) karena pertimbangan lokasi yang dekat dengan lokasi pendirian pabrik furfural alkohol sehingga dapat dialirkan menggunakan sistem *piping*.

Pabrik furfural alkohol ini termasuk pabrik yang tidak beresiko tinggi (*low risk*). Hal ini dapat ditinjau dari bahan baku, proses, maupun produknya yang tidak beracun, tidak bersifat eksplosif, dan tidak mudah terbakar. Selain itu pabrik ini tidak termasuk kedalam daftar pabrik yang dilarang untuk didirikan. Sehingga dari pertimbangan-pertimbangan diatas, maka pabrik furfural alkohol layak didirikan di Indonesia.

1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

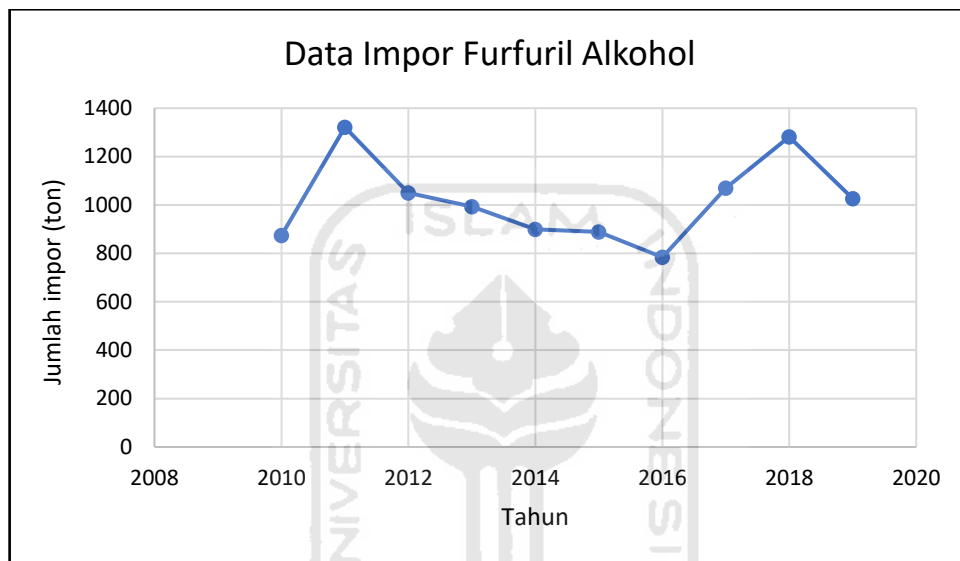
Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2025. Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah *output* yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik berusaha mendapatkan kapasitas produksi optimum dimana jumlah dan produk yang dihasilkan dapat memperoleh laba maksimum dengan biaya produksi minimum. Metode penentuan kapasitas produksi dipilih menggunakan metode *supply and demand*. *Supply* (pasokan) terdiri dari produksi dalam negeri dan impor, sedangkan *demand* (permintaan) terdiri dari konsumsi dalam negeri dan ekspor. Analisis

dilakukan dengan cara persen pertumbuhan karena data riil tahun 2010-2019 dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan hasil yang fluktuatif.

A. Supply

1. Impor Furfuril Alkohol

Data impor furfuril alkohol dari tahun 2010-2019 di representasikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Data impor furfuril alkohol

(Sumber : bps.go.id)

Gambar 1.1. menunjukkan data yang fluktuatif, oleh karena itu untuk memproyeksi data impor furfuril alkohol pada tahun 2025 digunakan analisis menggunakan persen pertumbuhan dan didapatkan hasil rata-rata persen pertumbuhan sebesar 4,36 %. Dari hasil proyeksi didapatkan jumlah impor furfuril alkohol pada tahun 2025 sebanyak 1.326 ton.

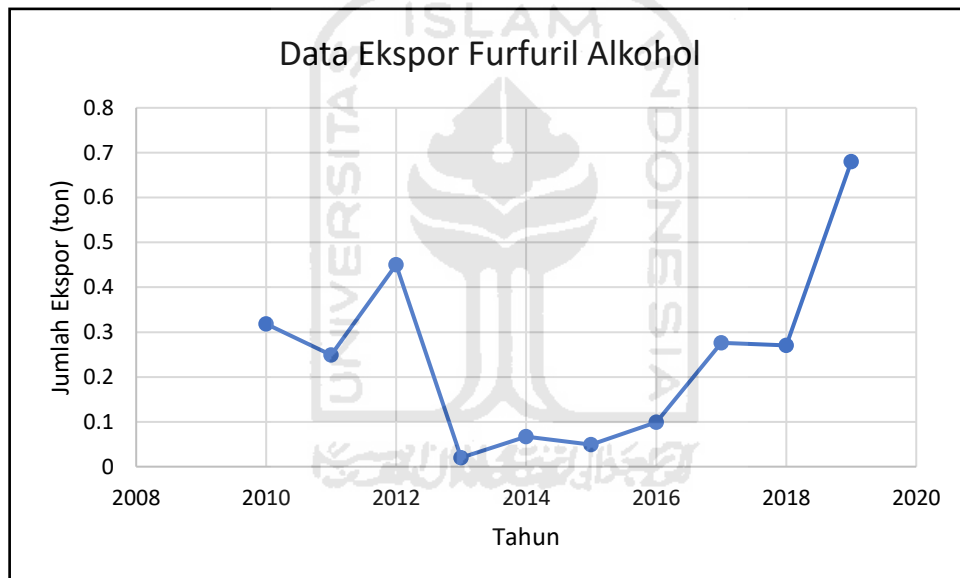
2. Produksi dalam negeri

Belum ada pabrik yang memproduksi furfural alkohol di Indonesia. Oleh karena itu, *supply* hanya didapat dari nilai impor pada tahun 2025. Sehingga *supply* furfural alkohol pada tahun 2025 sebesar 1.326 ton.

B. Demand

1. Ekspor Furfural alkohol

Data ekspor furfural alkohol dari tahun 2010-2019 di representasikan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Data ekspor furfural alkohol

(Sumber : bps.go.id)

Gambar 1.2. menunjukkan data yang fluktuatif, oleh karena itu untuk memproyeksi data ekspor furfural alkohol pada tahun 2025 digunakan analisis menggunakan persen pertumbuhan dan didapatkan hasil sebesar 66,89%. Dari hasil proyeksi didapatkan jumlah ekspor furfural alkohol pada tahun 2025 sebanyak 15 ton.

2. Konsumsi furfural alkohol dalam negeri

Konsumsi furfural alkohol di Indonesia cenderung meningkat $\pm 5,98\%$ per tahun (BPS,2012). Hal ini seiring dengan berkembang dan meningkatnya industri yang menggunakan bahan ini. Konsumen utama furfural alkohol didalam negeri selama ini adalah industri tekstil, industri cat dan tinta, industri pengecoran logam juga industri perekat. Tabel 1.1. menunjukkan beberapa industri yang menggunakan furfural alkohol di Indonesia.

Tabel 1.1. Industri yang menggunakan furfural alkohol di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Jenis	Lokasi	Konsumsi (ton/tahun)
1	PT Polyyfin Canggih	Tekstil	Bandung	1.000
2	Delta Merlin Sandang Tekstil	Tekstil	Surakarta	800
3	PT Sri Rejeki Isman (Sritex)	Tekstil	Solo	1.000
4	PT Bandung Synthetic Mills	Tekstil	Bandung	1.000
5	PT Eratex Djaja	Tekstil	Surabaya	800
6	PT Kitachem Ekasedjati	Zat perekat	Jakarta	500
7	PT Mesin dan Pengecoran Logam	Logam	Tegal	600
8	PT Paint Manufacture Pacific	Cat dan tinta	Jakarta	1.000
9	PT Nipsea Paint and Chemical	Cat dan tinta	Jakarta	1.000
10	PT Avian Paint	Cat dan tinta	Surabaya	800
11	PT FKA Global	Logam	Surabaya	500
12	CV Surya Putra Industri	Logam	Surabaya	600
13	CV Harmony Technic	Logam	Surabaya	600
14	PT Ajitex	Tekstil	Surabaya	800
15	PT Harmoni Global Textile	Tekstil	Surabaya	1.000
16	PT Segoro Ecomulyo Textile	Tekstil	Surabaya	700
17	PT Pully Sarana Pratama	Logam	Jakarta	600
18	Harta Tjipta Mandiri	Logam	Jakarta	500
JUMLAH				13.800

Sumber : Indochemical dan BPS, 2012

Pada Tabel 1.1. dapat diketahui jumlah konsumsi furfural alkohol di Indonesia sebesar 13.800 ton/tahun dimana pertumbuhan angka ini berdasarkan data BPS akan naik hingga 5,98 %

per tahun nya. Sehingga dari Tabel 1.1. didapatkan hasil proyeksi kebutuhan konsumsi furfural alkohol pada tahun 2025 sebanyak 29.362 ton.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi furfural alkohol di atas, dapat disimpulkan *demand* furfural alkohol pada tahun 2025 yaitu:

$$\begin{aligned} Demand &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (15 + 29.362) \text{ ton/tahun} \\ &= 29.377 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 1.2. Beberapa pabrik furfural alkohol di dunia

No	Nama	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Hongye Chemical Co., Ltd.	China	80.000
2	Henan Harvest International Co., Ltd.	China	15.000
3	transfurans chemical	Belgium	40.000
4	Hebei Furan International Co., Ltd.	China	20.000
5	Indorama Chemical Co., Ltd.	Thailand	17.945

Berdasarkan perhitungan prediksi impor, ekspor, serta konsumsi furfural alkohol pada tahun 2025 di Indonesia, maka peluang pasar untuk furfural alkohol dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= Demand - Supply = 29.377 - 1.326 \\ &= 28.051 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas perancangan pabrik furfural alkohol diambil sebesar 60% dari peluang dan harus diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang telah ada. Untuk mengurangi impor dan memperbanyak ekspor agar dapat menambah devisa negara, maka pabrik dapat didirikan dengan kapasitas 18.000 ton/tahun.

1.3. Tinjauan Pustaka

Furfuril alkohol yang biasa disebut juga 2-furanmetanol atau 2-furankarbonil yang memiliki rumus molekul $2\text{-C}_4\text{H}_3\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{OH}$. Furfuril alkohol adalah senyawa yang paling banyak digunakan sebagai turunan dari furfural. Furfuril alkohol diproduksi dalam skala industri dengan cara hidrogenasi furfural pada fase cair maupun fase uap pada tekanan rendah. Katalis berbasis tembaga lebih dipakai karena lebih selektif dan tidak mempengaruhi hidrogenasi dari cincin.

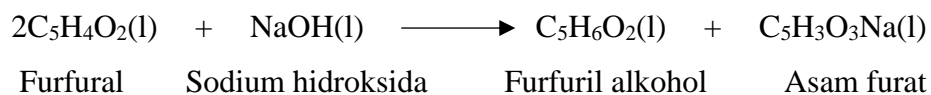
Furfuril alkohol paling banyak digunakan sebagai monomer dalam pembuatan serat furfuril alkohol, sebagai pelarut aktif dalam berbagai serat sintetik, dan sebagai bahan baku untuk pembuatan senyawa turunan dari furfuril alkohol. Salah satu senyawa turunan yang dihasilkan dari furfuril alkohol adalah tetrahidrofurfuril alkohol (2-tetrahidrofuranmetanol), yang diproduksi dengan cara hidrogenasi katalitik furfuril alkohol pada fasa uap. Tetrahidrofurfuril alkohol dipakai sebagai pelarut, pembersih, dan pewarna yang diaplikasikan dalam industri cat, pelapisan (*coating*), pembersih dan farmasi (Witono,2005).

1.3.1. Proses Pembuatan Furfuril Alkohol

Pembuatan furfuril alkohol dapat dibuat dengan dua macam proses. Berikut masing-masing uraian dari setiap proses.

1. Reduksi furfural dengan NaOH (reaksi Cannizaro)

Berikut reaksinya :



Proses ini dilakukan dalam skala laboratorium pada tahun 1864 dengan proses *batch* dan berlangsung pada fasa cair. Proses ini tidak digunakan pada skala industri dikarenakan *yield* maksimal hanya 50% dan menghasilkan produk samping berupa asam furat sehingga sulit untuk dimurnikan. (Ullmann's, 2005)

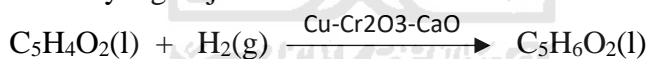
2. Reduksi furfural dengan hidrogen (Hidrogenasi Furfural) dengan menggunakan katalis

Proses ini dilakukan dalam skala industri dengan proses kontinyu, kemudian dikembangkan oleh FN Peters dari Quaker Oats Company dari H. Adkins dan R. Connor dari Universitas Wisconsin. Katalis yang digunakan yaitu katalis logam dengan bermacam-macam komposisi. Proses hidrogenasi furfural ini dapat dijalankan melalui reaksi fasa uap dan reaksi fasa cair. Reaksi dalam fasa uap paling banyak digunakan di industri karena biasanya dilakukan pada tekanan atmosfer, sehingga mudah dalam perancangan alat dan murah dalam pembiayaan energi. (Ullmann's, 2005)

2.1. Hidrogenasi fasa cair

Proses hidrogenasi furfural fasa cair hanya diproduksi dalam skala kecil. Kondisi operasi dalam reaksi ini menggunakan tekanan yang tinggi, agar furfural fase cair tidak mengalami penguapan. Tingginya tekanan operasi mengakibatkan biaya operasional menjadi cukup mahal.

Reaksi yang terjadi :



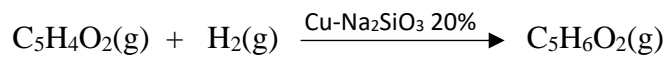
Proses ini menggunakan katalis *Copper chromite* dengan ditambah *Calcium Oxide*, karena dapat menghasilkan konversi maksimum hingga 99% dan selektivitas maksimum hingga 98%. Kondisi operasi pada reaksi ini menggunakan tekanan 27-30 atm dengan suhu reaksi 180 °C. Dikarenakan reaksi berlangsung secara heterogen (cair-gas), maka hasil keluaran reaktor membutuhkan proses pemisahan produk.

Reaktor yang digunakan yaitu reaktor *autoclave* yang cukup rumit untuk mengontrol suhu operasi didalamnya. Karena jika suhu reaktor tidak sesuai dengan suhu reaksi, akan membentuk produk samping berupa *white product* (metil furan) dan polimernya. (US. Patent 4,251,396)

2.2. Hidrogenasi fasa uap

Proses hidrogenasi furfural fasa uap merupakan proses kontinyu yang saat ini paling banyak digunakan di industri pembuatan furfural alkohol. Furfural cair (*feedstock*) diuapkan terlebih dahulu sebelum masuk reaktor, sehingga proses reaksi berjalan dalam satu fase yang sama. Oleh karena itu, tekanan operasi yang dibutuhkan untuk reaksi ini jauh lebih rendah daripada hidrogenasi fasa cair yaitu berada pada tekanan atmosferis.

Reaksi yang terjadi :



Proses ini menggunakan katalis *copper* yang mengandung *sodium silicate* sebanyak 20% sehingga tidak ada produk samping berupa metil furan yang keluar reaktor. Konversi yang dihasilkan mencapai lebih dari 99% dengan suhu operasi 132-177 °C dan tekanan 1 atm.

Reaktor yang biasanya digunakan untuk proses hidrogenasi fasa uap yaitu reaktor *fix bed multitubular*. Hidrogen yang digunakan lebih baik berlebih (*excess*) agar furfural alkohol yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi. Pada kondisi ini juga furfural harus dijaga dalam fase uap untuk mencegah terjadinya polimerisasi dan *white water product* serta mencegah pengembunan furfural didalam pipa katalis dan mencegah terjadinya *coloured product*. (US. Patent 2,754,304)

1.3.2 Pemilihan Proses

A. Tinjauan Proses

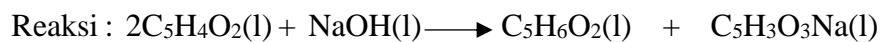
Berdasarkan peninjauan masing-masing proses untuk pembentukan furfural alkohol, dapat dibuat matrik pemilihan proses pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. Perbandingan Proses Pembuatan Furfural Alkohol

No	Karakteristik	Reduksi Furfural dengan NaOH (reaksi Cannizaro)	Hidrogenasi Furfural fasa cair	Hidrogenasi Furfural fasa uap
1	Proses	Batch	Kontinyu	Kontinyu
2	Suhu reaksi	70 °C	180 °C	132-177 °C
3	Tekanan operasi	10 atm	27-30 atm	1 atm
4	Fase reaksi	Cair-cair	Cair-gas	Gas-gas
5	Katalis	-	Copper chromite-calcium oxide	Copper-sodium silicate
6	Konversi	50%	Hingga 99%	>99%
7	Jenis reaktor	Batch/CSTR	Autoclave	Fixed bed multitubular
8	Bahan baku	Furfural dan Sodium hidroksida	Furfural dan Hidrogen	Furfural dan Hidrogen
9	Produk samping	Asam furat	Methylfuran dan polimernya	-

B. Tinjauan Ekonomi

1. Reaksi Cannizaro

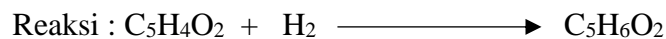


	2C ₅ H ₄ O ₂ (furfural)	NaOH (natrium hidroksida)	C ₅ H ₆ O ₂ (furfural alkohol)	C ₅ H ₃ O ₃ Na (asam furat)
Kmol	2	1	1	1
BM (kg/kmol)	96,08	39,997	98,1	134,07
kg	192,16	39,997	98,1	134,07
kg/kg C ₅ H ₆ O ₂	1,959	0,408	1	1,367
\$/kg	1,5	0,5	3	0,43

$$\text{Profit kotor} = \left[\left(3 \text{ \$/kg} \times 1 \text{ kg/kgFA} \right) + \left(0,43 \text{ \$/kg} \times 1,367 \text{ kg/kgFA} \right) \right] - \left[\left(1,5 \text{ \$/kg} \times 1,959 \text{ kg/kgFA} \right) + \left(0,5 \text{ \$/kg} \times 0,408 \text{ kg/kgFA} \right) \right]$$

Profit kotor reaksi cannizaro = 0,445 \\$/kg Furfuril alkohol

2. Reaksi Hidrogenasi



	C ₅ H ₄ O ₂ (furfural)	H ₂ (hidrogen)	C ₅ H ₆ O ₂ (furfuril alkohol)
Kmol	1	1	1
BM (kg/kmol)	96,08	2,016	98,1
kg	96,08	2,016	98,1
kg/kg C ₅ H ₆ O ₂	0,979	0,021	1
\\$/kg	1,5	2,2	3

$$\text{Profit kotor} = \left(3 \text{ \$/kg} \times 1 \text{ kg/kgFA} \right) - \left[\left(1,5 \text{ \$/kg} \times 0,979 \text{ kg/kgFA} \right) + \left(2,2 \text{ \$/kg} \times 0,021 \text{ kg/kgFA} \right) \right]$$

Profit kotor reaksi hidrogenasi = 1,485 \\$/kg Furfuril alkohol

Dari uraian diatas, maka proses yang dipilih untuk pembuatan furfuril alkohol yaitu proses hidrogenasi furfural fasa uap dengan katalis *Copper-sodium silicate* dengan beberapa pertimbangan dibawah ini, antara lain:

1. Tidak adanya produk samping dari hasil reaksi seperti yang terjadi pada proses cannizaro dan hidrogenasi furfural fasa cair.
2. Proses ini tidak memiliki resiko yang tinggi karena dioperasikan dengan tekanan yang relatif rendah (atmosferik).
3. Diperoleh konversi lebih dari 99% dan kemurnian produk yang tinggi dibandingkan dengan metode lain.
4. Proses ini merupakan proses yang paling menguntungkan dari sisi ekonomi yaitu profit kotor.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Tabel 2.1. Spesifikasi bahan baku dan produk

No	Spesifikasi	Bahan Baku		Bahan Penunjang		Produk
		Furfural	Hidrogen	Tembaga	Natrium silikat	Furfuril alkohol
1	Rumus Molekul	C ₅ H ₄ O ₂	H ₂	Cu	Na ₂ SiO ₃	C ₅ H ₆ O ₂
2	Bentuk	Cair	Gas	Padat	Padat	Cair
3	Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Jingga kemerahan	Putih transparan	Tidak berwarna
4	Berat molekul, g/mol	96,08	2,016	63,55	122,063	98,1
5	Titik didih, °C	161,70	-252,88	2.562	-	170
6	Suhu kritis, °C	397	-240,20	-	-	359
7	Tekanan kritis, atm	54,30	12,90	-	-	52,80
8	Densitas, g/ml	1,16	89,91	8,93	2,6	1,1285
9	Panas penguapan, kJ/mol	42,80	0,46	300,40	-	50,10
10	Panas pembentukan, kJ/mol	-151,04	-	-	-1.561	-218,90
11	Viskositas, cP	1,49	0,0088	-	-	4,62
12	Kemurnian	98% (berat)	99,995% (berat)	-	-	99,6 (mol)

(Sumber : Pubchem)

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan salah satu hal yang penting dalam proses produksi di suatu pabrik. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mencegah terjadinya penyimpangan kualitas produk yang dihasilkan sebelum dipasarkan ke konsumen. Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Furfuril alkohol ini meliputi:

a. Pengawasan mutu bahan baku

Pengawasan mutu bahan baku adalah pengawasan yang dilakukan pada bahan dasar dan bahan tambahan pembuatan furfural alkohol yang bertujuan untuk memantau atau monitoring kualitas bahan baku dari mulai bahan baku tersebut datang dari *supplier* hingga bahan baku tersebut siap untuk digunakan pada proses produksi sewaktu-waktu. Pengawasan mutu bahan baku dilakukan terhadap kemurnian bahan baku yang akan digunakan yaitu furfural 98% dan hidrogen 99,995%. Pengawasan ini dilakukan melalui uji laboratorium terhadap sampel bahan baku.

b. Pengawasan mutu selama proses produksi

Pengawasan mutu total proses adalah pengawasan dan pengendalian mutu saat berlangsungnya proses produksi. Pengawasan dalam proses produksi yang paling utama adalah pengendalian alat-alat proses yang digunakan mulai dari mengontrol suhu, aliran cairan serta ketinggian cairan dalam alat proses. Kontrol suhu dilakukan pada hasil keluaran alat penukar panas seperti heater dan cooler dengan menggunakan *temperature controller* (TC). Kontrol aliran dilakukan pada setiap aliran antar alat proses dengan menggunakan *flow controller* (FC). Selain itu aspek pengawasan yang perlu diamati adalah keadaan bahan dan reaksi yang ditimbulkan, standar operasional mesin produksi dan keadaan produk akhir sebelum *finished good* disimpan di gudang maupun kelayakan pemasaran atau konsumsi.

c. Pengawasan mutu barang jadi

Pengawasan mutu barang jadi adalah pengendalian kualitas *finished good* pada akhir proses di mana barang masih di dalam tangki penyimpanan maupun yang akan dipasarkan. Pengendalian mutu ini dilakukan terhadap kemurnian furfural alkohol yaitu 99,6% dengan melakukan uji laboratorium terhadap sampel produk. Pengendalian mutu ini terus dilaksanakan hingga produk habis masa kadaluarsa.

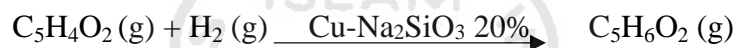
BAB III

PERANCANGAN PROSES

Untuk memenuhi kebutuhan produksi furfural alkohol sesuai kapasitas yaitu 99,6%, maka pada perancangan pabrik ini perlu dilakukan pengaturan alur proses yang tepat agar lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Pra rancangan pabrik furfural alkohol dengan kapasitas 18.000 ton/tahun merupakan reaksi hidrogenasi furfural dengan hidrogen dalam fasa gas, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Untuk mempercepat terjadinya reaksi maka diperlukan adanya bahan pendukung yang berfungsi sebagai katalisator. Bahan pendukung yang digunakan dalam reaksi hidrogenasi furfural dapat berbeda-beda dan keberhasilan yang berbeda juga. Katalisator yang digunakan adalah katalis copper-sodium silikat yang dapat dioperasikan pada tekanan atmosferik, tidak menghasilkan produk samping, dan diperoleh konversi yang cukup tinggi

Proses pembuatan furfural alkohol dibagi menjadi tiga tahapan proses, antara lain:

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku furfural cair diperoleh dari PT Sree International Indonesia dan langsung diangkut menuju pabrik menggunakan transportasi darat. Furfural yang dibeli terdiri dari 98% furfural dan 2% air (persen berat) langsung dialirkan oleh pompa (P-01) dari kendaraan pengangkut menuju tangki penyimpanan bahan baku (T-01) pada kondisi 30 °C dan tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan, furfural kemudian dialirkan oleh pompa (P-02) menuju vaporizer (VP-01) dimana furfural cair akan diubah fasanya menjadi uap dengan suhu

170 °C dan tekanan atmosferik. Kemudian keluaran vaporizer akan mengalir menuju separator drum (S-01) untuk dipisahkan antara fasa uap dan fasa yang tidak berhasil berubah menjadi uap (fasa cair) yang kemudian akan dialirkan kembali menuju vaporizer. Senyawa furfural yang sudah menjadi uap kemudian diumpankan menuju reaktor (R-01).

Gas hidrogen 99,995% (persen berat) diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia melalui sistem *piping* yang dialirkan menggunakan *blower* (BL-01) menuju tangki penyimpanan bahan baku (T-02). Dari tangki penyimpanan, tekanannya diturunkan oleh *Expansion valve* (EV-101) lalu dialirkan menuju *heater* (E-01) untuk dinaikkan suhunya hingga 170 °C yang selanjutnya diumpankan menuju reaktor (R-01).

b. Tahap Reaksi

Umpan furfural dan hidrogen kemudian bercampur setelah diumpankan pada *reactor fixed bed multitubular*. Reaksi fase gas berlangsung di dalam pipa-pipa reaktor yang berisi katalis $\text{Cu-Na}_2\text{SiO}_3$ pada suhu 170 °C dan tekanan 1 atm. Karena reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, untuk mempertahankan suhu operasi di dalam reaktor digunakan air pendingin berupa *dowtherm* yang mengalir melalui *shell* di dalam reaktor. Gas hasil reaksi yang keluar dari reaktor berupa uap furfural, uap air, uap hidrogen, serta uap furfural alkohol.

Gas hasil reaksi kemudian dialirkan menuju kondensor (CD-01) untuk dikondensasikan pada suhu 40 °C. Hasil kondensasi mengalir menuju separator (S-02) untuk dipisahkan antara fasa cair dan gasnya. Fasa gas atau hasil atas akan *direcycle* ke reaktor, sedangkan fasa cair atau hasil bawah akan dialirkan menuju pompa (P-03) dan *heater* (E-02) untuk kemudian diumpankan ke dalam menara distilasi (MD-01) untuk dimurnikan.

c. Tahap Pemurnian produk

Untuk mendapatkan kemurnian sesuai dengan yang diharapkan, cairan dimurnikan dengan menggunakan distilasi. Cairan furfural, air, dan furfural alkohol sebagai hasil bawah dari separator (S-02) kemudian

dialirkan menuju pompa (P-03) untuk dinaikkan tekanannya agar sesuai dengan tekanan operasi pada menara distilasi (MD-01) yaitu sebesar 2,5 atm, lalu kemudian dinaikkan suhunya pada *heater* (E-02) hingga 188 °C.

Senyawa berfasa cair jenuh kemudian menjadi *input* menara distilasi (MD-01) pada *tray* ke-9 dari bawah. Senyawa yang berwujud gas akan mengalir keatas lalu menjadi *input* kondensor (CD-02), kemudian senyawa yang sebagian besar berupa H₂O mengalir lalu sebagian dikembalikan menjadi *reflux* menara distilasi, sebagian mengalir ke Unit Pembuangan Limbah (*top product*) yang sebelumnya telah diturunkan suhunya hingga 30 °C menggunakan *cooler* (E-03) dan juga diturunkan tekanannya hingga 1 atm menggunakan *Expansion valve* (EV-201).

Sedangkan senyawa yang berwujud cair akan mengalir kebawah menuju output menara distilasi bagian bawah dan kemudian menjadi *input* reboiler (RB-01) untuk dipanaskan yang bertujuan untuk mengubah fasa dari senyawa. Kemudian *output* reboiler sebagian akan menjadi *reflux* menara distilasi, dan sebagian menjadi *bottom product* yang kemudian akan dialirkan ke tangki produk yang sebelumnya telah diturunkan suhunya hingga 30 °C menggunakan *cooler* (E-04) dan juga diturunkan tekanannya hingga 1 atm menggunakan *Expansion valve* (EV-301).

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Tabel 3.1. Spesifikasi tangki

No	Spesifikasi	Tangki furfural	Tangki hidrogen	Tangki furfural alkohol
1	Kode alat	T-01	T-02	T-03
2	Fungsi	Menyimpan bahan baku furfural cair selama 30 hari.	Menyimpan bahan baku gas hidrogen selama 1 hari.	Menyimpan produk furfural alkohol cair selama 30 hari.
3	Jenis	Tangki silinder vertikal dengan <i>flat bottomed</i> dan <i>torispherical head</i> .	Tangki bola	Tangki silinder vertikal dengan <i>flat bottomed</i> dan <i>torispherical head</i> .
4	Jenis sambungan	<i>Double welded butt joint</i>	-	<i>Double welded butt joint</i>
5	Jumlah	3 buah	3 buah	3 buah
6	Tekanan	1 atm	10 atm	1 atm
7	Temperatur	30 °C	30 °C	30 °C
8	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Stainless steel SA-167 grade 11</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
9	Volume	8.031 m ³ /tangki	4.993 m ³ /tangki	8.130 m ³ /tangki
10	Diameter	18,29 m	21,21 m	18,29 m
11	Tinggi	9,14 m	-	9,14 m
12	Tebal shell	0,1875 in	0,1129 m	0,1875 in
13	Jumlah course	5 buah	-	5 buah
14	Harga	\$ 2.469.580	\$ 133.385	\$ 2.489.498

Tabel 3. 2. Spesifikasi Reaktor

No	Spesifikasi	Reaktor
1	Kode alat	R-01
2	Fungsi	Tempat reaksi Furfural dengan hidrogen berlebih.
3	Jenis	<i>Fixed bed multitubular.</i> Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>torispherical</i> .
4	Jenis sambungan	<i>Double welded butt joint</i>
5	Jumlah	1 buah
6	Tekanan	1 atm
7	Temperatur	170 °C
8	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-299</i>
9	Volume	6,86 m ³
10	Tinggi	14 m

Lanjutan Tabel 3.2.

No	Spesifikasi	Reaktor
11	<i>Tube</i>	(NPS 0,75 in) : Diameter : 0,0267 m Panjang : 13,44 m Tebal : 0,0032 m
12	<i>Shell</i>	Diameter : 1,5240 m Tebal : 0,0064 m
13	<i>Head</i>	Diameter : 3,048 m Tinggi : 0,2928 m Tebal : 0,0064 m
14	Harga	\$ 175.594

Tabel 3.3. Spesifikasi Separator

No	Spesifikasi	Separator Vaporizer	Separator Kondenser
1	Kode alat	S-01	S-02
2	Fungsi	Memisahkan komponen uap dan cairan yang keluar dari VP-01.	Memisahkan komponen gas dan cair yang keluar dari CD-01.
3	Bentuk	<i>Horizontal Separator single stage</i> dengan tutup <i>torispherical</i>	<i>Vertical Separator single stage</i> dengan tutup <i>torispherical</i>
4	Jenis sambungan	<i>Double welded butt joint</i>	<i>Double welded butt joint</i>
5	Jumlah	1 buah	1 buah
6	Tekanan	1 atm	1 atm
7	Temperatur	170 °C	40 °C
8	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 240 grade S</i>	<i>Stainless steel SA 240 grade S</i>
9	Laju alir gas, F_{gas}	2.285 kg/jam	218 kg/jam
10	Laju alir cairan	26 kg/jam	2.302 kg/jam
11	Perhitungan	- Diameter Tangki : 3,81 m - Volume tangki : 129 m ³ - Tinggi tangki : 12 m - Waktu tinggal : 4 menit - Tebal shell tangki : 0,25 in - Tebal head : 0,25 in	- Diameter Tangki : 12 m - Volume tangki : 0,3467 m ³ - Tinggi kolom : 3 m - Waktu tinggal : 10 menit - Tebal shell tangki : 0,25 in - Tebal head : 0,25 in
14	Harga	\$ 38.059	\$ 9.485

Tabel 3.4. Spesifikasi Menara Distilasi

No	Spesifikasi	Menara Distilasi
1	Kode alat	MD-01
2	Fungsi	Memurnikan campuran furfuril alkohol dari furfural dan air.
3	Jenis	<i>Sieve Tray</i>
4	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 240 grade S</i>
5	Jumlah	1 buah
6	Tray spacing (t)	0,45 m
7	<i>Hole Diameter (d_o)</i>	5 mm
8	<i>Weir height (h_w)</i>	90 mm
9	<i>Column Diameter (T)</i>	1,0899 m
10	<i>Weir length (W)</i>	0,8276 m
11	<i>Downcomer area (A_d)</i>	0,1119 m ²
12	<i>Active area (A_a)</i>	0,0708 m ²
13	Spesifikasi kolom	Tinggi kolom : 18,45 m Tinggi tutup : 0,2339 m Tinggi total : 22,6078 m Tekanan operasi : 3,5928 atm Tebal silinder : 0,25 in
14	Harga	\$ 527.612

Tabel 3.5. Spesifikasi Heater dan Cooler

No	Spesifikasi	Heater 1	Heater 2	Cooler 1	Cooler 2
1	Kode alat	E-01	E-02	E-03	E-04
2	Fungsi	Menaikkan suhu dari <i>mix point</i> H ₂ sebelum masuk reactor.	Menaikkan suhu dari <i>output</i> separator (SP-02) sebelum masuk menara distilasi.	Menurunkan suhu dari <i>output</i> kondenser menara distilasi (CD-02) sebelum masuk ke UPL.	Menurunkan suhu dari <i>output</i> reboiler (RB-01) sebelum masuk ke tangki produk (T-03).
3	Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>			
4	<i>Inner pipe</i>				
	Aliran fluida	<i>Cold fluid</i> (Umpan)	<i>Cold fluid</i> (Umpan)	<i>Cold fluid</i> (<i>Dowtherm</i>)	<i>Cold fluid</i> (<i>Dowtherm</i>)
	NPS	1,25 in	1,25 in	1,25 in	1,25 in
	<i>Flow area</i>	0,0104 ft ²	0,0104 ft ²	0,0104 ft ²	0,0104 ft ²
	<i>Pressure drop</i>	0,539 psi	0,9397 psi	0,0013 psi	8,5057 psi

Lanjutan Tabel 3.5.

No	Spesifikasi	Heater 1	Heater 2	Cooler 1	Cooler 2
5	<i>Annulus pipe</i>				
	Aliran fluida	<i>Hot fluid (steam)</i>	<i>Hot fluid (steam)</i>	<i>Hot fluid (umpan)</i>	<i>Hot fluid (umpan)</i>
	NPS	2 in	2 in	2 in	2 in
	<i>Flow area</i>	0,0083 ft ²	0,0083 ft ²	0,0083 ft ²	0,0083 ft ²
	<i>Pressure drop</i>	0,173 psi	0,4147 psi	0,2326 psi	5,4823 psi
	Jumlah <i>hairpin</i>	3 series <i>hairpin</i> 20 ft	5 series <i>hairpin</i> 20 ft	5 series <i>hairpin</i> 20 ft	6 series <i>hairpin</i> 20 ft
6	Harga	\$ 20.630	\$ 19.682	\$ 1.067	\$ 21.223

Tabel 3.6. Spesifikasi *Heat Exchanger*

No	Spesifikasi	Vaporizer	Kondenser	Kondenser MD	Reboiler MD
1	Kode alat	VP-01	CD-01	CD-02	RB-01
2	Fungsi	Mengubah furfural cair menjadi uap	Meng-kondensasikan output reaktor	Mengembunkan uap hasil atas menara distilasi. (kondenser total)	Menguapkan cairan hasil bawah menara distilasi. (<i>Kettle reboiler</i>)
3	Jenis	<i>Shell and tube exchanger</i>			
4	<i>Shell</i>				
	Diameter dalam (ID)	15,25 in	19,25 in	15,25 in	17,25 in
	<i>Baffle space (B)</i>	5 in	14 in	11,4 in	13 in
	<i>Passes (n)</i>	2	2	4	4
5	<i>Tube</i>				
	Diameter dalam (ID)	0,584 in	0,584 in	0,584 in	0,584 in
	Diameter luar (OD)	0,75 in	0,75 in	0,75 in	0,75 in
	BWG	14	14	14	14
	<i>Pitch (triangular)</i>	1 in	1 in	1 in	1 in
	Panjang	192 in	192 in	192 in	192 in
	Harga	\$ 22.883	\$ 37.704	\$ 20.749	\$ 40.905

Tabel 3.7. Spesifikasi Pompa proses

No	Spesifikasi	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4
1	Kode alat	P-01	P-02	P-03	P-04
2	Fungsi	Mengalirkan furfural dari kendaraan pengangkut menuju tangki penyimpanan (T-01).	Mengalirkan furfural dari tangki penyimpanan menuju vaporizer (VP-01).	Mengalirkan dan menaikkan tekanan hasil bawah separator (S-02) menuju heater (E-02).	Mengalirkan keluaran menara distilasi bagian bawah menuju reboiler.
3	Jenis	<i>Centrifugal pump</i>			
4	Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel</i>			
5	Jumlah	1	1	1	1
6	Laju massa	2.286 kg/jam	2.286 kg/jam	2.302 kg/jam	2.665 kg/jam
7	Jenis <i>impeller</i>	<i>Radial flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Mixed flow</i>
8	Daya motor	0,25 Hp	0,05 Hp	0,125 Hp	0,05 Hp
9	Harga	\$ 5.691	\$ 5.691	\$ 5.691	\$ 5.691

Tabel 3.8. Spesifikasi Blower

No	Spesifikasi	Blower 1	Blower 2	Blower 3	Blower 4	Blower 5
1	Kode alat	BL-01	BL-02	BL-03	BL-04	BL-05
2	Fungsi	Mengalirkan H ₂ dari sumber ke tangki penyimpanan (T-02).	Mengalirkan gas furfural dari separator (SP-01) menuju reaktor.	Mengalirkan gas hidrogen recycle menuju reaktor.	Mengalirkan gas hidrogen dari separator (SP-02) menuju mix point.	Mengalirkan gas produk dari reboiler menuju E-04.
3	Jenis	<i>Centrifugal blower</i>				
4	Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel</i>				
5	Jumlah	1	1	1	1	1
6	Laju massa	47 kg/jam	2.285 kg/jam	265 kg/jam	218 kg/jam	2.263 kg/jam
7	Daya motor	0,05 Hp	0,083 Hp	0,333 Hp	0,25 Hp	0,05 Hp
8	Harga	\$ 474	\$ 2.964	\$ 8.062	\$ 5.454	\$ 1.423

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku furfural dapat diperoleh dari PT. Sree International Indonesia, Jakarta dan hidrogen dapat diperoleh dari PT. Air Liquide Indonesia, serta katalis *copper-sodium silicate* dapat diperoleh di PT. Petrokimia Gresik. Bahan baku pembuatan furfural alkohol dengan proses reaksi hidrogenasi fasa uap adalah furfural sebanyak 18.104 ton/tahun dan hidrogen sebanyak 370 ton/tahun, serta katalis *copper-sodium silicate* sebanyak 10 ton/tahun.

3.3.2. Analisa Kebutuhan Peralatan Proses

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

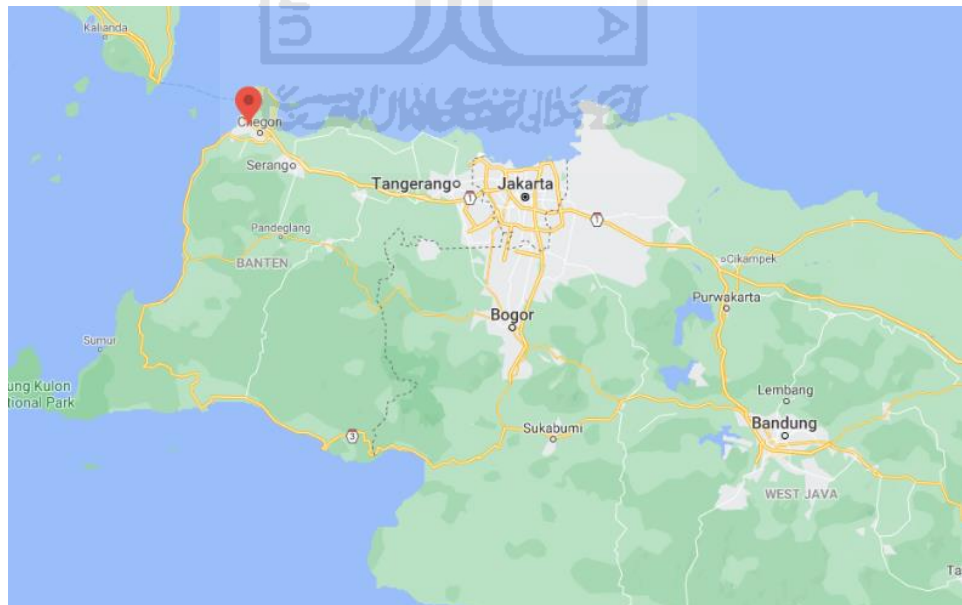
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan salah satu hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan secara langsung terhadap kelangsungan proses pabrik yang meliputi keberhasilan, kelancaran, serta nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Oleh karena itu, lokasi pabrik perlu dipertimbangkan dengan baik sejak perancangan pabrik. Secara umum, lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan sumber bahan baku, sumber air, jalan raya, berada di kota besar (terdapat unit perbengkelan dan menyediakan tenaga kerja yang memadai).

Pabrik Furfuril Alkohol dari furfural dan hidrogen dengan kapasitas 18.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Tepatnya di Jl. Asia Raya, Kotasari, Kecamatan Gerogol, Kota Cilegon, Banten.





Gambar 4. 1. Peta dan Lokasi Pendirian Pabrik

(Sumber : <https://maps.google.com>)

Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik tersebut dikarenakan 2 faktor, antara lain :

1. Faktor Primer, meliputi :
 - a. Penyediaan Bahan Baku
 - b. Pemasaran produk
 - c. Ketersediaan tenaga kerja
 - d. Ketersediaan lahan yang memadai
 - e. Infrastruktur
2. Faktor sekunder, meliputi :
 - a. Perluasan area pabrik
 - b. Perizinan
 - c. Prasarana dan fasilitas sosial

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

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

a. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pada proses pembuatan furfural alkohol ada 2, yaitu furfural dan hidrogen.

1) Furfural

Karena bahan baku furfural belum diproduksi dalam negeri maka bahan baku tersebut diperoleh dari *supplier* PT. Sree Internasional yang berada di Jakarta Selatan.

2) Hidrogen

Hidrogen diperoleh dari PT. Air Liquide Indonesia, Cilegon yang membangun stasiun hidrogen dekat area pabrik dan dialirkan secara *piping*.

b. Pemasaran Produk

Pabrik furfural alkohol didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan impor ke beberapa negara. Furfural alkohol merupakan pelarut yang banyak digunakan di industri pengecoran logam, industri tekstil, dan industri perekat. Kota Cilegon dan sekitarnya termasuk tempat yang strategis untuk pendistribusian produk, karena wilayah ini termasuk dalam kawasan industri, serta untuk pemasaran dalam negeri maupun pendistribusian ke luar negeri memiliki akses yang dekat dengan pabrik. Lokasi pabrik yang dekat dengan pelabuhan tentunya mempermudah proses distribusi produk dalam skala besar, menengah maupun kecil.

c. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Untuk tenaga kerja berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni universitas seluruh Indonesia maupun tenaga asing.

Sedangkan untuk tenaga operator ke bawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

d. Ketersediaan lahan yang memadai

Pabrik yang didirikan harus jauh dari pemukiman penduduk agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Juga perlu dipilih lokasi pabrik yang terdapat sumber air yang cukup banyak. Hal ini berkaitan dengan kemudahan untuk proses produksi pabrik.

e. Infrastruktur

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk, terdapat transportasi yang lancar baik darat maupun laut. Mengingat pembangunan di Indonesia yang mulai berkembang, telah tersedia jalan raya dan tol antar provinsi yang memadai sehingga pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Diantara faktor-faktor sekunder tersebut, meliputi :

a. Perluasan Area Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik yang berada di daerah Kawasan industri Cilegon, Jawa Barat. Sehingga memungkinkan adanya perluasan area pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

b. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga akan diperoleh kemudahan dalam mengurus izin pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang terpenting dalam proses pendirian pabrik. Hal-hal

yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik diantaranya :

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Pengoperasian, pengontrolan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

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

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi lalu lintas karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang saling berhubungan. Dalam menempatkan peralatan pabrik, tata letak alat proses, penyimpanan bahan baku dan produk atau gudang, transportasi, laboratorium, kantor harus di susun sedemikian rupa sehingga diperoleh koordinasi kerja yang efisien. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, pemadam kebakaran, pos penjaga, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas, barang dan proses.

Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menata pabrik agar efisien antara lain :

- a. Pemilihan lokasi memungkinkan untuk melakukan perluasan pabrik di masa yang akan datang.
- b. Distribusi utilitas yang tepat dan efisien

- c. Tata letak alat-alat pabrik disusun secara sistematis sehingga pengoperasian, pengawasan dan perbaikan mudah dilakukan.
- d. Buangan proses tidak mengganggu operasi pabrik dan masyarakat sekitarnya.
- e. Aspek keselamatan kerja yang lebih terjamin.
- f. Aspek estetika yang disesuaikan dengan lingkungan yang ada.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama. Masing-masing daerah utama tersebut dipakai untuk membantu proses produksi yang sedang berlangsung. Umumnya pada suatu pabrik terbagi menjadi 4 daerah utama, diantaranya yaitu:

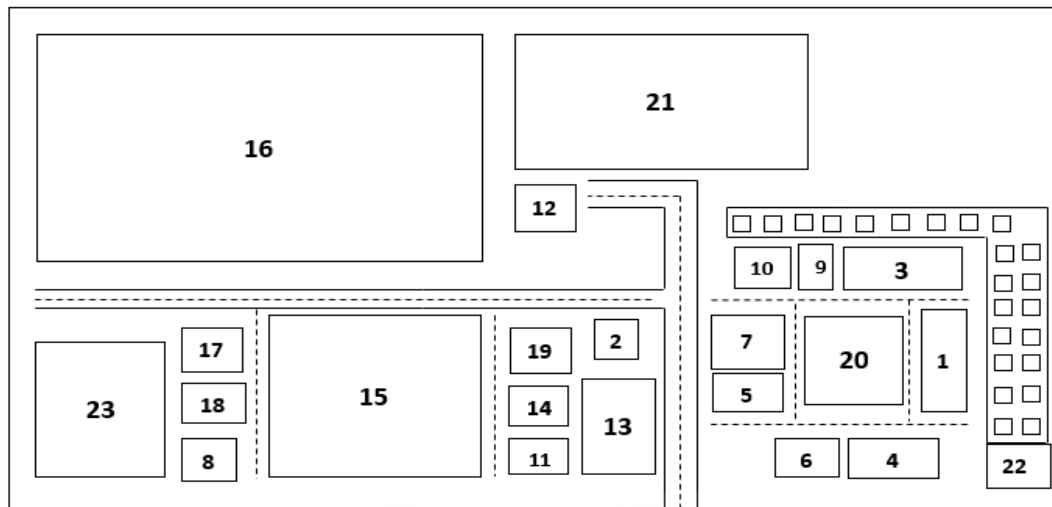
- Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control
Di sini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses serta produk.
- Daerah proses
Daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.
- Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi
Di tempat ini diletakkan alat-alat pabrik untuk disimpan selama alat tersebut tidak digunakan untuk proses produksi. Bengkel digunakan sebagai lokasi perawatan dan perbaikan alat-alat pabrik.
- Daerah utilitas
Daerah tempat berlangsungnya proses utilitas seperti penyediaan air bersih, kebutuhan steam, udara tekan dan listrik.

Rincian penggunaan luas tanah pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perincian Luas Tanah Pabrik

No	Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
		m	m	m ²
1	Kantor utama	45	15	675
2	Pos Keamanan/satpam	3	3	9
3	Mess	15	30	450
4	Parkir Karyawan	10	20	200
5	Parkir Truk	12	18	216
6	Parkir Tamu	10	20	200
7	Kantor teknik dan produksi	25	20	500
8	Klinik	10	10	100
9	Masjid	10	12	120
10	Kantin	15	10	150
11	Bengkel	10	20	200
12	Unit pemadam kebakaran	8	6	48
13	Gudang alat	22	18	396
14	Laboratorium	12	18	216
15	Utilitas	70	60	4.200
16	Area proses	158.4	74.4	11.785
17	Control Room	10	5	50
18	Control Utilitas	8	5	40
19	Unit K3	10	10	100
20	Jalan	200	8	1.600
21	Taman	30	30	900
22	Perluasan pabrik	100	50	5.000
23	Area Perumahan (23 unit)	10	10	2.300
24	Area pengolahan Limbah	75	50	3.750
Luas Tanah				33.238
Luas Bangunan				25.122
Total		889.4	525.4	58.360

Berikut adalah *layout* Pabrik Furfuril alkohol dengan kapasitas 18.000 ton/tahun



Skala = 1 : 500

Gambar 4. 2. Tata Letak Pabrik

Keterangan ;

- 1 : Kantor utama
- 2 : Pos keamanan
- 3 : Mess
- 4 : Parkir karyawan
- 5 : Parkir truk
- 6 : Parkir tamu
- 7 : Kantor Teknik dan produksi
- 8 : Klinik
- 9 : Masjid
- 10 : Kantin
- 11 : Bengkel
- 12 : Unit pemadam kebakaran
- 13 : Gudang alat
- 14 : Laboratorium
- 15 : Utilitas
- 16 : Area proses
- 17 : Control room
- 18 : Control Utilitas

- 19 : Unit K3
- 20 : Taman
- 21 : Perluasan pabrik
- 22 : Area perumahan (23 unit)
- 23 : Area pengolahan limbah

4.3. Tata Letak Alat Proses

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

4.3.1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.

4.3.2. Aliran udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Di samping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin.

4.3.3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4.3.4. Lalu lintas manusia

Perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan pekerja dalam menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

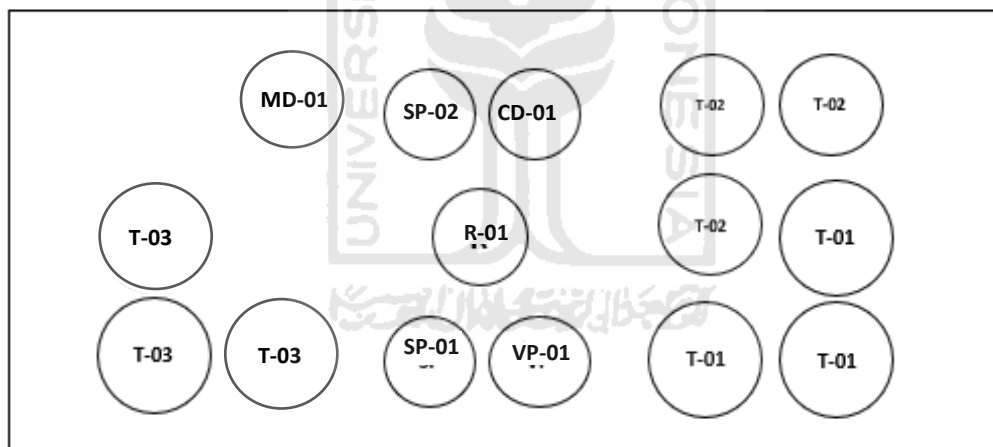
4.3.5. Tata letak alat proses

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

4.3.6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Berikut adalah *layout* tata letak alat proses Pabrik Furfuril Alkohol dengan Kapasitas 18.000 ton/tahun.



Skala = 1 : 1.000

Gambar 4. 3. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Furfuril alkohol

Keterangan :

- | | |
|-------|---|
| T-01 | : Tangki penyimpanan $C_5H_4O_2$ |
| T-02 | : Tangki penyimpanan H_2 |
| T-03 | : Tangki penyimpanan produk $C_5H_6O_2$ |
| R-01 | : Reaktor 1 |
| MD-01 | : Menara Distilasi 1 |
| VP-01 | : Vaporizer 1 |

SP-01	: Separator 1
CD-01	: Kondensor 1
SP-02	: Separator 2

Tata letak alat proses pada suatu pabrik haruslah ditata dengan baik dan benar. Penataan alat proses haruslah disesuaikan dengan keadaan tata ruang yang akan digunakan. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan.
- Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produk lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.

4.4. Alir Proses dan Material

Berdasarkan kapasitas yang ada maka diperoleh neraca massa dan neraca panas baik produk maupun bahan baku. Sehingga dapat ditentukan alat-alat apa yang akan digunakan dalam pendirian pabrik selain sifat-sifat kimia, fisik produk dan bahan baku. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas sebagai berikut:

4.4.1. Perhitungan Neraca Massa

Hasil perhitungan neraca massa pada proses pembuatan furfuril alkohol dengan kapasitas produksi 18.000 ton/tahun diuraikan sebagai berikut :

Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Waktu bekerja	: 330 hari
Satuan operasi	: kg/jam

Maka, kapasitas produksi furfural alkohol tiap jam adalah :

$$= \frac{18.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 2.272,7273 \text{ kg/jam}$$

a. Neraca Massa di Separator I (S-01)

Tabel 4.2. Neraca Massa di Separator I

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
C ₅ H ₄ O ₂	2.240,2107	0,6820	2.239,5287
H ₂ O	45,7070	0,0023	45,7050
Jumlah	2.285,9177	2.285,9177	

b. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 4.3. Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 5	Arus 9	Arus 10
C ₅ H ₄ O ₂	2.239,5287	-	11,1976
H ₂	-	234,9547	188,1987
H ₂ O	45,7047	-	2.275,1798
C ₅ H ₆ O ₂	-	-	45,7047
Jumlah	2.520,2808		2.520,2808

c. Neraca Massa di Separator II (S-02)

Tabel 4.4. Neraca Massa di Separator II

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C ₅ H ₄ O ₂	11,1976	0,2296	10,8980
H ₂	188,1987	188,1987	-
C ₅ H ₆ O ₂	2.275,1798	19,7971	2.255,3828
H ₂ O	45,7047	9,7496	35,9550
Jumlah	2.520,2808	2.520,2808	

d. Neraca Massa di Mix Point H₂

Tabel 4.5. Neraca Massa di Mix Point H₂

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 7	Arus 12	Arus 8
C ₅ H ₄ O ₂	-	0,2296	0,2996
H ₂	46,756	188,1987	234,9547
C ₅ H ₆ O ₂	-	19,7971	19,7971
H ₂ O	-	9,7496	9,7496
Jumlah	264,8010		264,8010

e. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.6. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 15	Arus 20	Arus 24
H ₂ O	35,9550	35,955	
C ₅ H ₄ O ₂	10,8980	2,0299	8,8681
C ₅ H ₆ O ₂	2.255,3827	0,7946	2.254,5881
Jumlah	2.302,2357	2.302,2357	

f. Neraca Massa di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)

Tabel 4.7. Neraca Massa di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 16	Arus 18	Arus 19
H ₂ O	72,6048	36,6498	35,9550
C ₅ H ₄ O ₂	4,099	2,0691	2,0299
C ₅ H ₆ O ₂	1,6045	0,8099	0,7946
Jumlah	78,3083	78,3083	

g. Neraca Massa di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)

Tabel 4.8. Neraca Massa di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 21	Arus 22	Arus 23
H ₂ O	-	-	-
C ₅ H ₄ O ₂	10,4397	1,5716	8,8681
C ₅ H ₆ O ₂	2.654,14	399,5519	2.254,5881
Jumlah	2.664,5797	2.664,5797	

4.4.2. Perhitungan Neraca Panas

a. Neraca Panas di Vaporizer

Tabel 4.9. Neraca Panas di Vaporizer (VP-01)

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas keluar (kJ/jam)
Umpan	20.708,7081	-
Produk	-	1.703.793,8624
Steam	1.683.085,1543	-
Total	1.703.793,8624	1.703.793,8624

b. Neraca Panas di Heater I (H-01)

Tabel 4.10. Neraca Panas di Heater I (HE-01)

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas keluar (kJ/jam)
Umpan	44.772,2823	-
Produk	-	497.272,0387
Steam	452.499,7564	-
Total	497.272,0387	497.272,0387

c. Neraca Panas di Reaktor

Tabel 4.11. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas keluar (kJ/jam)
Umpan	-897.969,5397	-
Produk	-	878.536,2116
Panas Reaksi	-1.593.273,325	-
Pendingin	-	-3.369.779,0758
Total	-2.491.242,8642	-2.491.242,8642

d. Neraca Panas di Kondensor (CD-01)

Tabel 4.12. Neraca Panas di Kondensor (CD-01)

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas keluar (kJ/jam)
Umpan	878.536,2116	-
Produk	-	-1.825.548,5645
Pendingin	-2.704.084,7761	-
Total	-1.825.548,5645	-1.825.548,5645

e. Neraca Panas di Heater II (HE-02)

Tabel 4.13. Neraca Panas di Heater II (HE-02)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Umpan	172.707,0676	-
Produk	-	818.215,8001
Steam	645.508,7325	-
Total	818.215,8001	818.215,8001

f. Neraca Panas di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)

Tabel 4.14. Neraca Panas di Kondensor Menara Distilasi (CD-02)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Umpan	847.595,8811	-
Produk	-	-138.424,5890
Pendingin	-986.020,4701	-
Total	-138.424,5890	-138.424,5890

g. Neraca Panas di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)

Tabel 4.15. Neraca Panas di Reboiler Menara Distilasi (RB-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Umpan	1.887.783,3938	-
Produk	-	2.171.272,1895
Steam	283.488,7957	-
Total	2.171.272,1895	2.171.272,1895

h. Neraca Panas di Cooler I (HE-03)

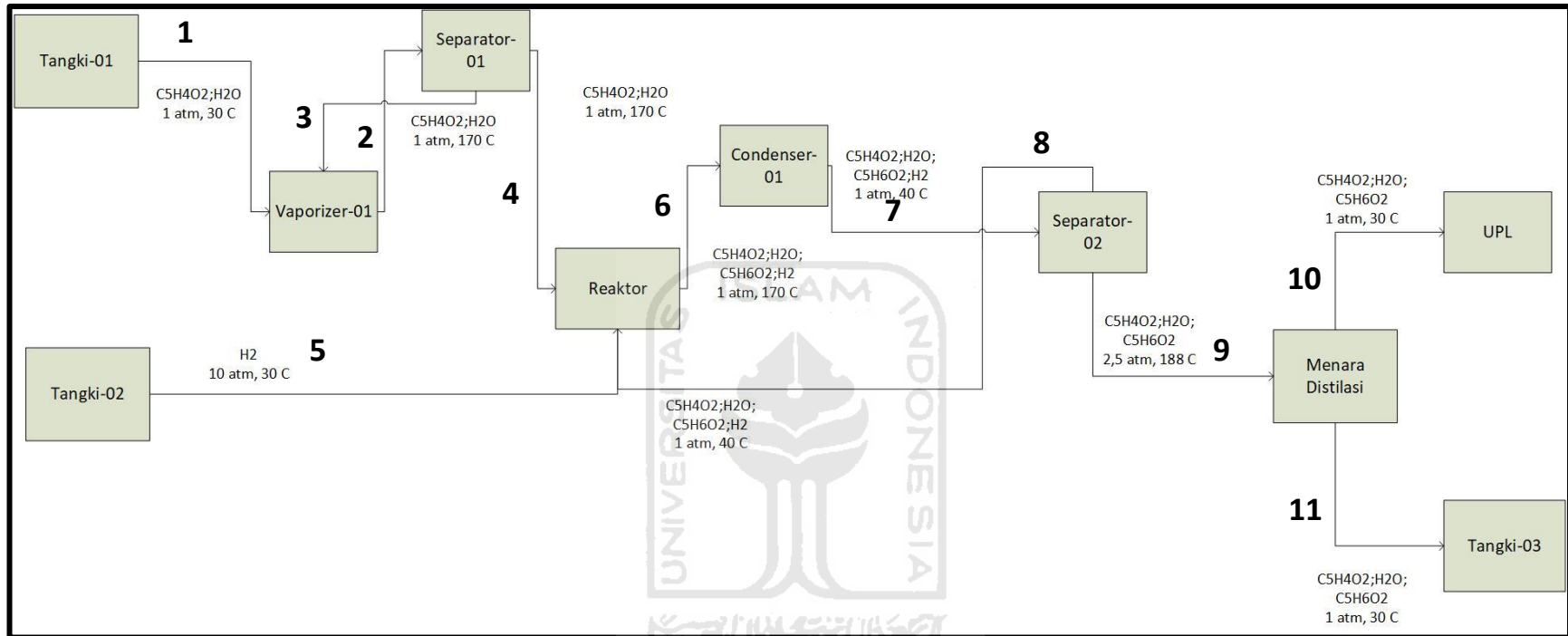
Tabel 4.16. Neraca Panas di Cooler I (HE-03)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Umpan	15.540,1407	-
Produk	-	779,5280
Pendingin	-14.760,6127	-
Total	779,5280	779,5280

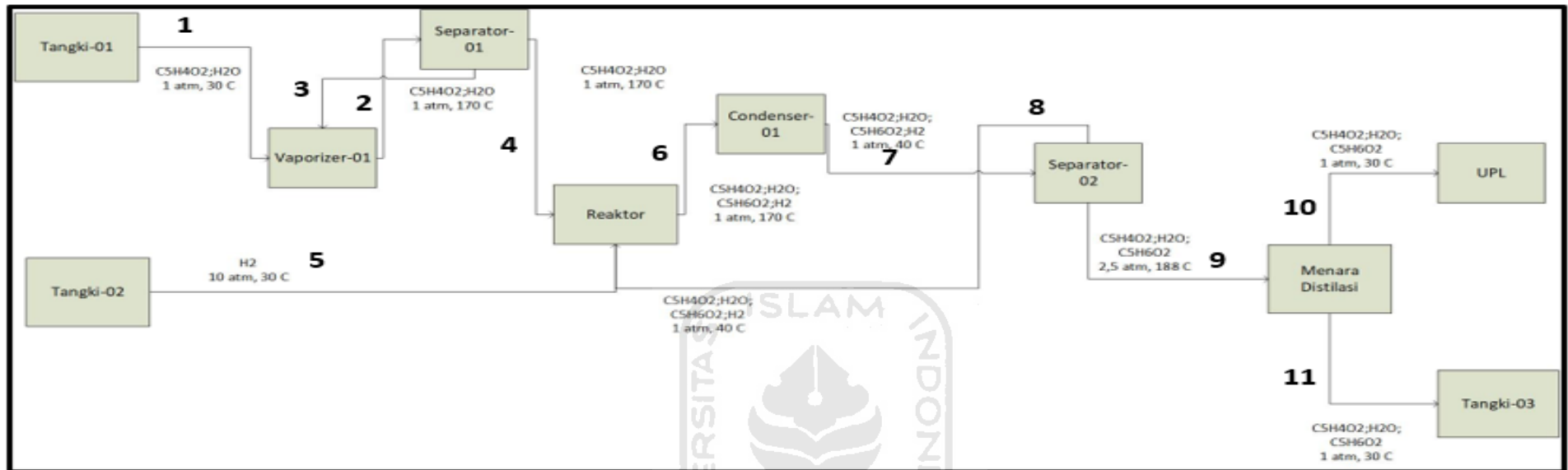
i. Neraca Panas di Cooler II (HE-04)

Tabel 4.17. Neraca Panas di Cooler II (HE-04)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Umpan	614.841,8158	-
Produk	-	140.998,5176
Pendingin	-473.843,2982	-
Total	140.998,5176	140.998,5176



Gambar 4.4. Diagram Alir Kualitatif



Komponen	Arus										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H ₂	-	-	-	-	234,9547	188,1987	188,1987	188,1987	-	-	-
H ₂ O	45,7070	45,7070	0,0023	45,7047	-	45,7047	45,7047	9,7496	35,9550	35,9550	-
C ₅ H ₄ O ₂	2240,2107	2240,2107	0,6820	2239,5287	-	11,1976	11,1976	0,2996	10,8980	2,0299	8,8681
C ₅ H ₆ O ₂	-	-	-	-	-	2275,1798	2275,1798	19,7971	2255,3828	0,7946	2254,5881
Total	2285,9177	2285,9177	0,6843	2285,2334	234,9547	2520,2809	2520,2809	218,0450	2302,2358	38,7796	2263,4563

Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif

4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Utilitas pada suatu pabrik merupakan sarana penunjang utama dalam kelancaran proses produksi. Agar proses produksi tersebut dapat terusberkesinambungan harus didukung oleh sarana dan prasarana utilitas yang baik. Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi.

Berdasarkan kebutuhannya, penyediaan utilitas yang tersedia pada pabrik pembuatan Furfuril Alkohol ini meliputi :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*water system*)
2. Unit penyediaan Dowtherm A
3. Unit pembangkit steam (*Steam generation system*)
4. Unit pembangkit listrik (*Power plant*)
5. Unit penyediaan bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah
7. Unit penyediaan udara tekan

4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Kebutuhan air meliputi air umpan boiler, air domestik untuk keperluan kantor dan rumah tangga, air servis untuk bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, mushola, taman, dan lain- lain, serta air cadangan. Air diperoleh dari sungai yang terdekat dengan lokasi pabrik yaitu Sungai Kali Berung yang kemudian diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan. Secara sederhana, pengolahan ini meliputi pengendapan, penggumpalan, penyaringan, demineralisasi, dan deaerasi. Air yang telah digunakan sebagai steam, dapat di-recycle guna menghemat air.

Kebutuhan air pada pabrik pembuatan Furfuril Alkohol dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Kebutuhan Air

No	Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
1	Air Domestik	1.473
2	Air umpan boiler	2.000
3	Air make up steam	400
4	Air servis	333
Jumlah		4.206

Untuk menjamin kelangsungan penyediaan air, maka di lokasi sumber air dibangun fasilitas penampungan air (*water intake*) yang juga merupakan tempat pengolahan awal air sungai.

Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air. Selanjutnya air dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya. Pengolahan air di pabrik furfuril alkohol ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. *Screening*
2. Sedimentasi
3. Koagulasi dan flokulasi
4. Klarifikasi
5. Filtrasi
6. Klorinasi
7. Demineralisasi
8. Deaerasi

4.5.1.1. Spesifikasi Alat Pengolahan Air

1. Screening (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya.

Bahan : Aluminium

Spesifikasi : - Diameter lubang saringan yang digunakan 1 cm.
- Panjang saringan yang digunakan 10 ft dan lebar 8 ft . (*Brown, 1961*)

2. Bak Sedimentasi (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai.

Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Volume : 36,3755 m³

Dimensi : Tinggi = 2,0873 m

Lebar = 2,0645 m

Panjang = 2,0645 m

3. Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)

Fungsi : Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak sedimentasi dengan menambahkan alum dan soda kaustik.

Jenis : Bak silinder tegak

Volume : 6,0572 m³

Dimensi : Tinggi = 1,9761 m

Diameter = 1,9761 m

4. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu operasi.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk.

Volume : 0,0397 m³

Dimensi : Tinggi = 0,5871 m

Diameter = 0,2935 m

5. Clarifier (C-01)

Fungsi : Mengendapkan gumpalan-gumpalan yang terbentuk di bak penggumpal.

Jenis : Bak silinder tegak dengan bottom kerucut.

Waktu pengendapan: 4 jam (*Powell ST, P.47*)

Volume : 21,8673 m³
Dimensi : Tinggi = 3,7315 m
Diameter = 3,0314 m

6. Bak Saringan Pasir (BU-03)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada didalam air sungai.

Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Volume : 0,5763 m³

Dimensi : Tinggi = 0,5242 m

Panjang = 1,0485 m

Lebar = 1,0485 m

7. Bak Penampung Sementara (BU-04)

Fungsi : Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*.

Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin.

Volume : 4,9202 m³

Dimensi : Tinggi = 1,0715 m

Panjang = 2,1429 m

Lebar = 2,1429 m

8. Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit kedalam air untuk kebutuhan rumah tangga serta berfungsi sebagai disinfektan.

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk dengan alas dan tutup datar.

Volume : 1,7275 m³

Dimensi : Tinggi = 1,3007 m

Diameter = 1,3007 m

9. Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam tangki klorinasi (TU-02).

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk.

Volume : 1,4434 m³

Dimensi : Tinggi = 1,2251 m
Diameter = 1,2251 m

10. Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas dan tutup datar.

Volume : 41,4599 m³

Dimensi : Tinggi = 3,7519 m
Diameter = 3,7519 m

11. Tangki Air Servis (TU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan layanan umum.

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas dan tutup datar.

Volume : 9,3825 m³

Dimensi : Tinggi = 2,2864 m
Diameter = 2,2864 m

12. *Mixed Bed* (TU-06)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Na, serta anion seperti Cl, SO₄, NO₃, dan CO₃²⁻.

Jenis : Tangki silinder tegak.

Volume : 0,1662 m³

Dimensi : Tinggi = 1,3716 m
Diameter = 0,4304 m

13. Tangki NaCl (TU-07)

Fungsi : Menampung atau menyimpan larutan NaCl yang Akan digunakan untuk meregenerasi kation & anion *exchanger*.

Jenis : Tangki silinder tegak.

Volume : 7,3956 m³

Dimensi : Tinggi = 2,1120 m
Diameter = 2,1120 m

14. Tangki Air Demin (TU-08)

Fungsi : Menampung air bebas mineral sebagai air umpan boiler.

Jenis : Tangki silinder tegak.

Volume : 56,3077 m³

Dimensi : Tinggi = 4,1550 m
Diameter = 4,1550 m

15. Deaerator (De-01)

Fungsi : Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam *feed water* yang menyebabkan kerak pada reboiler dan turbin trip.

Jenis : Tangki silinder tegak.

Volume : 2,3462 m³

Dimensi : Tinggi = 1,4404 m
Diameter = 1,4404 m

16. Tangki N₂H₄ (TU-09)

Fungsi : Menyimpan larutan N₂H₄ selama 2 bulan.

Jenis : Tangki silinder tegak.

Volume : 1,2198 m³

Dimensi : Tinggi = 1,1583 m
Diameter = 1,1583 m

4.5.2. Unit Penyediaan Dowtherm A

Dowtherm A digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses yang digunakan (Reaktor, Condensor, dan Cooler). Kondisi operasi proses dilakukan dalam fase gas serta beroperasi pada suhu diatas 100 °C. Jika menggunakan air sebagai media pendingin, akan banyak air yang akan teruapkan dan konsumsi air juga akan banyak karena kondisi operasi diatas titik didih air. Maka, dicari bahan pendingin yang sifat fisik dan kimianya lebih ringan dan dapat bertahan pada suhu tinggi. Oleh karena itu dipilih dowtherm A sebagai pendingin yang terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter). Senyawa ini memiliki tekanan uap yang sama , sehingga campuran dapat ditangani seolah-olah itu senyawa tunggal.

Dowtherm A adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60 °F sampai 750 °F (15 – 400) °C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 10,4 atm (10,6 bar). Fluida ini stabil, tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan . Fluida ini *noncorrosive* untuk logam biasa dan paduan.

(msdssearch.dow.com)

Kebutuhan Dowtherm A pada pabrik pembuatan Furfuril Alkohol dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Kebutuhan Dowtherm A

No	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
1	Cooler 01	CO-01	169
2	Cooler 02	CO-02	3.976
3	Reaktor	R-01	30.023
4	Kondenser	CD-01	24.450
5	Kondenser MD	CD MD-01	40.990
Total			99.608

Karena pendingin yang akan diproses di *cooling water* adalah dowtherm, dikhawatirkan akan ada dowtherm yang menguap dan terbang ke

atmosfer. Oleh karena itu, pengadaan dowtherm sebagai cooling water diledihkan 20% lebih banyak dari jumlah kebutuhannya. Sehingga kebutuhan dowtherm menjadi $20\% \times 99.606,9416 \text{ kg/jam} = 119.528,33 \text{ kg/jam}$.

4.5.2.1. Spesifikasi Alat Pengolahan Dowtherm A

1. Tangki Penyimpanan Dowtherm A (TU-10)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan dowtherm A sebagai media pendingin.

Jenis : Tangki silinder vertikal dengan *flat bottom* dan *torispherical head*..

Volume : $19.453,2977 \text{ m}^3$

Dimensi : Tinggi = $5,3413 \text{ m}$

Diameter = $2,4384 \text{ m}$

2. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan dowtherm A setelah digunakan.

Jenis : *Cooling tower induced draft*.

Luas tower : $17,7903 \text{ m}^2$

Dimensi : Panjang = $4,2179 \text{ m}$

Lebar = $4,2179 \text{ m}$

3. *Blower Cooling Tower* (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan dowtherm yang akan didinginkan.

Kebutuhan udara : $3.565.318,8844 \text{ ft}^3/\text{jam}$

Power blower : $124,2755 \text{ Hp}$

Power motor : 125 Hp

4.5.3. Unit Pembangkit Steam (*Steam generation system*)

Air yang digunakan sebagai umpan boiler digunakan untuk membuat steam. Steam jenuh yang dihasilkan boiler merupakan steam yang memiliki suhu 210 °C dengan tekanan 1 atm.

Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Kebutuhan Steam

No	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
1	Heater 01	HE-01	238,35
2	Heater 02	HE-02	392,58
3	Vaporizer	VP-01	886,53
4	Reboiler MD	RB MD-01	149,32
Total			1.666,78

Untuk perancangan, kebutuhan steam diletakkan 20% lebih banyak dari jumlah kebutuhannya. Sehingga kebutuhan steam menjadi $20\% \times 1.666,7830 \text{ kg/jam} = 2.000,1396 \text{ kg/jam}$. Kebutuhan steam ini dipenuhi oleh *water tube boiler* utilitas. Sebelum masuk *boiler*, air harus dihilangkan kesadiahannya, karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Oleh karena itu, sebelum masuk *boiler*, air dilewatkan dalam *ion exchanger* dan deaerasi terlebih dahulu.

4.5.3.1. Spesifikasi Alat Pembangkit Steam

Nama Alat	: Boiler (BO-01)
Fungsi	: Membuat steam jenuh dengan suhu 210 °C, 1 atm.
Kapasitas	: 5.681.475,43 kJ/jam
Luas Perpindahan Panas	: 16,0770 m ²
Kebutuhan bahan bakar	: 4,3439 m ³ /hari
Dimensi	: Diameter = 3,1507 m Tinggi = 6,3014 m

4.5.4. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant*)

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi

- a. Listrik untuk keperluan alat proses dan utilitas yang dijabarkan pada uraian berikut ini:

Tabel 4.21. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 1	P-01	0,5	372,85
Pompa 2	P-02	0,5	372,85
Pompa 3	P-03	0,125	93,2125
Pompa 4	P-04	0,05	37,285
Blower 1	BL-01	0,05	37,285
Blower 2	BL-02	0,08333	62,139181
Blower 3	BL-03	0,33333	248,54181
Blower 4	BL-04	0,25	186,425
Blower 5	BL-05	0,05	37,285
TOTAL			1.447,87

Tabel 4.22. Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 1	PU-01	0,75	559,28
Pompa 2	PU-02	0,75	559,28
Pompa 3	PU-03	0,75	559,28
Pompa 4	PU-04	0,05	37,29
Pompa 5	PU-05	0,50	372,85
Pompa 6	PU-06	0,50	372,85
Pompa 7	PU-07	0,50	372,85
Pompa 8	PU-08	0,25	186,43
Pompa 9	PU-09	0,05	37,29
Pompa 10	PU-10	0,17	124,31
Pompa 11	PU-11	0,17	124,31
Pompa 12	PU-12	0,05	37,29
Pompa 13	PU-13	0,05	37,29
Pompa 14	PU-14	0,25	186,43
Pompa 15	PU-15	0,25	186,43
Pompa 16	PU-16	0,05	37,29
Pompa 17	PU-17	0,25	186,43

Lanjutan Tabel 4.22.

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 18	PU-18	10	7.457
Pompa 19	PU-19	3	2.237
Pompa 20	PU-20	3	2.237
Pompa 21	PU-21	3	2.237
Pompa 22	PU-22	0,05	37,29
Pompa 23	PU-23	0,50	373
Pompa 24	PU-24	10	7.457
Kompresor	KU-01	5	3.729
Blower Cooling Tower	-	125	93.213
Pengaduk bak koagulasi	-	2	1.491
Pengaduk tangki alum	-	0,50	373
Pengaduk tangki klorinasi	-	1,50	1.119
Pengaduk tangki kaporit	-	5	3.729
TOTAL			129.665

Total kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas = 131,11 kWatt. Diambil angka keamanan 10%, sehingga total kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas adalah $10\% \times 131,11 \text{ kWatt} = 144,2 \text{ kWatt}$

- b. Listrik untuk instrumentasi dan kontrol sebanyak 5% dari kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas, sehingga $5\% \times 144,2 \text{ kWatt} = 7,2 \text{ kWatt}$.
- c. Listrik untuk keperluan kantor dan rumah tangga sebanyak 25% dari kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas, sehingga $25\% \times 144,2 \text{ kWatt} = 36,1 \text{ kWatt}$.

Total kebutuhan listrik adalah 187,5 kW. Dengan faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 234,4 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator listrik.

4.5.4.1. Spesifikasi Alat Pembangkit Listrik

Nama Alat	: Generator (G-01)
Fungsi	: Alat cadangan pembangkit listrik.
Jenis	: AC Generator
Kapasitas	: 234,4 kW/jam
Kebutuhan bahan bakar	: 0,0064 kg/jam
Dimensi tangki bahan bakar	: Diameter = 0,1 m Tinggi = 0,2 m

4.5.5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara pneumatic. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat control sebanyak 48 buah diperkirakan 89,7178 m³/jam pada tekanan 5,5 bar dan suhu 30 °C. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor.

4.5.5.1. Spesifikasi Alat Penyediaan Udara Tekan

1. Kompresor (KU-01)

Fungsi	: Mengompres udara menjadi udara bertekanan.
Jenis	: <i>Single stage centrifugal compressor</i>
Laju Alir udara	: 56,1 m ³ /jam
Daya	: 5 Hp

2. Tangki Silica gel (TU-11)

Fungsi	: Menampung udara kering
Volume	: 0,0336 m ³
Dimensi	: Diameter = 0,3055 m Tinggi = 0,6110 m

4.5.6. Maintenance

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

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

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

- *Over haul* 1 tahun
Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.
- *Repairing*
Merupakan kegiatan maintenance yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance adalah :

1. Umur alat
Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.
2. Bahan baku
Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

4.6. Organisasi Perusahaan

4.6.1. Bentuk Perusahaan

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

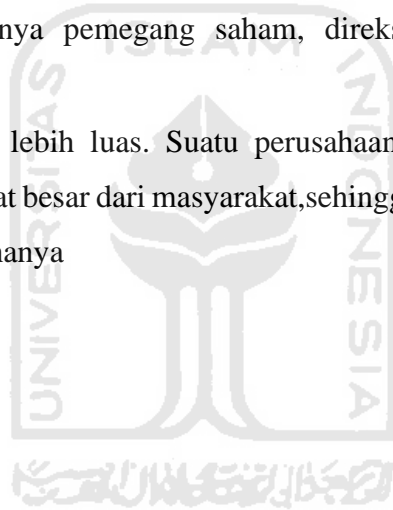
Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk PT atau korporasi. PT merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Bentuk PT memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

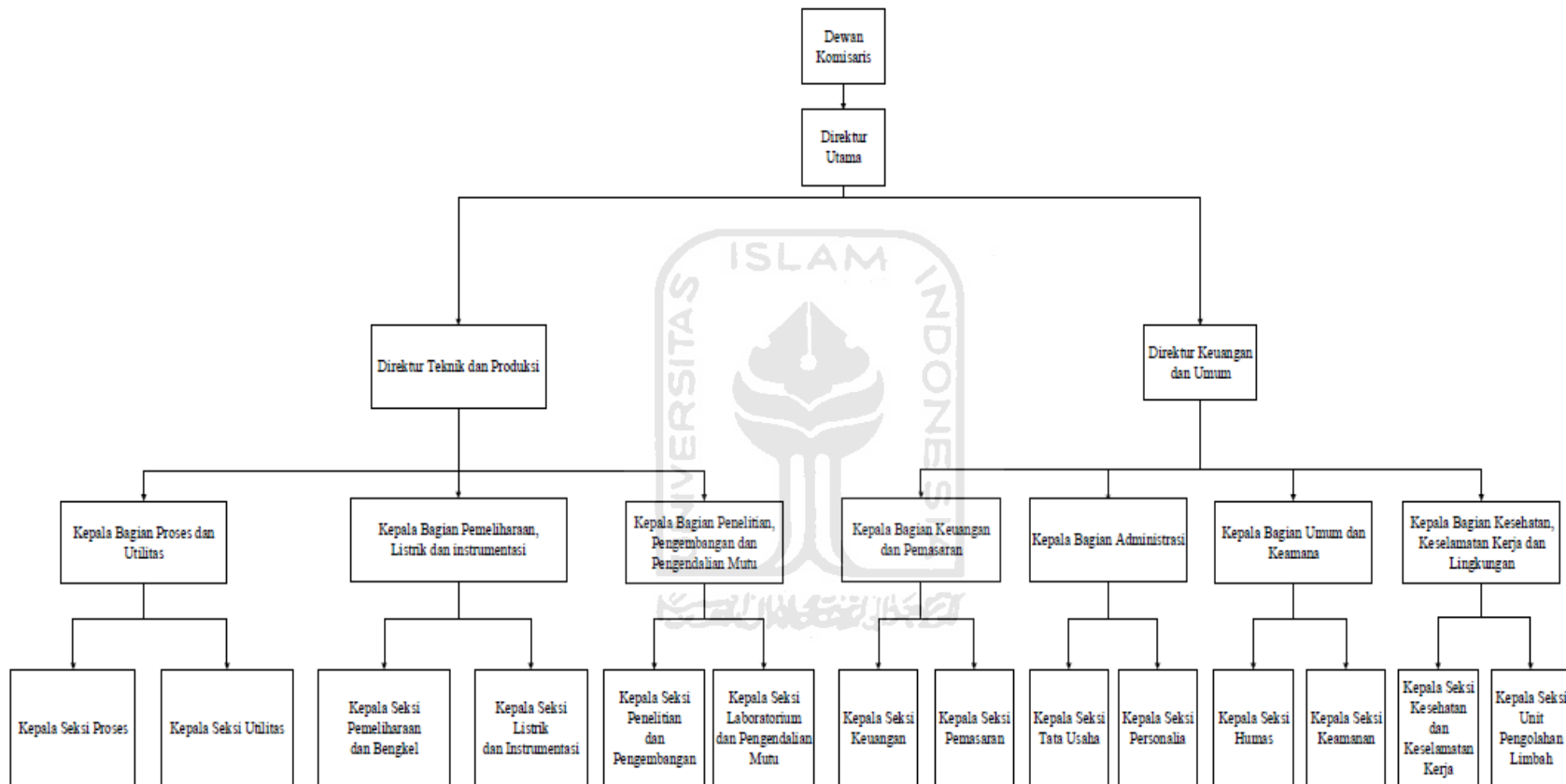
- Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum.
Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengelola perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka ijin diberikan. Dengan izin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengelolaan intern perusahaan.
- Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham).
Hal ini bermaksud bahwa perusahaan ini didirikan bukan dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang terpisah. Kepemilikannya dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruhi olehnya.
- Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar.
Perseroan terbatas sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang kompleks.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

- Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf, serta karyawan perusahaan.
- Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya



4.6.2. Struktur Organisasi



Gambar 4. 6. Struktur Organisasi

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

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

- Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- Pendelegasian wewenang
- Pembagian tugas kerja yang jelas
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem line dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

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

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Manajer Produksi serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Produksi membawahi bidang produksi, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membidangi yang lainnya. Manajer membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian daripada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

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

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

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

4.6.3. Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

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

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

2. Dewan Komisaris

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

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

3. Direktur Utama

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

Direktur utama membawahi :

- **Direktur Teknik dan Produksi**
Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.
- **Direktur Keuangan dan Umum**
Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4. Kepala Bagian

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

- **Kepala Bagian Proses dan Utilitas**
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.
- **Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi**
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- **Kepala Bagian Pengendalian Mutu dan Pengembangan**
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan pengembangan perusahaan dan pengawasan mutu.
- **Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

- Kepala Bagian Administrasi
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.
- Kepala Bagian Humas dan Keamanan
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.
- Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan
Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

5. Kepala Seksi

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

- Kepala Seksi Proses
Tugas :Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.
- Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk
Tugas :Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta megontrol produk yang dihasilkan
- Kepala Seksi Utilitas
Tugas :Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam,bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
- Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

- Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

- Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

- Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

- Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

- Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

- Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

- Kepala Seksi Personalita

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

- Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

- Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

- Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Tugas :Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
- Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah
Tugas : Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.6.4. Hak-hak Karyawan

1. Cuti Tahunan

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

2. Hari Libur Nasional

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

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4. Gaji karyawan

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

Tabel 4.23. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	Rp 35.000.000	Rp 50.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
5	Staff Ahli	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
6	Ka. Bag Umum	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
9	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
10	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
11	Ka. Bag. Litbang	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
12	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
13	Ka. Sek. Humas	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
14	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
15	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
16	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
17	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
18	Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
19	Ka. Sek. Proses	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
20	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
21	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
22	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
23	Ka. Sek. Pengembangan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
24	Ka. Sek. Penelitian	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
25	Karyawan Personalia	2	Rp 5.500.000	Rp 11.000.000
26	Karyawan Humas	3	Rp 5.500.000	Rp 16.500.000
27	Karyawan Keamanan	4	Rp 5.500.000	Rp 22.000.000
28	Karyawan Pembelian	3	Rp 5.500.000	Rp 16.500.000
29	Karyawan Pemasaran	4	Rp 5.500.000	Rp 22.000.000
30	Karyawan Administrasi	3	Rp 5.500.000	Rp 16.500.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	2	Rp 5.500.000	Rp 11.000.000
32	Karyawan Proses	8	Rp 5.500.000	Rp 44.000.000
33	Karyawan Pengendalian	4	Rp 5.500.000	Rp 22.000.000
34	Karyawan Laboratorium	4	Rp 5.500.000	Rp 22.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp 5.500.000	Rp 22.000.000
36	Karyawan Utilitas	8	Rp 5.500.000	Rp 44.000.000
37	Karyawan K3	5	Rp 5.500.000	Rp 27.500.000

Lanjutan Tabel 4.23.

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
38	Karyawan Litbang	3	Rp 5.500.000	Rp 16.500.000
39	Karyawan UPL	5	Rp 5.500.000	Rp 27.500.000
40	Karyawan Pretreatment	8	Rp 5.500.000	Rp 44.000.000
41	Operator	24	Rp 5.500.000	Rp 132.000.000
42	Sekretaris	3	Rp 5.500.000	Rp 16.500.000
43	Dokter	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
44	Paramedis	2	Rp 5.500.000	Rp 11.000.000
45	Sopir	4	Rp 4.250.000	Rp 17.000.000
46	Bengkel	2	Rp 4.250.000	Rp 8.500.000
47	Cleaning Service	20	Rp 4.250.000	Rp 85.000.000
Total		150		Rp 989.000.000
				\$ 67.014,50

5. Jam Kerja Karyawan

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

a. Jam kerja karyawan *non-shift*

Jam kerja karyawan *non-shift* adalah 8 jam, dengan jadwal sebagai berikut :

- Hari Senin – Kamis

Masuk kerja : 07.00 – 12.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Masuk kembali : 13.00 – 16.00

- Hari Jumat

Masuk kerja : 07.00 – 11.30

Istirahat : 11.30 – 13.30

Masuk kembali : 13.30 – 17.00

- Hari Sabtu dan Minggu libur.

b. Jam kerja karyawan *shift*

Jadwal kerja karyawan *shift* dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00
- Shift Sore : 15.00 – 23.00
- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam Tabel 4.24.

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

Tabel 4.24. Jadwal Kerja

Keterangan :

P = Shift Pagi

M = Shift Malam

S = Shift Siang

L = Libur

4.7. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama

dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang dipertimbangkan adalah:

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

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

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
Meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Total Pendapatan

4.7.1. Penaksiran Harga Peralatan

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

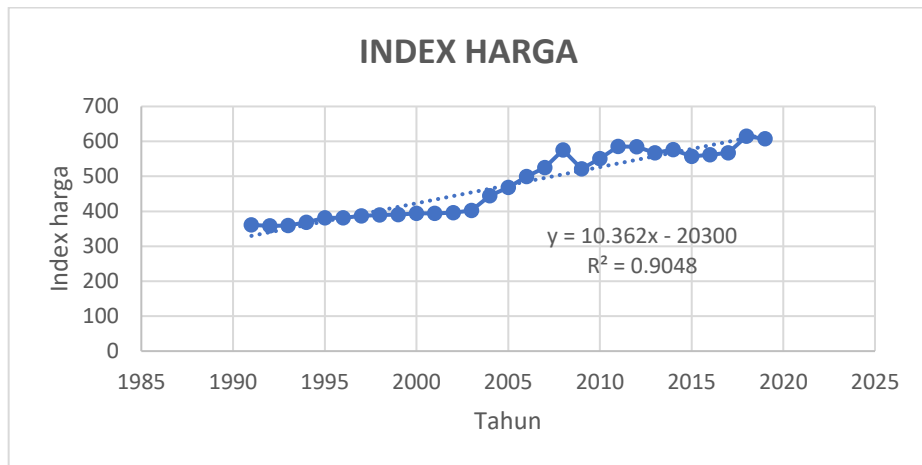
Pabrik Furfuril Alkohol beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2025. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa.

Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa yang dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.25. Indeks Harga

Tahun	Indeks
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	561,7
2017	567,5
2018	614,6
2019	607,5

Sumber : www.chemengonline.com



Gambar 4.7. Grafik Indeks Harga

Dari grafik diatas, diperoleh persamaan $y = 10,362x - 20.300$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah :

Tabel 4.26. Indeks Harga pada Tahun Perancangan

Tahun	Index
2019	620,878
2020	631,240
2021	641,602
2022	651,964
2023	662,326
2024	672,688
2025	683,050

Jadi, indeks harga pada tahun 2025 adalah 683,05.

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

$$Cx = \left(\frac{Nx}{Ny} \right) Cy$$

(Aries and Newton, 1955)

Dimana:

Cx : Harga pembelian pada tahun evaluasi (2025)

Cy : Harga pembelian pada tahun referensi (2014)

Nx : Index harga pada tahun evaluasi (2025)

Ny : Index harga pada tahun referensi (2014)

4.7.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Furfuril Alkohol = 18.000 ton/tahun

Harga jual produk =Rp 44.274,-/kg

(alibaba.com)

Satu tahun produksi = 330 hari

Umur alat = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2025

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.758,-

4.7.3. Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

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

Capital Investment terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

2. *Manufacturing Cost*

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

produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

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

c. *Fixed Cost*

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

d. *General Expense*

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

4.7.4. Analisa Kelayakan

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

1. *Percent Return On Investment*

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

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

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

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

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

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

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

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

5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah :

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

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

Persamaan untuk menentukan DCFR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.7.5. Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik furfural alkohol memerlukan rencana *Physical Plant Cost* (PPC), *Production Cost* (PC), *Manufacturing Cost* (MC) , serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada Tabel 4.27. sampai 4.40.

Tabel 4.27. Physical Plant Cost

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 105.055.182.575	\$ 7.118.524
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 26.263.795.644	\$ 1.779.631
3	Instalasi cost	Rp 24.057.110.039	\$ 1.630.106
4	Pemipaan	Rp 65.931.366.910	\$ 4.467.500
5	Instrumentasi	Rp 27.557.188.810	\$ 1.867.271
6	Insulasi	Rp 5.104.942.970	\$ 345.910
7	Listrik	Rp 15.758.277.386	\$ 1.067.779
8	Bangunan	Rp 56.524.410.000	\$ 3.830.086
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 83.094.900.000	\$ 5.630.499
Physical Plant Cost (PPC)		Rp 409.347.174.335	\$ 27.737.307

Tabel 4.28. Direct Plant Cost

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 81.869.434.867	\$ 5.547.461
Total (DPC + PPC)		Rp 491.216.609.201	\$ 33.284.768

Tabel 4.29. Fix Capital Investment

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 491.216.609.201	\$ 33.284.768
2	Kontraktor	Rp 24.560.830.460	\$ 1.664.238
3	Biaya tak terduga	Rp 49.121.660.920	\$ 3.328.477
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp 566.899.100.582	\$ 38.277.483

Tabel 4.30. Direct Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 412.918.445.712	\$ 27.979.296
2	<i>Labor</i>	Rp 989.000.000	\$ 67.015
3	<i>Supervision</i>	Rp 148.350.000	\$ 10.052
4	<i>Maintenance</i>	Rp 22.595.964.023	\$ 1.531.099
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 3.389.394.603	\$ 229.665
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 7.969.320.000	\$ 540.000
7	<i>Utilities</i>	Rp 42.385.375.743	\$ 2.872.027
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp 490.395.850.082	\$ 33.229.154

Tabel 4.31. Indirect Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 148.350.000	\$ 10.052
2	<i>Laboratory</i>	Rp 98.900.000	\$ 6.701
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 494.500.000	\$ 33.507
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 87.662.520.000	\$ 5.940.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 88.404.270.000	\$ 5.990.261

Tabel 4.32. Fixed Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 45.191.928.047	\$ 3.062.199
2	<i>Property taxes</i>	Rp 11.297.982.012	\$ 765.550
3	<i>Insurance</i>	Rp 5.648.991.006	\$ 382.775
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 62.138.901.064	\$ 4.210.523

Tabel 4.33. Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 490.395.850.082	\$ 33.229.154
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 88.404.270.000	\$ 5.990.261
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 62.138.901.064	\$ 4.210.523
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp 640.939.021.146	\$ 43.429.938

Tabel 4.34. Working Capital

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 37.538.040.519	\$ 2.543.572
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 80.117.377.643	\$ 5.428.742
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 58.267.183.741	\$ 3.948.176
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 72.448.363.636	\$ 4.909.091
5	<i>Available Cash</i>	Rp 58.267.183.741	\$ 3.948.176
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp 307.671.886.799	\$ 20.777.758

Tabel 4.35. General Expense

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	Rp 15.938.640.000	\$ 1.080.000
2	Sales expense	Rp 23.907.960.000	\$ 1.620.000
3	Research	Rp 22.314.096.000	\$ 1.512.000
4	Finance	Rp 17.430.744.997	\$ 1.181.105
General Expense (GE)		Rp 79.591.440.997	\$ 5.393.105

Tabel 4.36. Total Biaya Produksi

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 640.939.021.146	\$ 43.429.938
2	General Expense (GE)	Rp 79.591.440.997	\$ 5.393.105
Total Production Cost (TPC)		Rp 720.530.462.143	\$ 48.823.043

Tabel 4.37. Fixed Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 45.191.928.047	\$ 3.062.199
2	Property taxes	Rp 11.297.982.012	\$ 765.550
3	Insurance	Rp 5.648.991.006	\$ 382.775
Fixed Cost (Fa)		Rp 62.138.901.064	\$ 4.210.523

Tabel 4.38. Variable Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 412.918.445.712	\$ 27.979.296
2	Packaging & shipping	Rp 87.662.520.000	\$ 5.940.000
3	Utilities	Rp 42.385.375.743	\$ 2.872.027
4	Royalties and Patents	Rp 7.969.320.000	\$ 540.000
Variable Cost (Va)		Rp 550.935.661.455	\$ 37.331.323

Tabel 4.39. Regulated Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 989.000.000	\$ 67.015
2	Plant overhead	Rp 494.500.000	\$ 33.507
3	Payroll overhead	Rp 148.350.000	\$ 10.052
4	Supervision	Rp 148.350.000	\$ 10.052
5	Laboratory	Rp 98.900.000	\$ 6.701
6	Administration	Rp 15.938.640.000	\$ 1.080.000
7	Finance	Rp 17.430.744.997	\$ 1.181.105
8	Sales expense	Rp 23.907.960.000	\$ 1.620.000
9	Research	Rp 22.314.096.000	\$ 1.512.000
10	Maintenance	Rp 22.595.964.023	\$ 1.531.099
11	Plant supplies	Rp 3.389.394.603	\$ 229.665
Regulated Cost (Ra)		Rp 107.455.899.624	\$ 7.281.197

Tabel 4.40. Sales Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Annual Sales Cost	Rp 796.932.000.000	\$ 54.000.000
Sales Cost (Sa)		Rp 796.932.000.000	\$ 54.000.000

4.7.6. Analisa Keuntungan

1. Harga jual Furfuril Alkohol

Harga jual Furfuril Alkohol per kg adalah Rp 44.274,-/kg
(alibaba.com)

Sehingga, harga jual dalam 1 tahun =

$$\text{Rp } 44.274 \text{ kg} \times 18.000.000 \text{ kg/tahun} = \text{Rp } 796.932.000.000$$

2. Total biaya produksi

Total biaya produksi = *manufacturing cost + general expenses*

$$= \text{Rp } 640.939.021.146 + \text{Rp } 79.591.440.997$$

$$= \text{Rp } 720.530.462.143$$

3. Keuntungan sebelum pajak

Keuntungan sebelum pajak = *sales cost – production cost*

$$= \text{Rp } 796.932.000.000 - \text{Rp } 720.530.462.143$$

$$= \text{Rp } 76.401.537.857$$

4. Keuntungan setelah pajak

Keuntungan setelah pajak = Pajak pendapatan x keuntungan sebelum pajak

Dengan pajak pendapatan sebesar 20%, maka :

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan setelah pajak} &= 20\% \times \text{Rp } 76.401.537.857 \\ &= \text{Rp } 61.121.230.285\end{aligned}$$

4.7.7. Hasil Kelayakan Ekonomi

1. *Percent Return On Investment* (ROI)

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = \frac{\text{Rp } 76.401.537.857}{\text{Rp } 566.899.100.582} \times 100\%$$

Sehingga, ROI sebelum pajak = 14%

$$\text{ROI sesudah pajak} = \frac{\text{Rp } 61.121.230.285}{\text{Rp } 566.899.100.582} \times 100\%$$

Sehingga, ROI sesudah pajak = 11%

(Standar *low risk* ROI sebelum pajak > 11%)

2. *Pay Out Time* (POT)

$$\begin{aligned}\text{POT} &= \frac{\text{Fixed Capital}}{(\text{Keuntungan} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \\ &= \frac{\text{Rp } 566.899.100.582}{(\text{Rp } 76.401.537.857 + 0,1 \times \text{Rp } 566.899.100.582)}\end{aligned}$$

Sehingga, POT sebelum pajak = 4,25 tahun

$$= \frac{\text{Rp } 566.899.100.582}{(\text{Rp } 61.121.230.285 + 0,1 \times \text{Rp } 566.899.100.582)}$$

Sehingga, POT sesudah pajak = 4,8 tahun

(Standar *low risk* POT <5 tahun)

3. *Break Even Point* (BEP)

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

$$= \frac{(\text{Rp } 62.138.901.064 + 0,3 \times \text{Rp } 107.455.899.624)}{(\text{Rp } 796.932.000.000 - \text{Rp } 550.935.661.455 - 0,7 \times \text{Rp } 107.455.899.624)}$$

Sehingga, BEP = 55%

4. *Shut Down Point* (SDP)

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

$$= \frac{(0,3 \times \text{Rp } 107.455.899.624)}{(\text{Rp } 796.932.000.000 - \text{Rp } 550.935.661.455 - 0,7 \times \text{Rp } 107.455.899.624)}$$

Sehingga, SDP = 19%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Umur pabrik	= 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment</i>	= Rp 566.899.100.582
<i>Working Capital</i>	= Rp 307.671.886.799
<i>Salvage Value</i> (SV)	= Rp 45.191.928.047
<i>Cash Flow</i> (CF)	= <i>Annual profit</i> + <i>Depresiasi</i> + <i>Finance</i>
	= Rp 123.743.903.329

Discounted Cash Flow dihitung secara trial & error

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

$$\text{R} = \text{S}$$

Dengan trial & error diperoleh nilai $i = 12,57\%$

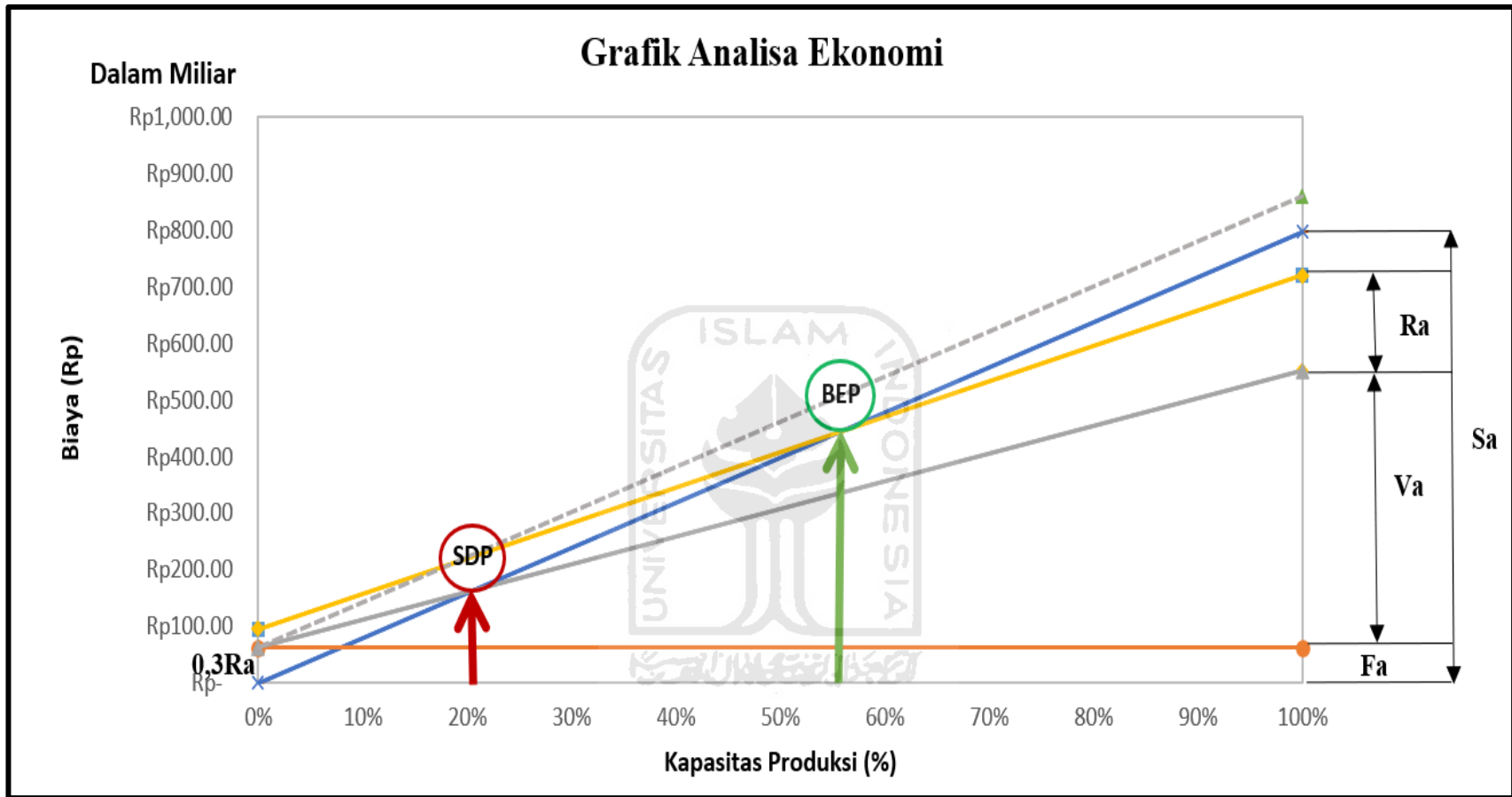
Bunga simpanan rata-rata Bank Indonesia sampai saat ini = 5,74%

(sumber www.bi.go.id. Diakses 11 Oktober 2020)

Sehingga DCFR diperoleh $> 1,5$ bunga bank

$$12,57\% > 1,5 \times 5,74\%$$

$$12,57\% > 8,61\%$$



Gambar 4. 8. Grafik Analisa Ekonomi

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Pabrik Furfuril Alkohol dari Furfural dan Hidrogen ini digolongkan Pabrik bersiko rendah karena dijalankan pada variabel suhu dan tekanan operasi rendah.
2. Dari segi bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik furfuril alkohol di Cilegon, Banten, cukup menguntungkan karena berada di kawasan indsutri dengan mobilitas cukup tinggi sehingga mudah dalam mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik.
3. Baik dari segi evaluasi ekonomi, pabrik ini dapat dikatakan menarik. Dengan hasil evaluasi *Return On Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 11 %, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak selama 4,8 tahun, *Break Even Point* (BEP) yang didapat berada pada 55 % kapasitas produksi, *Shut Down Point* (SDP) didapat pada 19 % kapasitas produksi, dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) dari pabrik ini sebesar 12,57 %.

5.2. Saran

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

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

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



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri (Impor)*”, Jilid I, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Anonim, “*Statistik Perdagangan Dalam Negeri (Ekspor)*”, Jilid I, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, McGraw-Hill Book Company, New York
- Brown, G.G., 1973, “*Unit Operations*”, Modern Asia ed., Tuttle Company Inc., Tokyo, Japan
- Brownel, L.E., and Young, E.H., 1979, “*Equipment Design*”, Wiley Eastern Limited, New Delhi
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, “*Chemical Equipment Design*”, Vol.6, John Wiley and Sons. Inc., New York
- Evans, F.L., 1974, “*Equipment Design Handbook (for Refineries and Chemical Plants)*, Vol.2 , Gulf Publishing Company, Houston.
- Faith, W.L., Keyes, D.B., Clark, R.L., 1975, “*Industrial Chemical*”, 4th ed., John Willey and Sons Inc., New York.
- Frainier., Leo, J., and Fineberg., 1981, “*Copper Chromite catalyst for preparation of Furfuryl alcohol from furfural*”, 4,251,396, United States of America.
- Geankoplis, J. Christic., 1978, “*Transport Process and Unit Operation*”, Prentice Hall International

- Kern, D.Q., 1983, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw Hill Book Co. Ltd, New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F, 1979, "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*", Vol. III, XV, John Willey and Sons Inc., New York.
- Mc Cabe, W.L. and Smith, J.C. 1976, "*Unit Operation of Chemical Engineering*", 3rd ed., Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd
- Mc. Ketta, J.J., 1976, "*Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plant*", Vol VIII, Marcel Dekker Inc., New York.", 6th ed., McGraw – Hill International Editions, Singapore.
- Perry, R.H., and Chilton, C.H., "*Chemical Engineering's Handbook*", 3rd ed., McGraw Hill Book Kogakusha, Tokyo
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1981, "*Plant Design Economic's for Chemical Engineering's*", 4th ed., McGraw Hill Co. Ltd., New York
- Seader, J.D., 2005, "*Separation process principles*", John Wiley & Sons, Inc
- Smith, J.M., 1981, "*Chemical Engineering Kinetics*", 3nd ed., McGraw – Hill Book Co – Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Swadesh., Samuel., Valley., Mill and Calif., 1956, "*Catalytic production of Furfuryl Alcohol and Catalyst therefor*", 2,754,304 United States of America
- Ullman., Fritz., 2005, "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", Germany
- Walas, S. M.,1988, "*Chemical Process Equipment*", Butterworth Publishers, Reed Publishing Inc, New York

www.matche.com/ (diakses tanggal 3 Oktober 2020)

www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-silicate.html (diakses

tanggal 8 Mei 2020)

Yamamura, S., and Shiota, H., 2001, “*Evaluation of porosity in porous copper fabricated by unidirectional solidification under pressurized hydrogen*”, Japan

Yaws, Carl. L. 1999, “*Chemical Properties Handbook*”, McGraw-Hill, New York



LAMPIRAN A

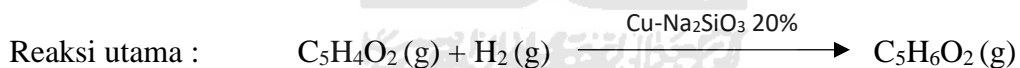
REAKTOR

Jenis : Reaktor *fixed bed multitubular*
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara senyawa furfural dengan senyawa hidrogen berlebih.
Kondisi operasi : Suhu = 170 °C
Tekanan = 1 atm
Reaksi = Eksotermis

Tujuan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung *pressure drop*
3. Menghitung berat katalis
4. Menghitung waktu tinggal dalam reaktor
5. Menentukan dimensi reaktor

Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Zat pereaksi berupa fasa gas dengan katalis padat.
- b. Umur katalis panjang 12-15 bulan.
- c. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal.
- d. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
- e. Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube.

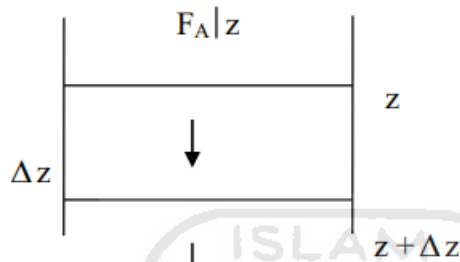
(Hill, hal 425-431)

2. Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

a. Neraca massa reaktor

Reaksi berlangsung dalam keadaan steady state dalam reaktor setebal ΔZ dengan konversi X. Neraca massa C_3H_6 pada elemen volume :

Input – Output – Yang bereaksi = 0



Input – Output – Yang bereaksi = 0

$$F_A|_z - (F_A|_{z+\Delta z} + (-r_A) \Delta v) = 0$$

$$\Delta v = \frac{\pi D_i^2}{4} \varepsilon \Delta Z$$

Δv = volume gas diantara katalis pada elemen volum

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} - (-r_A) \pi/4 D_i^2 \varepsilon \cdot \Delta Z = 0$$

$$F_A|_{z+\Delta z} - F_A|_z = (-r_A) \pi/4 D_i^2 \varepsilon$$

$$\Delta Z$$

$$\frac{-F_A}{\Delta Z} = \frac{-r_A \pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

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

$$\Delta F_A = - F_{Ao} \cdot \Delta X_A$$

$$F_{Ao} \cdot \frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A)\pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

$$\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A)\pi D_i^2}{4 F_{Ao}} \varepsilon$$

$$\text{Lim } \Delta Z \rightarrow 0$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{-(r_A)\pi D_i^2}{4 F_{Ao}} \varepsilon$$

dimana :

$\frac{dX_A}{dz}$ = perubahan konversi persatuan panjang

ε = porositas

$(-r_A)$ = kecepatan reaksi = k CA. CB

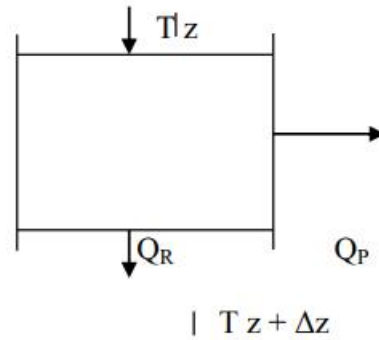
Z = tebal tumpukan katalisator

Di = diameter dalam pipa

Tabel 1. Komposisi Massa dengan Perhitungan kapasitas Stage I

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₅ H ₄ O ₂	2.239,5287	11,1976
H ₂	234,9547	188,1987
H ₂ O	45,7047	2.275,1798
C ₅ H ₆ O ₂	-	45,7047
Jumlah	2.520,2808	2.520,2808

b. Neraca panas elemen volume



Q_R = panas reaksi

Q_P = panas yang dibuang, ada pendinginan

Input - Output = Acc

$$\Sigma m.C_p (T|_z - T_o) - [(\Sigma m.C_p) (T|_{z+\Delta z} - T_o) + Q_R + Q_P]$$

$$\Sigma m.C_p (T|_z - T|_{z+\Delta z}) = Q_R + Q_P$$

$$(\Sigma m.C_p) (-\Delta T) = Q_R + Q_P$$

$$Q_R = \Delta H_R F_{A_o} \Delta X_A$$

$$Q_P = UA (T - T_s)$$

$$A = \pi D_o \Delta z$$

$$Q_P = U \pi D_o \Delta z (T - T_s)$$

$$(\Sigma m.C_p) (-\Delta T) = \Delta H_R \cdot F_{A_o} \cdot \Delta X_A + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

: ΔZ

$$(\Sigma m.C_p) \left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z} \right) = \Delta H_R \cdot F_{A_o} \cdot \left(\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

$$\left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z} \right) = \frac{\Delta H_R \cdot F_{A_o} \cdot \left(\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)}{\Sigma m.C_p}$$

$$(\Sigma m.C_p)$$

$$\lim \Delta Z \rightarrow 0$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{\Delta HR \cdot F_{ao} \cdot \left(\frac{dXA}{dZ}\right) + U \cdot \pi \cdot Do \cdot \Delta Z (T - T_s)}{(\Sigma m \cdot Cp)}$$

Dimana :

$\frac{dXA}{dz}$ = Perubahan Suhu persatuan panjang katalis

ΔHR = Panas Reaksi

U = Overall heat transfer coefficient

Do = Diameter luar

T = Suhu gas

T_s = Suhu penelitian

T_s = Kapasitas panas

c. Neraca panas untuk pendingin

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu 93,3 – 398,89 °C.

Sifat-sifat fisis Dowtherm A diperoleh dari data yang terdapat pada Dow.com pada gambar dibawah ini :

Saturated Liquid Properties of DOWTHERM™ A Fluid (English Units)

Temperature °F	Specific Heat Btu/lb. °F	Density lb./ft. ³	Thermal Conductivity Btu/hr. ft. ² (°F/ft.)	Viscosity (cP)	Vapor Pressure (psia)
60	0.373	66.37	0.0805	4.91	0.000
120	0.396	64.72	0.0775	2.12	0.003
180	0.418	63.03	0.0744	1.22	0.028
240	0.441	61.30	0.0713	0.81	0.16
300	0.463	59.51	0.0682	0.59	0.64
360	0.485	57.65	0.0651	0.45	2.03
420	0.507	55.72	0.0620	0.35	5.38
480	0.529	53.70	0.0590	0.28	12.25
540	0.552	51.57	0.0559	0.23	24.72
600	0.575	49.29	0.0528	0.19	45.31
660	0.599	46.82	0.0497	0.16	76.89
720	0.627	44.08	0.0466	0.14	122.7
780	0.665	40.93	0.0436	0.12	186.4

Gambar 1. Sifat-sifat fisis Dowtherm A

Pendingin : Dowtherm A

$$T_{in} : 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ K} = 86\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{out} : 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 373,15\text{ K} = 212\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Dari hasil Interpolasi data pada Gambar 1, didapatkan data-data fisis Dowtherm pada T input (30 °C) sebagai berikut :

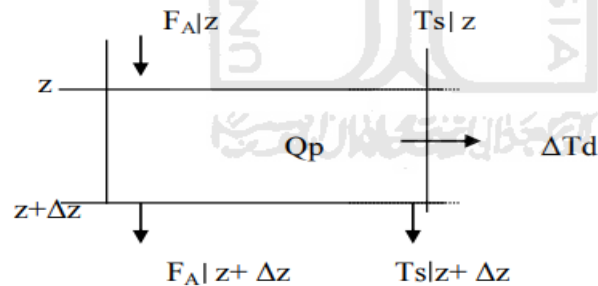
- Specific heat (Cp) : 0,38297 Btu/lb.°F = 1,6034 kJ/kg.K
- Density (ρ) : 65,655 lb/ft³
- Thermal conductivity (k) : 0,0792 Btu/jam.ft².(°F/ft) = 0,137 W/m.K
- Viscosity (μ) : 3,701 cP = 8,953 lb/ft.jam

Menentukan pendingin yang dibutuhkan :

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A = 30.023,1613 kg/jam

Aliran pendingin dalam reaktor searah dengan aliran gas.

Neraca Panas pada elemen volum :



$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_o) + Q_p - m_p C_{pp} (T_{s|z+\Delta z} - T_o) = 0$$

$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) = - Q_p$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) = - \frac{ U.\pi.Do.\Delta z.(T - T_s) }{ (m.C_p)p }$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) / \Delta z = - \frac{ U.\pi.Do.(T - T_s) }{ (m.C_p)p }$$

$$- (T_{s|z+\Delta z} - T_{s|z}) / \Delta z = - \frac{ U.\pi.Do.(T - T_s) }{ (m.C_p)p }$$

$$\frac{\Delta T_s}{\Delta Z} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0}$$

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

d. Penurunan tekanan

Dalam pipa = penurunan tekanan dalam pipa berisi katalisator (Fixed bed) digunakan rumus 11.6 (chapter 11 hal 492 “ Chemical Reactor Design For Process Plants”.

$$\frac{dP}{dZ} = \frac{G}{\rho g D_p} \cdot \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \cdot \left[\frac{150(1-\epsilon)\mu}{D_p} + 1,75G \right]$$

Dimana :

G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm³

P = Densitas gas, gr/cm³

D_p = Densitas pertikel katalisator, cm

G = Gaya Gravitasi, cm/det²

ε = Porosity tumpukan katalisator

μ = Viskositas gas, gr/cm jam

3. Data – data sifat fisis bahan

a. Menentukan umpan Y_i masuk

Tabel 2. Umpan Y_i Masuk Reaktor

Komponen	Mol, kmol/jam	Massa, kg/jam	fraksi mol (y _i)	BM (kg/kmol)
C ₅ H ₄ O ₂	23.3090	2239.5287	0.88863554	96.08
H ₂	116.5450	234.9547	0.093229041	2.016
C ₅ H ₆ O ₂	0.0000	0.0000	0	98.1
H ₂ O	2.5370	45.7047	0.018135419	18.015
Jumlah	142.3910	2520.1881	1	

b. Menentukan volume gas reaktor

$$PV = nRT$$

$$n = 142.391 \text{ kmol/jam} = 39.553 \text{ mol/s}$$

$$R = 82.05 \text{ atm.cm}^3/\text{mol.}^\circ\text{K}$$

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

$$T = 443.15 \text{ K}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = 1.438 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Menentukan densitas umpan

$$\rho = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T \cdot Z} = \frac{(1 \text{ atm})(85,89 \text{ kg/kmol})}{(82,05)(443,15)(0,974)} = 0,002423 \text{ gr/cm}^3$$

d. Menentukan viskositas umpan

$$\mu_{\text{gas}} = A + BT + CT^2 \quad \mu_{\text{mix}} = \frac{\sum (y_i \cdot \mu_i) \cdot (BM_i)^{0,5}}{\sum y_i \cdot BM_i^{0,5}}$$

Tabel 3. Data Viskositas Umpan Masuk Reaktor

Komponen	A	B	C
H ₂	27.758	0.212	-3.28E-05
H ₂ O	-36.826	0.429	-1.62E-05
C ₅ H ₄ O ₂	-17.273	0.3136	-3.45E-05
C ₅ H ₆ O ₂	-11.203	0.30249	-5.13E-05

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel 4. Perhitungan Viskositas Umpan Masuk Reaktor

Komponen	y _i	μ _i (micropoise)	μ _i (poise)	(y _i ·μ _i)
H ₂	0.093229041	1.15E+02	1.15E-05	1.07E-06
H ₂ O	0.018135419	1.50E+02	1.50E-05	2.72E-07
C ₅ H ₄ O ₂	0.88863554	1.15E+02	1.15E-05	1.02E-05
C ₅ H ₆ O ₂	0	1.13E+02	1.13E-05	0.00E+00
Jumlah	1			1.15595E-05

$$\mu \text{ gas campuran} = 0.011836504 \text{ kg/m.jam}$$

e. Menentukan konduktivitas gas umpan

$$k_{mix} = \frac{\sum y_i \cdot k_i \cdot (BM_i)^{0,33}}{\sum y_i \cdot (BM_i)^{0,33}}$$

Tabel 5. Data Konduktivitas Umpan Masuk Reaktor

Komponen	A	B	C
H ₂	0.03951	4.59E-04	-6.49E-08
H ₂ O	0.00053	4.71E-05	4.96E-08
C ₅ H ₄ O ₂	-0.0085	5.39E-05	1.42E-08
C ₅ H ₆ O ₂	-0.0098	6.61E-05	1.13E-08

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel 6. Perhitungan Konduktivitas Umpan Reaktor

Komponen	Yi	ki(W/m.K)	BM ^{0.33}
H ₂	0.093229041	2.30E-01	1.260323036
H ₂ O	0.018135419	3.11E-02	2.596326511
C ₅ H ₄ O ₂	0.88863554	1.82E-02	4.510959086
C ₅ H ₆ O ₂	0	2.17E-02	4.542038095
Jumlah			12.90964673

$$k \text{ campuran} = 0.024269671 \text{ W/m.K}$$

$$= 0.087370816 \text{ kJ/jam.m.K}$$

f. Menentukan kapasitas panas campuran gas

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Tabel 7. Data Kapasitas Panas Umpan Reaktor

Komponen	A	B	C	D	E
H ₂	25.399	2.0178E-02	-3.8549E-05	3.1880E-08	-8.7585E-12
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.7825E-08	3.6934E-12
C ₅ H ₄ O ₂	15.470	2.9835E-01	-1.9177E-05	-1.4621E-07	5.9506E-11
C ₅ H ₆ O ₂	-7.696	5.5491E-01	-4.9754E-04	2.3193E-07	-4.4815E-11

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel 8. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Gas Reaktor

Komponen	Yi	Cpi (KJ/(mol.K))	Cpi.yi (KJ/mol.K)
H ₂	0.093229041	2.921E+01	2.722957792
H ₂ O	0.018135419	3.467E+01	0.628691225
C ₅ H ₄ O ₂	0.88863554	1.335E+02	118.6226431
C ₅ H ₆ O ₂	0	1.590E+02	0
Jumlah	1.0000	356.3225	121.9743

Cp campuran = 121.9743 kJ/mol.K

g. Menentukan panas reaksi

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

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

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel 9. Perhitungan Panas Reaksi Reaktor

Panas reaktan :

Komponen	F, kmol/jam	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$ (kJoule/kmol)	Q, kJoule/jam
C ₅ H ₄ O ₂	23,309	-1,6945E+04	-394979,9071
H ₂	116,545	-4,2082E+03	-490442,9683
C ₅ H ₆ O ₂	0	-2,0316E+04	0
H ₂ O	2,537034014	-4,9454E+03	-12546,66433
Jumlah			-897969,5397

Panas produk :

Komponen	F, kmol/jam	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$ (kJoule/kmol)	Q, kJoule/jam
C ₅ H ₄ O ₂	0,116545	1,6945E+04	1974,899536
H ₂	93,352545	4,2082E+03	392844,8176
C ₅ H ₆ O ₂	23,192455	2,0316E+04	471169,8301
H ₂ O	2,537034014	4,9454E+03	12546,66433
Jumlah			878536,2116

Entalpi Pembentukan gas (ΔH_f)

Komponen	A	B	C	T ref (K)	H _F (kJ/mol)
H ₂	-	-	-	298	0
H ₂ O	-	-	-	298	-241,80
C ₅ H ₄ O ₂	-140,171	-4,4791E-02	2,7121E-05	298	-151,04
C ₅ H ₆ O ₂	-206,139	-5,2240E-02	3,0325E-05	298	-218,90

Dari data didapat :

$$\Delta H_{Reaktan} = -897.969,5397 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H_{Produk} = 878.536,2116 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H_{R298} = -1.573.839,9963 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } \Delta H_{Total} &= \Delta H_{Reaktan} + \Delta H_{Produk} + \Delta H_{R298} \\ &= -1.593.273,3245 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

h. Data sifat katalis (Copper – Natrium silikat)

Jenis : Cu-Na₂SiO₃

Ukuran(D): 2 mm

Densitas : 7674 kg/m³

4. Dimensi reaktor

a. Menentukan ukuran dan jumlah tube

Diameter pipa reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Mengingat reaksi yang terjadi eksotermis, untuk itu dipilih aliran gas dalam pipa turbulen agar koefisien perpindahan panas lebih panas lebih besar. Pengaruh ratio D_p / D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong yaitu hw/h telah diteliti oleh Colburn's (smith hal 571) yaitu :

D_p/D_t	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

dipilih $D_p/D_t = 0,15$

dimana

hw = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h = koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp = diameter katalisator

Dt = diameter tube

Sehingga :

$$Dp/Dt = 0.15$$

$$Dp = 0.002 \text{ m}$$

$$Dt = 0.0133 \text{ m}$$

$$= 0.5249 \text{ in}$$

Dari hasil tersebut maka diambil ukuran pipa standar agar koefisien perpindahan panasnya baik.

Dari Tabel 11. Kern dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

Nominal pipe size = 0.75 in

Outside Diameter = 1.05 in

Inside Diameter = 0.824 in

flow area per pipe = 0.534 in²

surface per lin ft = outside : 0.275 ft²/ft

inside : 0.216 ft²/ft

weight per lin ft = 1.13 lb steel

Aliran dalam pipa turbule dipilih $N_{Re} = 4100$

$$N_{Re} = \frac{G_g D_t}{\mu_g}$$

$$G_t = \frac{\mu_g N_{Re}}{D_t}$$

Dalam hubungan ini :

μ_g = viskositas umpan = 0.011836504 kg/m.jam

Dt = Diameter tube = 0.5249 in

Gt = 2318.709727 kg/m².jam

Luas penampang sel :

$$A_t = \frac{G}{G_t}$$

A_t = 1.086892455 m²

Luas penampang pipa

$$A_o = \frac{\pi}{4} ID^2$$

$$A_o = 0.000344181 \text{ m}^2$$

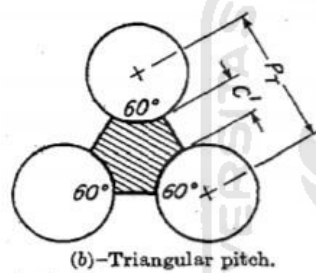
Jumlah maksimal pipa dalam reaktor

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

$$Nt = 3157.912322 \text{ buah}$$

b. Menghitung diameter dalam reaktor

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch



$$P_t = 1.25 \times OD_t$$

$$= 1.25 \times 1.05 = 1.3125 \text{ in}$$

$$C' = P_t - OD_t$$

$$= 0.2625 \text{ in}$$

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot N \cdot P_t^2 \cdot 0.866}{\pi}}$$

$$ID_s = 54.3364 \text{ in}$$

$$\text{Jadi diameter dalam reaktor} = 54.3364 \text{ in} = 1.3801 \text{ m}$$

c. Menghitung tebal dinding reaktor

Tebal dinding reaktor (shell) dihitung dengan persamaan :

$$t_s = \frac{P_x r}{f_x E - 0.6P} + c$$

Dimana :

$$t_s = \text{tebal shell, in}$$

- E = efisiensi pengelasan
- F = maksimum allowable stress bahan yang digunakan
(Brownell,tabel 13-1, p.251)
- r = jari-jari dalam shell, in
- C = faktor korosi, in
- P = tekanan design, Psi

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA 299

- E = 0.85
- f = 18750 psi
- C = 0.125 in
- r = ID/2 = (54.33/2)in
- p = 1 atm
- maka $t_s = 0.155$ in
- dipilih tebal dinding reaktor standar 0,25 in
- Diameter luar reaktor = ID + 2 x t_s
 $= 54.336 + (2 \times 0.25)$
 $= 54,84$ in

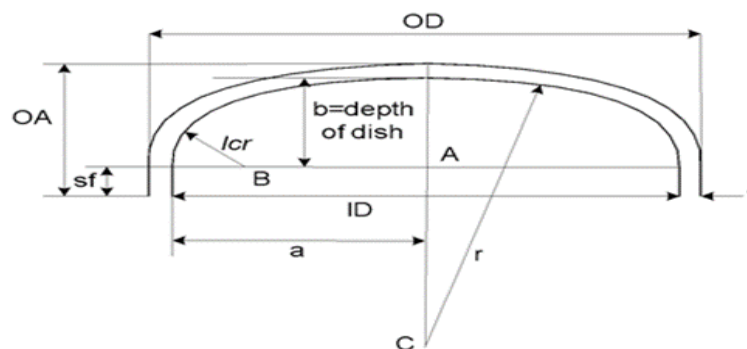
Sehingga dipilih diameter luar reaktor standar 60 in

5. Menghitung head reaktor

- a. Menghitung tebal head reaktor

Bentuk head : torispherical head

Bahan yang digunakan : carbon steel SA 299



Keterangan gambar :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

A = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luar dish

icr = jari-jari dalam sudut icr

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi total head

Tebal head dihitung berdasarkan persamaan :

$$tH = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2P} + c$$

(brownell,1979)

P = tekanan design, psi = 17.635 psi

Ids = diameter dalam reactor, in = 54.3364 in

f = maksimum allowable stress, psi = 18750 psi

E = efisiensi pengelasan = 0,85

C = faktor korosi, in = 0,125 in

Maka $t_h = 0.155$ in

Dipilih tebal head reaktor standar 0,25 in

b. Menghitung tinggi head reaktor

Menghitung tinggi head reaktor

ODs = 60 in

ts = 0,25 in

didapat : icr = 3,625 in

r = 60 in

a = $ID_s/2$ = 27,1682 in

AB = $a - icr$ = 23,5432 in

BC = $r - irc$ = 56,375 in

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 51,2236 \text{ in}$$

$$B = r - AC = 8,7764 \text{ in}$$

Dari Tabel 5.6 Brownell p.88 dengan $th = 0,25 \text{ in}$ didapat $sf = 1,5 - 2,5 \text{ in}$ Perancangan digunakan $sf = 2,5 \text{ in}$

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$hH = th + b + sf$$

$$= (0,25 + 8,7764 + 2,5) \text{ in}$$

$$= 11,5264 \text{ in} = 0,2928 \text{ m}$$

c. Menghitung tinggi reaktor

$$\text{Tinggi total reaktor} = \text{panjang tube (Z)} + \text{tinggi head top}$$

$$= 13,44 \text{ m} + (2 \times 0,2928 \text{ m})$$

$$= 14,0255 \text{ m}$$

Tabel 10. Perhitungan hasil simulasi panjang reaktor menggunakan metode range kutta

ΔZ	0.02						
Z (m)	x	Tp (K)	T (K)	Z (m)	x	Tp (K)	T (K)
0	0	303.15	443.15	0.42	0.0311	303.15	442.41
0.02	0.0015	303.15	443.11	0.44	0.0326	303.15	442.38
0.04	0.0030	303.15	443.08	0.46	0.0341	303.15	442.34
0.06	0.0044	303.15	443.04	0.48	0.0356	303.15	442.31
0.08	0.0059	303.15	443.01	0.5	0.0371	303.15	442.27
0.1	0.0074	303.15	442.97	0.52	0.0386	303.15	442.24
0.12	0.0089	303.15	442.94	0.54	0.0400	303.15	442.20
0.14	0.0104	303.15	442.90	0.56	0.0415	303.15	442.17
0.16	0.0119	303.15	442.87	0.58	0.0430	303.15	442.13
0.18	0.0133	303.15	442.83	0.6	0.0445	303.15	442.10
0.2	0.0148	303.15	442.80	0.62	0.0460	303.15	442.06
0.22	0.0163	303.15	442.76	0.64	0.0474	303.15	442.03
0.24	0.0178	303.15	442.73	0.66	0.0489	303.15	441.99
0.26	0.0193	303.15	442.69	0.68	0.0504	303.15	441.96
0.28	0.0208	303.15	442.66	0.7	0.0519	303.16	441.92
0.3	0.0222	303.15	442.62	0.72	0.0534	303.16	441.89
0.32	0.0237	303.15	442.59	0.74	0.0549	303.16	441.85
0.34	0.0252	303.15	442.55	0.76	0.0563	303.16	441.82
0.36	0.0267	303.15	442.52	0.78	0.0578	303.16	441.78
0.38	0.0282	303.15	442.48	0.8	0.0593	303.16	441.75
0.4	0.0297	303.15	442.45	0.82	0.0608	303.16	441.71

0.84	0.0623	303.16	441.68	1.7	0.1260	303.16	440.20
0.86	0.0638	303.16	441.64	1.72	0.1275	303.16	440.17
0.88	0.0652	303.16	441.61	1.74	0.1290	303.16	440.13
0.9	0.0667	303.16	441.57	1.76	0.1305	303.16	440.10
0.92	0.0682	303.16	441.54	1.78	0.1320	303.16	440.07
0.94	0.0697	303.16	441.51	1.8	0.1334	303.16	440.03
0.96	0.0712	303.16	441.47	1.82	0.1349	303.16	440.00
0.98	0.0727	303.16	441.44	1.84	0.1364	303.16	439.96
1	0.0741	303.16	441.40	1.86	0.1379	303.16	439.93
1.02	0.0756	303.16	441.37	1.88	0.1394	303.16	439.90
1.04	0.0771	303.16	441.33	1.9	0.1409	303.16	439.86
1.06	0.0786	303.16	441.30	1.92	0.1423	303.16	439.83
1.08	0.0801	303.16	441.26	1.94	0.1438	303.16	439.80
1.1	0.0816	303.16	441.23	1.96	0.1453	303.16	439.76
1.12	0.0830	303.16	441.19	1.98	0.1468	303.16	439.73
1.14	0.0845	303.16	441.16	2	0.1483	303.16	439.69
1.16	0.0860	303.16	441.13	2.02	0.1498	303.16	439.66
1.18	0.0875	303.16	441.09	2.04	0.1512	303.16	439.63
1.2	0.0890	303.16	441.06	2.06	0.1527	303.16	439.59
1.22	0.0904	303.16	441.02	2.08	0.1542	303.16	439.56
1.24	0.0919	303.16	440.99	2.1	0.1557	303.17	439.53
1.26	0.0934	303.16	440.95	2.12	0.1572	303.17	439.49
1.28	0.0949	303.16	440.92	2.14	0.1587	303.17	439.46
1.3	0.0964	303.16	440.88	2.16	0.1601	303.17	439.43
1.32	0.0979	303.16	440.85	2.18	0.1616	303.17	439.39
1.34	0.0993	303.16	440.82	2.2	0.1631	303.17	439.36
1.36	0.1008	303.16	440.78	2.22	0.1646	303.17	439.32
1.38	0.1023	303.16	440.75	2.24	0.1661	303.17	439.29
1.4	0.1038	303.16	440.71	2.26	0.1675	303.17	439.26
1.42	0.1053	303.16	440.68	2.28	0.1690	303.17	439.22
1.44	0.1068	303.16	440.65	2.3	0.1705	303.17	439.19
1.46	0.1082	303.16	440.61	2.32	0.1720	303.17	439.16
1.48	0.1097	303.16	440.58	2.34	0.1735	303.17	439.12
1.5	0.1112	303.16	440.54	2.36	0.1750	303.17	439.09
1.52	0.1127	303.16	440.51	2.38	0.1764	303.17	439.06
1.54	0.1142	303.16	440.47	2.4	0.1779	303.17	439.02
1.56	0.1157	303.16	440.44	2.42	0.1794	303.17	438.99
1.58	0.1171	303.16	440.41	2.44	0.1809	303.17	438.96
1.6	0.1186	303.16	440.37	2.46	0.1824	303.17	438.92
1.62	0.1201	303.16	440.34	2.48	0.1839	303.17	438.89
1.64	0.1216	303.16	440.30	2.5	0.1853	303.17	438.86
1.66	0.1231	303.16	440.27	2.52	0.1868	303.17	438.82
1.68	0.1245	303.16	440.24	2.54	0.1883	303.17	438.79

2.56	0.1898	303.17	438.76	3.42	0.2535	303.17	437.34
2.58	0.1913	303.17	438.72	3.44	0.2550	303.17	437.31
2.6	0.1928	303.17	438.69	3.46	0.2565	303.17	437.27
2.62	0.1942	303.17	438.66	3.48	0.2580	303.17	437.24
2.64	0.1957	303.17	438.62	3.5	0.2595	303.18	437.21
2.66	0.1972	303.17	438.59	3.52	0.2610	303.18	437.18
2.68	0.1987	303.17	438.56	3.54	0.2624	303.18	437.14
2.7	0.2002	303.17	438.52	3.56	0.2639	303.18	437.11
2.72	0.2017	303.17	438.49	3.58	0.2654	303.18	437.08
2.74	0.2031	303.17	438.46	3.6	0.2669	303.18	437.05
2.76	0.2046	303.17	438.42	3.62	0.2684	303.18	437.01
2.78	0.2061	303.17	438.39	3.64	0.2699	303.18	436.98
2.8	0.2076	303.17	438.36	3.66	0.2713	303.18	436.95
2.82	0.2091	303.17	438.32	3.68	0.2728	303.18	436.92
2.84	0.2105	303.17	438.29	3.7	0.2743	303.18	436.88
2.86	0.2120	303.17	438.26	3.72	0.2758	303.18	436.85
2.88	0.2135	303.17	438.23	3.74	0.2773	303.18	436.82
2.9	0.2150	303.17	438.19	3.76	0.2788	303.18	436.79
2.92	0.2165	303.17	438.16	3.78	0.2802	303.18	436.75
2.94	0.2180	303.17	438.13	3.8	0.2817	303.18	436.72
2.96	0.2194	303.17	438.09	3.82	0.2832	303.18	436.69
2.98	0.2209	303.17	438.06	3.84	0.2847	303.18	436.66
3	0.2224	303.17	438.03	3.86	0.2862	303.18	436.63
3.02	0.2239	303.17	437.99	3.88	0.2876	303.18	436.59
3.04	0.2254	303.17	437.96	3.9	0.2891	303.18	436.56
3.06	0.2269	303.17	437.93	3.92	0.2906	303.18	436.53
3.08	0.2283	303.17	437.90	3.94	0.2921	303.18	436.50
3.1	0.2298	303.17	437.86	3.96	0.2936	303.18	436.46
3.12	0.2313	303.17	437.83	3.98	0.2951	303.18	436.43
3.14	0.2328	303.17	437.80	4	0.2965	303.18	436.40
3.16	0.2343	303.17	437.76	4.02	0.2980	303.18	436.37
3.18	0.2358	303.17	437.73	4.04	0.2995	303.18	436.34
3.2	0.2372	303.17	437.70	4.06	0.3010	303.18	436.30
3.22	0.2387	303.17	437.67	4.08	0.3025	303.18	436.27
3.24	0.2402	303.17	437.63	4.1	0.3040	303.18	436.24
3.26	0.2417	303.17	437.60	4.12	0.3054	303.18	436.21
3.28	0.2432	303.17	437.57	4.14	0.3069	303.18	436.17
3.3	0.2447	303.17	437.54	4.16	0.3084	303.18	436.14
3.32	0.2461	303.17	437.50	4.18	0.3099	303.18	436.11
3.34	0.2476	303.17	437.47	4.2	0.3114	303.18	436.08
3.36	0.2491	303.17	437.44	4.22	0.3129	303.18	436.05
3.38	0.2506	303.17	437.40	4.24	0.3143	303.18	436.01
3.4	0.2521	303.17	437.37	4.26	0.3158	303.18	435.98

4.28	0.3173	303.18	435.95	5.14	0.3811	303.19	434.59
4.3	0.3188	303.18	435.92	5.16	0.3825	303.19	434.56
4.32	0.3203	303.18	435.89	5.18	0.3840	303.19	434.53
4.34	0.3218	303.18	435.85	5.2	0.3855	303.19	434.50
4.36	0.3232	303.18	435.82	5.22	0.3870	303.19	434.46
4.38	0.3247	303.18	435.79	5.24	0.3885	303.19	434.43
4.4	0.3262	303.18	435.76	5.26	0.3900	303.19	434.40
4.42	0.3277	303.18	435.73	5.28	0.3914	303.19	434.37
4.44	0.3292	303.18	435.70	5.3	0.3929	303.19	434.34
4.46	0.3306	303.18	435.66	5.32	0.3944	303.19	434.31
4.48	0.3321	303.18	435.63	5.34	0.3959	303.19	434.28
4.5	0.3336	303.18	435.60	5.36	0.3974	303.19	434.25
4.52	0.3351	303.18	435.57	5.38	0.3989	303.19	434.21
4.54	0.3366	303.18	435.54	5.4	0.4003	303.19	434.18
4.56	0.3381	303.18	435.50	5.42	0.4018	303.19	434.15
4.58	0.3395	303.18	435.47	5.44	0.4033	303.19	434.12
4.6	0.3410	303.18	435.44	5.46	0.4048	303.19	434.09
4.62	0.3425	303.18	435.41	5.48	0.4063	303.19	434.06
4.64	0.3440	303.18	435.38	5.5	0.4078	303.19	434.03
4.66	0.3455	303.18	435.35	5.52	0.4092	303.19	434.00
4.68	0.3470	303.18	435.31	5.54	0.4107	303.19	433.96
4.7	0.3484	303.18	435.28	5.56	0.4122	303.19	433.93
4.72	0.3499	303.18	435.25	5.58	0.4137	303.19	433.90
4.74	0.3514	303.18	435.22	5.6	0.4152	303.19	433.87
4.76	0.3529	303.18	435.19	5.62	0.4166	303.19	433.84
4.78	0.3544	303.18	435.16	5.64	0.4181	303.19	433.81
4.8	0.3559	303.18	435.12	5.66	0.4196	303.19	433.78
4.82	0.3573	303.18	435.09	5.68	0.4211	303.19	433.75
4.84	0.3588	303.18	435.06	5.7	0.4226	303.19	433.72
4.86	0.3603	303.18	435.03	5.72	0.4241	303.19	433.69
4.88	0.3618	303.18	435.00	5.74	0.4255	303.19	433.65
4.9	0.3633	303.18	434.97	5.76	0.4270	303.19	433.62
4.92	0.3648	303.18	434.93	5.78	0.4285	303.19	433.59
4.94	0.3662	303.18	434.90	5.8	0.4300	303.19	433.56
4.96	0.3677	303.19	434.87	5.82	0.4315	303.19	433.53
4.98	0.3692	303.19	434.84	5.84	0.4330	303.19	433.50
5	0.3707	303.19	434.81	5.86	0.4344	303.19	433.47
5.02	0.3722	303.19	434.78	5.88	0.4359	303.19	433.44
5.04	0.3736	303.19	434.75	5.9	0.4374	303.19	433.41
5.06	0.3751	303.19	434.71	5.92	0.4389	303.19	433.38
5.08	0.3766	303.19	434.68	5.94	0.4404	303.19	433.35
5.1	0.3781	303.19	434.65	5.96	0.4419	303.19	433.32
5.12	0.3796	303.19	434.62	5.98	0.4433	303.19	433.28

6	0.4448	303.19	433.25	6.86	0.5086	303.20	431.94
6.02	0.4463	303.19	433.22	6.88	0.5101	303.20	431.91
6.04	0.4478	303.19	433.19	6.9	0.5115	303.20	431.88
6.06	0.4493	303.19	433.16	6.92	0.5130	303.20	431.85
6.08	0.4508	303.19	433.13	6.94	0.5145	303.20	431.82
6.1	0.4522	303.19	433.10	6.96	0.5160	303.20	431.79
6.12	0.4537	303.19	433.07	6.98	0.5175	303.20	431.76
6.14	0.4552	303.19	433.04	7	0.5190	303.20	431.73
6.16	0.4567	303.19	433.01	7.02	0.5204	303.20	431.70
6.18	0.4582	303.19	432.98	7.04	0.5219	303.20	431.67
6.2	0.4596	303.19	432.95	7.06	0.5234	303.20	431.64
6.22	0.4611	303.19	432.92	7.08	0.5249	303.20	431.61
6.24	0.4626	303.19	432.89	7.1	0.5264	303.20	431.58
6.26	0.4641	303.19	432.86	7.12	0.5279	303.20	431.55
6.28	0.4656	303.19	432.83	7.14	0.5293	303.20	431.52
6.3	0.4671	303.19	432.79	7.16	0.5308	303.20	431.49
6.32	0.4685	303.19	432.76	7.18	0.5323	303.20	431.46
6.34	0.4700	303.19	432.73	7.2	0.5338	303.20	431.43
6.36	0.4715	303.19	432.70	7.22	0.5353	303.20	431.40
6.38	0.4730	303.19	432.67	7.24	0.5367	303.20	431.37
6.4	0.4745	303.19	432.64	7.26	0.5382	303.20	431.34
6.42	0.4760	303.20	432.61	7.28	0.5397	303.20	431.31
6.44	0.4774	303.20	432.58	7.3	0.5412	303.20	431.28
6.46	0.4789	303.20	432.55	7.32	0.5427	303.20	431.25
6.48	0.4804	303.20	432.52	7.34	0.5442	303.20	431.23
6.5	0.4819	303.20	432.49	7.36	0.5456	303.20	431.20
6.52	0.4834	303.20	432.46	7.38	0.5471	303.20	431.17
6.54	0.4849	303.20	432.43	7.4	0.5486	303.20	431.14
6.56	0.4863	303.20	432.40	7.42	0.5501	303.20	431.11
6.58	0.4878	303.20	432.37	7.44	0.5516	303.20	431.08
6.6	0.4893	303.20	432.34	7.46	0.5531	303.20	431.05
6.62	0.4908	303.20	432.31	7.48	0.5545	303.20	431.02
6.64	0.4923	303.20	432.28	7.5	0.5560	303.20	430.99
6.66	0.4937	303.20	432.25	7.52	0.5575	303.20	430.96
6.68	0.4952	303.20	432.22	7.54	0.5590	303.20	430.93
6.7	0.4967	303.20	432.19	7.56	0.5605	303.20	430.90
6.72	0.4982	303.20	432.16	7.58	0.5620	303.20	430.87
6.74	0.4997	303.20	432.13	7.6	0.5634	303.20	430.84
6.76	0.5012	303.20	432.10	7.62	0.5649	303.20	430.81
6.78	0.5026	303.20	432.07	7.64	0.5664	303.20	430.78
6.8	0.5041	303.20	432.04	7.66	0.5679	303.20	430.75
6.82	0.5056	303.20	432.01	7.68	0.5694	303.20	430.72
6.84	0.5071	303.20	431.98	7.7	0.5709	303.20	430.69

7.72	0.5723	303.20	430.66	8.58	0.6361	303.21	429.40
7.74	0.5738	303.20	430.63	8.6	0.6376	303.21	429.37
7.76	0.5753	303.20	430.60	8.62	0.6391	303.21	429.34
7.78	0.5768	303.20	430.57	8.64	0.6405	303.21	429.31
7.8	0.5783	303.20	430.54	8.66	0.6420	303.21	429.28
7.82	0.5797	303.20	430.51	8.68	0.6435	303.21	429.26
7.84	0.5812	303.20	430.48	8.7	0.6450	303.21	429.23
7.86	0.5827	303.20	430.45	8.72	0.6465	303.21	429.20
7.88	0.5842	303.20	430.42	8.74	0.6480	303.21	429.17
7.9	0.5857	303.20	430.39	8.76	0.6494	303.21	429.14
7.92	0.5872	303.21	430.37	8.78	0.6509	303.21	429.11
7.94	0.5886	303.21	430.34	8.8	0.6524	303.21	429.08
7.96	0.5901	303.21	430.31	8.82	0.6539	303.21	429.05
7.98	0.5916	303.21	430.28	8.84	0.6554	303.21	429.02
8	0.5931	303.21	430.25	8.86	0.6568	303.21	429.00
8.02	0.5946	303.21	430.22	8.88	0.6583	303.21	428.97
8.04	0.5961	303.21	430.19	8.9	0.6598	303.21	428.94
8.06	0.5975	303.21	430.16	8.92	0.6613	303.21	428.91
8.08	0.5990	303.21	430.13	8.94	0.6628	303.21	428.88
8.1	0.6005	303.21	430.10	8.96	0.6643	303.21	428.85
8.12	0.6020	303.21	430.07	8.98	0.6657	303.21	428.82
8.14	0.6035	303.21	430.04	9	0.6672	303.21	428.79
8.16	0.6050	303.21	430.01	9.02	0.6687	303.21	428.77
8.18	0.6064	303.21	429.98	9.04	0.6702	303.21	428.74
8.2	0.6079	303.21	429.95	9.06	0.6717	303.21	428.71
8.22	0.6094	303.21	429.93	9.08	0.6732	303.21	428.68
8.24	0.6109	303.21	429.90	9.1	0.6746	303.21	428.65
8.26	0.6124	303.21	429.87	9.12	0.6761	303.21	428.62
8.28	0.6139	303.21	429.84	9.14	0.6776	303.21	428.59
8.3	0.6153	303.21	429.81	9.16	0.6791	303.21	428.56
8.32	0.6168	303.21	429.78	9.18	0.6806	303.21	428.54
8.34	0.6183	303.21	429.75	9.2	0.6821	303.21	428.51
8.36	0.6198	303.21	429.72	9.22	0.6835	303.21	428.48
8.38	0.6213	303.21	429.69	9.24	0.6850	303.21	428.45
8.4	0.6227	303.21	429.66	9.26	0.6865	303.21	428.42
8.42	0.6242	303.21	429.63	9.28	0.6880	303.21	428.39
8.44	0.6257	303.21	429.60	9.3	0.6895	303.21	428.36
8.46	0.6272	303.21	429.58	9.32	0.6910	303.21	428.34
8.48	0.6287	303.21	429.55	9.34	0.6924	303.21	428.31
8.5	0.6302	303.21	429.52	9.36	0.6939	303.21	428.28
8.52	0.6316	303.21	429.49	9.38	0.6954	303.21	428.25
8.54	0.6331	303.21	429.46	9.4	0.6969	303.21	428.22
8.56	0.6346	303.21	429.43	9.42	0.6984	303.21	428.19

9.44	0.6998	303.22	428.16	10.3	0.7636	303.22	426.95
9.46	0.7013	303.22	428.14	10.32	0.7651	303.22	426.92
9.48	0.7028	303.22	428.11	10.34	0.7666	303.22	426.89
9.5	0.7043	303.22	428.08	10.36	0.7681	303.22	426.87
9.52	0.7058	303.22	428.05	10.38	0.7695	303.22	426.84
9.54	0.7073	303.22	428.02	10.4	0.7710	303.22	426.81
9.56	0.7087	303.22	427.99	10.42	0.7725	303.22	426.78
9.58	0.7102	303.22	427.97	10.44	0.7740	303.22	426.76
9.6	0.7117	303.22	427.94	10.46	0.7755	303.22	426.73
9.62	0.7132	303.22	427.91	10.48	0.7770	303.22	426.70
9.64	0.7147	303.22	427.88	10.5	0.7784	303.22	426.67
9.66	0.7162	303.22	427.85	10.52	0.7799	303.22	426.64
9.68	0.7176	303.22	427.82	10.54	0.7814	303.22	426.62
9.7	0.7191	303.22	427.80	10.56	0.7829	303.22	426.59
9.72	0.7206	303.22	427.77	10.58	0.7844	303.22	426.56
9.74	0.7221	303.22	427.74	10.6	0.7858	303.22	426.53
9.76	0.7236	303.22	427.71	10.62	0.7873	303.22	426.50
9.78	0.7251	303.22	427.68	10.64	0.7888	303.22	426.48
9.8	0.7265	303.22	427.65	10.66	0.7903	303.22	426.45
9.82	0.7280	303.22	427.63	10.68	0.7918	303.22	426.42
9.84	0.7295	303.22	427.60	10.7	0.7933	303.22	426.39
9.86	0.7310	303.22	427.57	10.72	0.7947	303.22	426.37
9.88	0.7325	303.22	427.54	10.74	0.7962	303.22	426.34
9.9	0.7340	303.22	427.51	10.76	0.7977	303.22	426.31
9.92	0.7354	303.22	427.48	10.78	0.7992	303.22	426.28
9.94	0.7369	303.22	427.46	10.8	0.8007	303.22	426.26
9.96	0.7384	303.22	427.43	10.82	0.8022	303.22	426.23
9.98	0.7399	303.22	427.40	10.84	0.8036	303.22	426.20
10	0.7414	303.22	427.37	10.86	0.8051	303.22	426.17
10.02	0.7428	303.22	427.34	10.88	0.8066	303.22	426.14
10.04	0.7443	303.22	427.32	10.9	0.8081	303.22	426.12
10.06	0.7458	303.22	427.29	10.92	0.8096	303.22	426.09
10.08	0.7473	303.22	427.26	10.94	0.8111	303.22	426.06
10.1	0.7488	303.22	427.23	10.96	0.8125	303.22	426.03
10.12	0.7503	303.22	427.20	10.98	0.8140	303.23	426.01
10.14	0.7517	303.22	427.17	11	0.8155	303.23	425.98
10.16	0.7532	303.22	427.15	11.02	0.8170	303.23	425.95
10.18	0.7547	303.22	427.12	11.04	0.8185	303.23	425.92
10.2	0.7562	303.22	427.09	11.06	0.8200	303.23	425.90
10.22	0.7577	303.22	427.06	11.08	0.8214	303.23	425.87
10.24	0.7592	303.22	427.03	11.1	0.8229	303.23	425.84
10.26	0.7606	303.22	427.01	11.12	0.8244	303.23	425.81
10.28	0.7621	303.22	426.98	11.14	0.8259	303.23	425.79

11.16	0.8274	303.23	425.76	12.02	0.8911	303.23	424.59
11.18	0.8288	303.23	425.73	12.04	0.8926	303.23	424.56
11.2	0.8303	303.23	425.70	12.06	0.8941	303.23	424.54
11.22	0.8318	303.23	425.68	12.08	0.8956	303.23	424.51
11.24	0.8333	303.23	425.65	12.1	0.8971	303.23	424.48
11.26	0.8348	303.23	425.62	12.12	0.8985	303.23	424.46
11.28	0.8363	303.23	425.59	12.14	0.9000	303.23	424.43
11.3	0.8377	303.23	425.57	12.16	0.9015	303.23	424.40
11.32	0.8392	303.23	425.54	12.18	0.9030	303.23	424.37
11.34	0.8407	303.23	425.51	12.2	0.9045	303.23	424.35
11.36	0.8422	303.23	425.49	12.22	0.9059	303.23	424.32
11.38	0.8437	303.23	425.46	12.24	0.9074	303.23	424.29
11.4	0.8452	303.23	425.43	12.26	0.9089	303.23	424.27
11.42	0.8466	303.23	425.40	12.28	0.9104	303.23	424.24
11.44	0.8481	303.23	425.38	12.3	0.9119	303.23	424.21
11.46	0.8496	303.23	425.35	12.32	0.9134	303.23	424.19
11.48	0.8511	303.23	425.32	12.34	0.9148	303.23	424.16
11.5	0.8526	303.23	425.29	12.36	0.9163	303.23	424.13
11.52	0.8541	303.23	425.27	12.38	0.9178	303.23	424.11
11.54	0.8555	303.23	425.24	12.4	0.9193	303.23	424.08
11.56	0.8570	303.23	425.21	12.42	0.9208	303.23	424.05
11.58	0.8585	303.23	425.19	12.44	0.9223	303.23	424.03
11.6	0.8600	303.23	425.16	12.46	0.9237	303.23	424.00
11.62	0.8615	303.23	425.13	12.48	0.9252	303.23	423.97
11.64	0.8629	303.23	425.10	12.5	0.9267	303.23	423.95
11.66	0.8644	303.23	425.08	12.52	0.9282	303.23	423.92
11.68	0.8659	303.23	425.05	12.54	0.9297	303.23	423.89
11.7	0.8674	303.23	425.02	12.56	0.9312	303.24	423.87
11.72	0.8689	303.23	425.00	12.58	0.9326	303.24	423.84
11.74	0.8704	303.23	424.97	12.6	0.9341	303.24	423.81
11.76	0.8718	303.23	424.94	12.62	0.9356	303.24	423.79
11.78	0.8733	303.23	424.91	12.64	0.9371	303.24	423.76
11.8	0.8748	303.23	424.89	12.66	0.9386	303.24	423.73
11.82	0.8763	303.23	424.86	12.68	0.9401	303.24	423.71
11.84	0.8778	303.23	424.83	12.7	0.9415	303.24	423.68
11.86	0.8793	303.23	424.81	12.72	0.9430	303.24	423.65
11.88	0.8807	303.23	424.78	12.74	0.9445	303.24	423.63
11.9	0.8822	303.23	424.75	12.76	0.9460	303.24	423.60
11.92	0.8837	303.23	424.72	12.78	0.9475	303.24	423.57
11.94	0.8852	303.23	424.70	12.8	0.9489	303.24	423.55
11.96	0.8867	303.23	424.67	12.82	0.9504	303.24	423.52
11.98	0.8882	303.23	424.64	12.84	0.9519	303.24	423.49
12	0.8896	303.23	424.62	12.86	0.9534	303.24	423.47

12.88	0.9549	303.24	423.44	13.2	0.9786	303.24	423.02
12.9	0.9564	303.24	423.41	13.22	0.9801	303.24	422.99
12.92	0.9578	303.24	423.39	13.24	0.9816	303.24	422.97
12.94	0.9593	303.24	423.36	13.26	0.9831	303.24	422.94
12.96	0.9608	303.24	423.34	13.28	0.9845	303.24	422.91
12.98	0.9623	303.24	423.31	13.3	0.9860	303.24	422.89
13	0.9638	303.24	423.28	13.32	0.9875	303.24	422.86
13.02	0.9653	303.24	423.26	13.34	0.9890	303.24	422.84
13.04	0.9667	303.24	423.23	13.36	0.9905	303.24	422.81
13.06	0.9682	303.24	423.20	13.38	0.9919	303.24	422.78
13.08	0.9697	303.24	423.18	13.4	0.9934	303.24	422.76
13.1	0.9712	303.24	423.15	13.42	0.9949	303.24	422.73
13.12	0.9727	303.24	423.12	13.44	0.9964	303.24	422.70
13.14	0.9742	303.24	423.10	13.46	0.9979	303.24	422.68
13.16	0.9756	303.24	423.07	13.48	0.9994	303.24	422.65
13.18	0.9771	303.24	423.05	13.5	1.0008	303.24	422.63



LAMPIRAN B
KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa 1 : Rizky Febri Ibra Habibie
 No. Mahasiswa 1 : 16521023
 Nama Mahasiswa 2 : Nimas Maylani Yuniffah
 No. Mahasiswa 2 : 16521066
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan Pabrik furfural alkohol dari furfural dan hidrogen dengan kapasitas 18.000 ton/tahun.
 Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020
 Selesai Masa Bimbingan : 31 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	28 April 2020	Pemilihan judul pra rancangan pabrik	
2.	01 Mei 2020	Menentukan kapasitas pabrik	
3.	10 Mei 2020	Menentukan pemilihan proses	
4.	20 Mei 2020	Menentukan Spesifikasi bahan baku dan produk	
5.	08 Juni 2020	Merancang diagram alir balok	
6.	17 Juni 2020	Merancang dan menghitung neraca massa	
7.	14 Juli 2020	Merancang alat besar	
8.	27 Juli 2020	Merancang alat kecil	
9.	12 Agustus 2020	Merancang utilitas	
10.	22 September 2020	Menghitung evaluasi ekonomi	
11.	15 Oktober 2020	Pembuatan PFD dan sistem kontrol	
12.	31 Oktober 2020	Penyusunan naskah akhir	

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 01 November 2020
 Pembimbing,














(Dr. Ifa Puspasari., S.T., M.Eng)


Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik

LAMPIRAN B
KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa 1 : Rizky Febri Ibra Habibie
 No. Mahasiswa 1 : 16521023
 Nama Mahasiswa 2 : Nimas Maylani Yuniffah
 No. Mahasiswa 2 : 16521066
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan pabrik furfuril alkohol dari furfural dan hidrogen dengan kapasitas 18.000 ton/tahun.
 Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020
 Selesai Masa Bimbingan : 30 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	29 April 2020	Pemilihan judul pra rancangan pabrik	
2.	15 Mei 2020	Merancang dan menghitung neraca massa	
3.	11 Juni 2020	Merancang dan menghitung neraca massa	
4.	26 Juni 2020	Merancang dan menghitung neraca massa	
5.	29 Juni 2020	Merancang dan menghitung neraca panas	
6.	10 Juli 2020	Merancang dan menghitung neraca panas	
7.	04 Agustus 2020	Merancang alat besar	
8.	21 Agustus 2020	Merancang alat kecil	
9.	15 September 2020	Merancang utilitas	
10.	09 Oktober 2020	Menentukan alat transportasi fluida	
11.	20 Oktober 2020	Menghitung evaluasi ekonomi	

12.	30 Oktober 2020	Penyusunan naskah dan pembuatan PEFD	
-----	-----------------	--------------------------------------	---

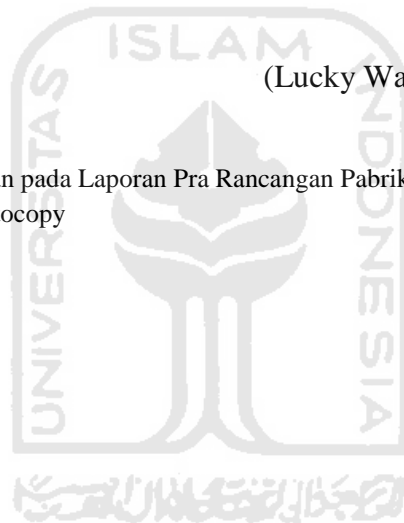
Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, Oktober 2020
Pembimbing,



(Lucky Wahyu Nuzulia, S., S.T.,M.Eng)

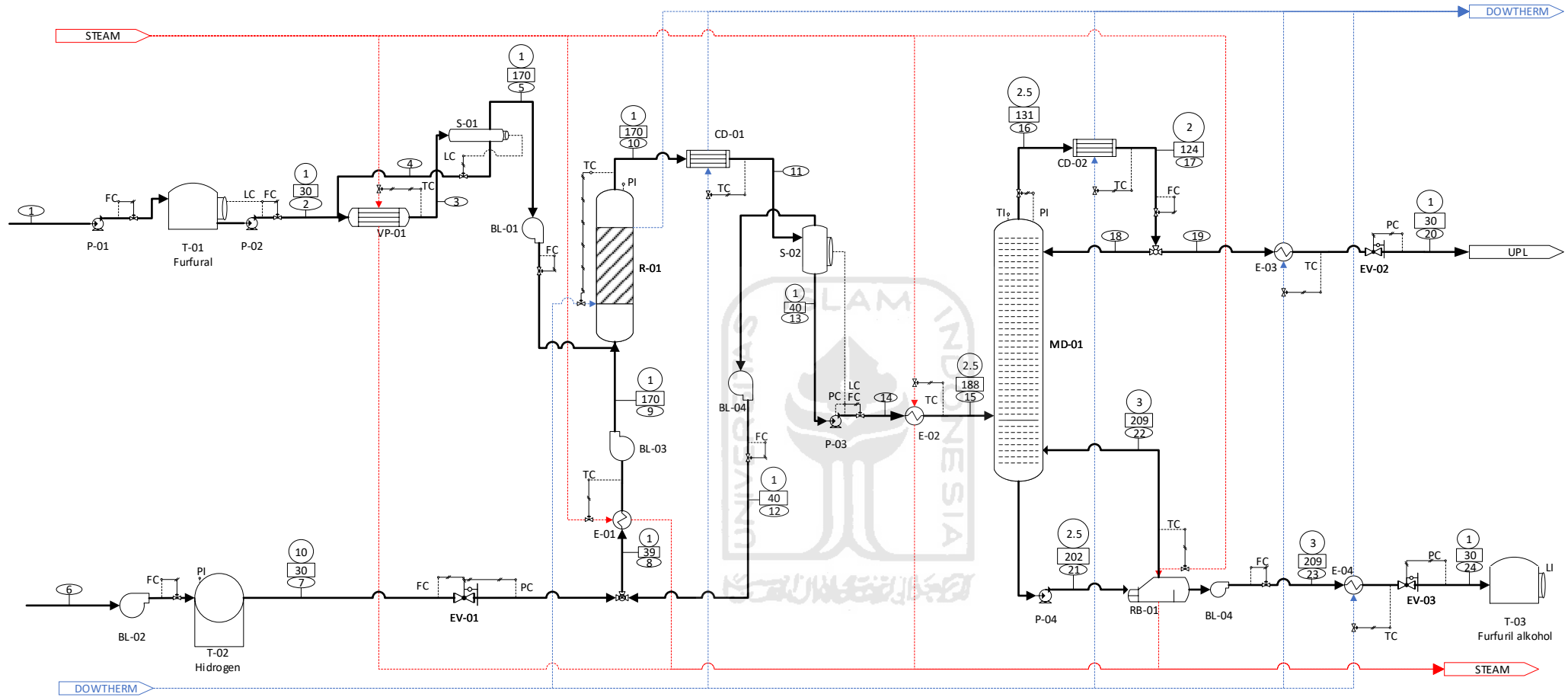
Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus 1		Arus 2		Arus 3		Arus 4		Arus 5		Arus 6		Arus 7		Arus 8		Arus 9		Arus 10		Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam				
Hydrogen																					BL	Blower	LI	Level Indicator
Air			45.71	2.54	45.71	2.54	0.00	0.00	45.70	2.54	46.76	23.19	46.76	23.19	234.95	116.55	234.95	116.55	188.20	93.35	CD	Condenser	PI	Pressure Indicator
Furfural	2240.21	23.32	2240.21	23.32	2240.21	23.32	0.68	0.01	2239.53	23.31					9.75	0.54	9.75	0.54	45.70	2.54	E	Exchanger	TI	Temperature Indicator
Furfuryl Alkohol															0.30	0.00	0.30	0.00	11.20	0.12	S	Separator	FC	Flow Controller
TOTAL	2240.21	23.32	2285.92	25.85	2285.92	25.85	0.68	0.01	2285.23	25.85	46.76	23.19	46.76	23.19	19.80	0.20	19.80	0.20	2275.18	23.19	K	Kompresor	LC	Level Controller
Arus 11																								
Komponen	Arus 11		Arus 12		Arus 13		Arus 14		Arus 15		Arus 16		Arus 17		Arus 18		Arus 19		Arus 20		Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
Komponen	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam				
Hydrogen	188.20	93.35	188.20	93.35																	P	Pompa	TC	Temperature Controller
Air	45.70	2.54	9.75	0.54	35.96	2.00	35.96	2.00	35.96	2.00	72.60	4.03	72.60	4.03	36.65	2.03	35.96	2.00	35.96	2.00	R	Reaktor		Tekanan
Furfural	11.20	0.12	0.30	0.00	10.90	0.11	10.90	0.11	10.90	0.11	4.10	0.04	4.10	0.04	2.07	0.02	2.03	0.02	2.03	0.02	RB	Reboiler		Temperatur
Furfuryl Alkohol	2275.18	23.19	19.80	0.20	2255.38	22.99	2255.38	22.99	2255.38	22.99	1.60	0.02	1.60	0.02	0.81	0.01	0.79	0.01	0.79	0.01	T	Tangki		Arus
TOTAL	2520.28	119.20	218.05	94.10	2302.24	25.10	2302.24	25.10	2302.24	25.10	78.31	4.09	78.31	4.09	39.53	2.06	38.78	2.03	38.78	2.03	VP	Vaporizer		Aliran Listrik
Arus 21																								
Komponen	Arus 21		Arus 22		Arus 23		Arus 24		BM															
Komponen	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/kmol															
Hydrogen									2.016															
Air	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.015															
Furfural	10.44	0.11	1.57	0.02	8.87	0.09	8.87	0.09	96.08															
Furfuryl Alkohol	2654.14	27.06	399.55	4.07	2254.59	22.98	2254.59	22.98	98.1															
TOTAL	2664.58	27.16	401.12	4.09	2263.46	23.07	2263.46	23.07																

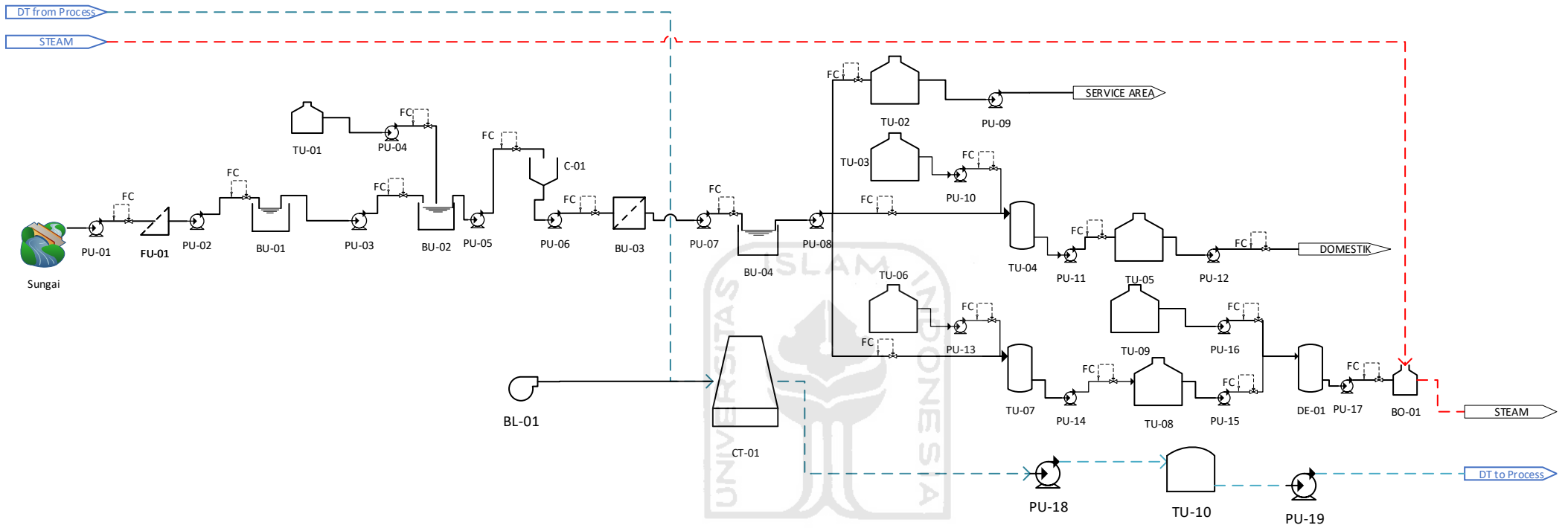
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh:
 1. Rizky Febri Ibra H (16521023)
 2. Nimas Maylani Y (16521066)

Dosen Pembimbing:
 1. Dr. Iha Puspasari, S.T., M.Eng.
 2. Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.

UTILITAS PRA RANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN



Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
BO-01	Boiler	CT-01	Cooling Tower	TU-04	Tangki air bersih	FC	Flow Controller
BL-01	Blower Cooling Tower	De-01	Deaerator	TU-05	Tangki servis water	—————	Pipa
BU-01	Bak sedimentasi	FU-01	Screening	TU-06	Mixed bed	-----	Aliran Listrik
BU-02	Bak koagulasi	PU-01 - PU-24	Pompa Utilitas	TU-07	Tangki NaCl		
BU-03	Bak saringan pasir	TU-01	Tangki larutan alum	TU-08	Tangki air demin		
BU-04	Bak penampung	TU-02	Tangki klorinasi	TU-09	Tangki N2H4		
C-01	Clarifier	TU-03	Tangki Kaporit	TU-10	Tangki Dowtherm		