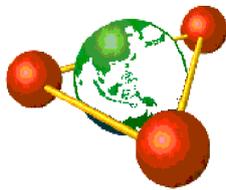


**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Kapasitas 5000 Ton/Tahun

TUGAS AKHIR



Oleh :

Gani Hartono

19130246D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
KAPASITAS 5000 TON/ TAHUN**

Disusun oleh :

Gani Hartono

19130246D

Telah Disetujui oleh Pembimbing

Pada tanggal 3 September 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir Sumardiyono M.T

NIP.01.94.015



Dewi Astuti Herawati. S.T.,M.Eng.

NIP.01.96.023

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati. S.T.,M.Eng.

NIP.01.96.023

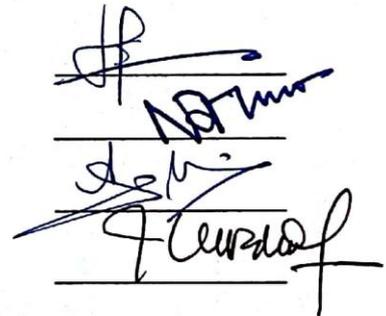
**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
KAPASITAS 5000 TON/ TAHUN**

**Disusun oleh :
Gani Hartono
19130246D**

Telah Dipertahankan didepan penguji
Pada Tanggal 7 Agustus 2018

Penguji I : Dr. Supriyono S.T., M.T.,
Penguji II : Narimo S.T., M.M.,
Penguji III : Dewi Astuti Herawati S.T., M.Eng..
Penguji IV : Ir. Sumardiyono, M.T..



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi

Ketua Program Studi
S1 Teknik Kimia



Petrus Darmawan, S.T., M.T.
NIS.01.99.038


Dewi Astuti H, S.T., M.Eng
NIS.01.96.023

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan doa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta. Dalam penyusunan Laporan Tugas akhir ini penulis mengambil judul “Prarancangan Pabrik Furfural dari Tandan Koong Kelapa Sawit Kapasitas 5000 ton/Tahun”.

Penulisan laporan penelitian ini tidak akan berhasil dengan baik dan lancar tanpa adanya izin dari Tuhan Yang Maha Esa dan kerjasama dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA, selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Petrus Darmawan. S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Ir Sumardiyono M.T., dan Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan laporan ini.
5. Dr. Supriyono S.T., M.T., dan Narimo S.T., M.M., selaku Dosen Penguji dalam Tugas Akhir ini.
6. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan doa dan motivasi dalam Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Kimia angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang turut serta mendukung dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis telah bekerja dengan keras untuk menyelesaikan laporan ini, namun penulis sadar bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu segala saran dan kritik dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati, serta penulis juga berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya bagi pembaca.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Yang utama dan yang pertama Terimakasih Kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Karunianya selama pembuatan Tugas Akhir ini.

Skripsi ini kupersembahkan untuk Bapak **Mulyanto** dan Ibu **Sri Rahayu** selaku Orang tua saya atas kasih sayangnya dan segala dukungan yang diberikan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini. Terimakasih untuk cerita-cerita motivasinya, terimakasih selalu mendoakan dan tidak pernah berhenti menyemangati ketika timbul rasa lelah dan hampir putus asa, terimakasih untuk tidak marah ketika tahu bahwa anaknya akan lulus telat dibandingkan dengan teman-teman seumuran yang kuliah di jurusan lainnya.

Kedua Untuk keluarga terdekat yang selalu mendukung dan mendoakan kelulusan ku ; mas **Wawan Prasetya**, mbak **Dian Yuliati**, serta Pakde – Budhe dan mas mas keponakan semuanya.

Ketiga Untuk Teman terdekatku saat ini, **Fristy Bee**, terimakasih atas segala dukungan, doa, waktu, dan kesabaran untuk selalu menemani, serta mengajari dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, dan maaf jika tidak bisa Wisuda bareng seperti yang diharapkan.

Untuk Teman-teman satu angkatan Teknik kimia 2013 yang Wisuda duluan (**Atika, Galih, Lu'lu', dan tidak lupa Fristy :D**), terimakasih buat kalian karena telah menyadarkan saya untuk selalu rajin mengerjakan skripsi dan telah memotivasi saya untuk segera menyusul kalian Wisuda.

Untuk Teman-teman satu angkatan Teknik kimia 2013 yang ditinggal Wisuda (**Dikha, Puti, Intan, Nurul, Nuril, Nada, Meini, dan Yusuf**), terimakasih buat

kalian sudah menjadi teman diskusi skripsi, maupun teman curhat setelah kita ditinggal Wisuda oleh teman kita, terimakasih karena selalu memberi semangat untuk segera menyelesaikan skripsi.

Untuk Keluarga Besar **WAPALA EXESS**, terimakasih untuk kalian semua karena sudah menjadi tempat pelarian untuk mencari hiburan ketika saya merasa pusing, bosan, malas, jenuh dengan kegiatan perkuliahan, terimakasih untuk rasa kekeluargaan selama 5 tahun ini, dan terimakasih atas pembelajarannya selama ini sehingga mental, *soft skill*, dan *leader ship* saya dapat terlatih dengan baik. Semoga pengalaman selama di wapala exess dapat bermanfaat bagi saya maupun orang lain dimasa mendatang, Amiin.

Untuk bapak/ibu dosen (**Pak Dion, Bu Dewi, Pak Supri, Pak Indra, Bu Happy, Bu Endah, Pak Argoto, Pak Petrus, Pak Seno, Pak Wisnu, Bu Peni, dan Pak Narimo**), terimakasih untuk 5 tahun ini dalam perkuliahan maupun diluar perkuliahan, semoga ilmu perkuliahan serta cerita-cerita motivasi yang bapak/ibu ajarkan dapat bermanfaat bagi saya dimasa mendatang, Amiin.

Untuk Semua Orang yang kenal saya, adek tingkat, dan teman main yang selalu bertanya Kapan Wiuda ? dan akhirnya saya bisa menjawab : Oktober 2018 :D

Untuk Laptop Zyrex dan hp yang sangat membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terimakasih untuk semua pihak yang telah membantu, maupun mendoakan, semoga Tuhan membalas kebaikan kalian semua, Amiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGEAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
INTISARI	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.3 Karakteristik Produk	4
1.4 Pemilihan Kapasitas Produk	6
1.5 Lokasi Pabrik	10
1.6 Pemilihan Proses Pembuatan	14
BAB II. SPESIFIKASI BAHAN	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	25
2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu	25
2.3 Spesifikasi Produk	25
BAB III. DESKRIPSI PROSES	
3.1 Langkah Proses	26
BAB IV. Neraca Massa dan Neraca Panas	
4.1 Neraca Massa	28
4.2 Neraca Panas	44
BAB V. Spesifikasi Alat	
5.1 Tangki Penyimpan	61
5.2 Mixer	62
5.3 Reaktor	63
5.4 Filter Press.....	64

5.5	Evaporator – 01	64
5.6	Evaporator – 02	65
5.7	Menara Destilasi.....	66
5.8	Cruher.....	68
5.9	Screw Conveyor	68
5.10	Bucket Elevator	68
5.11	Belt Conveyor	69
5.12	Expansion Valve.....	70
5.13	Heat Exchanger	70
5.14	Pompa.....	76
BAB VI. Utilitas		
6.1	Unit Pendukung Proses	83
6.1.1.	Unit Pengolahan Air.....	83
6.1.2.	Unit Pengadaan Steam	101
6.1.3.	Unit Pengadaan Listrik.....	103
6.1.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	106
6.1.5.	Unit Penyediaan Udara	107
6.1.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	107
6.1.7.	Laboratorium.....	108
6.2	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	111
BAB VII. Organisasi dan Tata Letak		
7.1	Struktur Organisasi	114
7.1.1.	Pemegang Saham	115
7.1.2.	Dewan Komisaris	115
7.1.3.	Direktur	116
7.1.4.	Kepala Bagian	116
7.1.5.	Kepala Seksi.....	118
7.2	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	123
7.3	Manajemen Produksi.....	129
7.4	Tata Letak (<i>Lay Out</i>) Pabrik	133
7.5	Tata Letak Peralatan.....	135

BAB VIII. Evaluasi Ekonomi

8.1 Perhitungan Biaya144

8.2 Analisis Ekonomi147

BAB IX. Kesimpulan151**DAFTAR PUSTAKA152**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur Molekul Furfural	5
Gambar 2 Peta Luas Perkebunan Kelapa Sawit	11
Gambar 3 Kawasan Industri Dumai	13
Gambar 4 Diagram Kuantitatif	28
Gambar 6.1 Proses Pengolahan Air Utilitas.....	90
Gambar 7.1 Struktur Organisasi.....	122
Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik	139
Gambar 7.3 Tata Letak Alat.....	140
Gambar 8.1 Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i>	143
Gambar 8.2 Grafik Analisis Kelayakan Ekonomi.....	150

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kadar Pentosan Pada Tanaman Hasil Pertanian	2
Tabel 2. Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit.....	3
Tabel 3. Sifat Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit	4
Tabel 4. Kebutuhan Furfural Menurut Data Impor Indonesia	7
Tabel 5. Data Kebutuhan Furfural Untuk Negara Lain	9
Tabel 6. Data Pabrik Yang Membutuhkan Furfural	9
Tabel 7. Kapasitas Pabrik Furfural Di Dunia	10
Tabel 8. Luas Areal Dan Produksi Kelapa Sawit Menurut Pulau	12
Tabel 9. Luas Areal Dan Produksi Kelapa Sawit Menurut Provinsi	13
Tabel 10 Perbandingan Macam- Macam Proses Produksi Furfural.....	18
Tabel 11 Spesifikasi Sifat Fisika Bahan Baku	19
Tabel 12 Spesifikasi Sifat Fisika Produk	19

INTISARI

Pembuatan Furfural secara kontinyu dengan pertimbangan untuk proses dalam skala besar. Pabrik Furfural direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun. Pabrik Furfural memiliki luas area sebesar 20.000 m², pabrik Furfural akan didirikan pada tahun 2020, lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Dumai, Riau. Pabrik Furfural memiliki kapasitas sebesar 5.000 ton/Tahun, selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Furfural yang diproduksi akan diekspor ke Negara Jepang, Korea, Philipina, Vietnam, Malayia, Singapura.

Pembuatan Furfural berlangsung pada fase padat-cair dengan proses *Supra Yield* menggunakan reaktor *Batch* dengan kondisi tekanan 18 atm, suhu 206°C. Reaksi berlangsung secara *endotermis* dan *reversible*. Bahan Baku yang digunakan adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit sebesar 5.928 kg/jam dan Air sebesar 14.897,1 kg/jam, untuk katalis digunakan katalis asam yaitu Asam Sulfat dengan konsentrasi 4,4% sebesar 485,4 kg/jam.

Untuk menunjang proses produksi, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan air sebesar 45.133,29 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan satu buah *generator set* sebesar 500 kW sebagai cadangan, bahan bakar solar sebanyak 58,3 liter/jam dan udara tekan sebesar 60 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp 303.049.310.880,66 dan modal kerja Rp 53.479.290.155,41. Keuntungan sebelum pajak Rp 119.386.251.668,40 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 83.570.376.167,88 pertahun. *Return On Investment (ROI)* 28%. *Pay Out Time (POT)* adalah 2,66 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 43%, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 23% Dari data analisis kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan di Indonesia, khususnya di Provinsi Riau

Kata kunci : Furfural, *Supra Yield*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pada saat ini salah satu bidang yang semakin hari semakin diperhatikan dan terus dikembangkan di negara Indonesia adalah bidang industri, terutama industri yang berkaitan dengan industri kimia. Hal ini dikarenakan sampai saat ini banyak dari bahan-bahan kimia tersebut masih mengandalkan impor dari negara lain, sehingga dengan adanya pertumbuhan di bidang industri kimia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi impor dalam negeri dan dapat menekan biaya produksi di dalam negeri maupun dapat menjadi komoditi ekspor sehingga memberi keuntungan *finansial* dan menambah devisa negara. Selain itu dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah tenaga kerja dan sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri di Indonesia dan memacu tumbuhnya industri baru.

Indonesia sebagai salah satu negara yang mempunyai sumber daya alam maupun sumber daya manusia yang berlimpah sangat berpotensi mengembangkan industri dalam negeri terutama industri-industri yang bersifat mempunyai prospek pemasaran yang menguntungkan. Salah satu industri yang mempunyai persyaratan di atas adalah industri pembuatan Furfural.

Proyek kebutuhan Furfural dalam negeri semakin meningkat seiring dengan berkembangnya industri- industri yang menggunakan bahan baku berupa Furfural, seperti industri cat, industri di bidang farmasi dan juga industri polimer, dll. Kebutuhan furfural Indonesia sampai saat ini masih mengandalkan impor dari negara lain. Diketahui bahwa hanya terdapat satu negara di ASEAN yang memproduksi furfural, yaitu Thailand, padahal Indonesia memiliki banyak potensi alam yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan furfural.

Pada saat ini pabrik yang memproduksi Furfural di Indonesia belum ada, pendirian pabrik Furfural ini diharapkan bisa memenuhi permintaan kebutuhan dalam negeri serta dinilai mempunyai prospek pemasaran yang menguntungkan yang dapat mengurangi ketergantungan Furfural dari negara-negara importir lainnya.

Pada pembuatan Furfural kandungan utama yang digunakan adalah Pentosan. Pentosan terdapat dalam berbagai macam tanaman hasil pertanian yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar Pentosan pada tanaman hasil pertanian

Bahan Baku	Kandungan Pentosan %
Tongkol Jagung	30-40
Kulit Gandum	29-32
Sekam Almond	30
Kulit Biji Kapas	27-30
Ampas Tebu	25-27
Kayu Pohon Birch	27
Tandan Kosong Kelapa Sawit	25.9
Sekam Bunga Matahari	25
Kayu Beech	24
Kulit Hazelnut	23
Residu dari ekstraksi buah zaitun	21-23
Kayu Eucalyptus	20
Sekam Padi	16-18
Kayu Pinus	9

(www.mrw.interscience.wiley.com, 2005)

Dari tabel 1. terlihat bahwa kandungan Pentosan dari tongkol jagung merupakan yang paling besar, tetapi dalam pra rancangan pabrik furfural ini dipilih tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku karena ketersediaannya di Indonesia cukup baik, serta jumlah limbah tandan kosong kelapa sawit yang terus meningkat yang belum diimbangi dengan teknologi dan pemanfaatan yang lebih memadai. Alternatif untuk penanganan pengolahan limbah pabrik minyak kelapa sawit salah satunya dengan cara mendirikan pabrik furfural dengan bahan dasar tandan kosong kelapa sawit.

1.2. Ketersediaan bahan Baku

Indonesia merupakan negara yang kaya akan hasil perkebunannya. Salah satu perkebunan yang terdapat di Indonesia adalah kelapa sawit. Berdasarkan Direktorat Jendral Perkebunan luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia hingga tahun 2016 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Luas area perkebunan kelapa sawit se-Indonesia sebagai berikut.

Tahun	Luas areal (Ha)
2001	4.713.435
2002	5.067.058
2003	5.283.557
2004	5.284.723
2005	5.453.817
2006	6.594.913
2007	6.766.836
2008	7.363.847
2009	7.873.294
2010	8.385.394
2011	8.992.824
2012	9.572.715
2013	10.465.020
2014	10.754.801
2015	11.300.370
2016	11.672.861

(Sumber : Kementerian Pertanian, Direktorat jenderal perkebunan, 2016)

Di Indonesia, jumlah tandan kosong kelapa sawit makin berlimpah, hal ini dapat dilihat pada tabel 2, dengan adanya peningkatan luas perkebunan kelapa sawit Indonesia yang meningkat dari 4,7 juta hektar tahun 2001 menjadi 8,9 juta hektar tahun 2011 atau dua kali lipat dalam 10 tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia, 2016).

Semakin meluasnya perkebunan kelapa sawit mengharuskan dibangunnya pabrik-pabrik kelapa sawit di daerah yang berdekatan dengan perkebunan kelapa sawit. Pabrik-pabrik ini menyebabkan banyaknya limbah yang dihasilkan dari proses produksi di pabrik-pabrik tersebut.

Harga tandan kosong kelapa sawit di salah satu pabrik pengolahan kelapa sawit yaitu di CV. Naco adalah Rp 200.000 dalam 4 ton. Aktivitas produksi

pabrik kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah dalam volume yang sangat besar.

Limbah yang dihasilkan dapat berupa padatan maupun cair. Salah satu dari limbah padat yang terbentuk adalah tandan kelapa sawit (TKKS), dimana dari satu ton tandan buah segar akan dihasilkan minyak sawit kasar sebanyak 0,21 ton (21%) , minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan kosong sebanyak 0,23 ton (23%), serat 0,135 ton (13,5%) dan cangkang bijinya 0,055 ton (5,5%) (Darnoko, 1992).

Tandan kelapa sawit memiliki kandungan polisakarida yang dapat dikonversi menjadi produk atau senyawa kimia yang dapat digunakan untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Bahan utama pembuatan Furfural adalah Pentosan yang terdapat pada bahan yang mengandung serat.

Tabel 3 Sifat Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

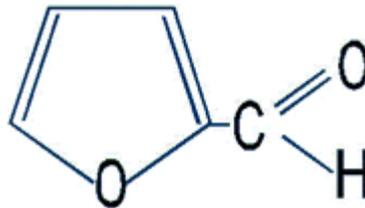
No	Parameter	Kandungan (%)
1	Lignin	22,60
2	A- Selulosa	45,80
3	Holoseululosa	71,80
4	Pentosa	25,90
5	Kadar abu	1,60
6	Kelarutan dalam :	13,89
	- air dingin	2,50
	- air panas	4,20
	- Alkohol-benzene	19,50

Sumber : Purwoto dan Anita, 2005

1.3. Karakteristik Produk

Furfural berasal dari kata latin *furfur* merupakan suatu senyawa yang mengandung cincin furan dengan satu atom O. Furfural adalah senyawa aldehid dengan rumus molekul $C_5H_4O_2$ yang merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfasa cair dengan titik didih $161,7^{\circ}C$, densitas ($20^{\circ}C$) adalah $1,16\text{ g/cm}^3$. Furfural merupakan senyawa yang kurang larut dalam air namun larut dalam alkohol, eter, dan benzena. (Krick, 1995 dan Ramirez, 2002 dalam Witono, 2005).

Furfural merupakan sejenis minyak yang tidak berwarna dengan bau seperti almond, namun jika berada pada udara akan secara cepat berubah warna menjadi kuning hingga kecoklatan. Apabila furfural terhirup, maka dapat menyebabkan gejala mabuk, sakit kepala, hingga dapat menyebabkan pingsan dan kerusakan pada alat pernafasaan seperti menyebabkan radang paru-paru. Jika terkontak dengan kulit secara terus menerus dapat menyebabkan alergi hingga



pada bagian terdalam dan dapat menyebabkan tumor, mutasi, dan kerusakan ginjal pada hewan.

Gambar 1. Struktur molekul furfural

Sumber : Witono, 2005

Furfural dihasilkan dari biomassa yang mengandung pentosan. Bahan ini merupakan bahan yang cukup penting di bidang industri organik karena pemanfaatannya yang beragam dan mempunyai senyawa *derivative* yang banyak. Beberapa kegunaan furfural adalah dapat digunakan sebagai :

- Pembuatan resin di industri cat
- Pelarut dalam distilasi butadiene pada pembuatan karet sintetis.
- *Wetting agent* dalam pembuatan ampelas.
- Solvent untuk pemisahan komponen jenuh dari komponen tak jenuhnya pada industri penyulingan minyak .
- Reagen pada laboratorium.
- Pelarut untuk cat atau kertas.
- Sebagai pelarut dalam industri penyulingan minyak bumi
- Industri pembuatan minyak-minyak pelumas
- Senyawa turunan yang dapat disintesis dari furfural diantaranya adalah furfural alkohol dan furan. Furfural alkohol umumnya digunakan dalam

industri yang memproduksi serat sintetik dan untuk mensintesis senyawa yang digunakan dalam industri pelapisan (*coating*), industri cat, dan industri tekstil .

- Sedangkan furan dipakai untuk mensintesis pelarut yang digunakan dalam industri pembuatan PVC (Wijanarko, dkk. 2006).

Furfural di dalam negeri saat ini dikonsumsi oleh beberapa industri minyak pelumas seperti PT Pertamina, PT Wiraswasta Gemilang Indonesia dan Mustika Makmur *Petroleum Industry*. Hingga saat ini kebutuhan furfural di Indonesia masih mengimpor dari negara-negara Eropa seperti, Amerika, Perancis, Finlandia, Argentina, Italia, Spanyol, Hungaria, Jepang, dan Cina. Diketahui bahwa hanya terdapat satu negara di ASEAN yang memproduksi furfural, yaitu Thailand.

1.4. Pemilihan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik dapat ditentukan oleh suatu industri dengan memperhatikan peluang pasar sesuai banyaknya kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, segi ketersediaan dan kontinuitas bahan baku, selain itu juga fasilitas lain yang mempengaruhi seperti sarana transportasi dan sebagainya.

Tabel 4. Kebutuhan furfural menurut data impor Indonesia

	2-FURALDEHYDE (FURFURALDEHYDE)	FURFURYL ALCOHOL AND TETRAHYDROFURRYL ALCOHOL
Tahun	Total Berat (kg)	Total Berat (kg)
2008	127.927	1.339.498
2009	489.044	556.316
2010	208.349	1.039.954
2011	650.427	1.321.422
2012	348.263	1.050.349
2013	441.692	993.159
2014	281.054	898.893
2015	381.360	889.112
2016	542.515	784.032

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)

Pabrik Furfural direncanakan akan didirikan tahun 2022. Kapasitas pabrik yang diperoleh didapatkan dengan menggunakan least squares dengan persamaan sebagai berikut : $y = ax + b$

$$\dots\dots\dots(1)$$

Dimana : $y =$ Kebutuhan pertahun (ton)

x = Tahun

(S.Mickley, K. Sherwood and E. Reed, 1981)

Tahun	X	Y	X ²	XY
2010	1	208,349	1	208,349
2011	2	650,427	4	1300,854
2012	3	348,263	9	1044,749
2013	4	441,692	16	1766,768
2014	5	281,054	25	1405,270
2015	6	381,360	36	2288,160
	$\Sigma X = 21$	$\Sigma Y = 2311,145$	$\Sigma X^2 = 91$	$\Sigma XY = 8014,19$

- o Menentukan nilai a :

$$a = \frac{n \times [\Sigma xy - (\Sigma x \times \Sigma y)]}{n \times [\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2]}$$

$$a = \frac{6 \times [8014,19 - (21 \times 2311,145)]}{6 \times [91 - 21^2]}$$

$$a = \frac{-243119,13}{-2100}$$

$$a = 115,7710143$$

- o Menentukan nilai b :

$$b = \frac{(\Sigma y \times \Sigma x^2) - (\Sigma x \times \Sigma xy)}{n \times [\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2]}$$

$$b = \frac{(2311,145 \times 91) - (21 \times 8014,19)}{6 \times [91 - 21^2]}$$

$$b = \frac{210314,195 - 168297,99}{-2100}$$

$$b = -20,00771667$$

Nilai a dan b kemudian dimasukkan ke persamaan (1), sehingga diperoleh persamaan : $y = 115,7710143x + (-20,00771667)$ (2)

Di rencanakan pabrik ini didirikan pada tahun 2022 sehingga x = 13, dan kemudian nilai x dimasukkan ke persamaan (2), dan persamaanya menjadi :

$$y = 115,7710143x + (-20,00771667)$$

$$= 115,7710143(13) + (-20,00771667)$$

$$= 1485,015469$$

Jadi perkiraan kebutuhan furfural di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1485,015469 ton/tahun. Sedangkan kebutuhan di sektor Asia sekitar 4.000 ton. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan.

Maka dari itu pabrik furfural yang direncanakan didirikan di Indonesia yaitu dengan kapasitas 5000 ton/tahun, hal ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga dapat diekspor ke negara- negara Asia sebagai berikut:

Tabel 5.Data kebutuhan Furfural untuk negara lain di Asia

Negara	Tahun	Data impor (kg/tahun)
Jepang	2015	2.276.000
Malaysia	2015	100
Korea	2015	934.042
Philipina	2014	20.759
Singapura	2015	254.453
Vietnam	2015	389.695

Sumber :(www. data.un.org)

Tabel 6. Data Pabrik di Indonesia yang Membutuhkan Furfural

Nama Perusahaan	Jenis Produksi
PT Pertamina	Pengolahan Gas dan Minyak Bumi
PT Wiraswasta Gemilang Indonesia	Pengolahan Oli Bekas
Mustika Makmur <i>Petroleum Industry</i>	Pengolahan Minyak Diesel
PT Nusaraya Putra Mandiri	Pengolahan Minyak Pelumas
PT Pasific	Cat dan Tinta

Tabel 7. Kapasitas Pabrik Furfural di Dunia

Negara	Negara Perusahaan	Kapasitas (ton/ Tahun)	Proses	Bahan baku	Referensi
Argentina	Indunor S.A. E.C. Welbers	3000 1500	-	Ekstrak Kayu	Mc Ketta, 1976
Brazil	Agroquimica Rafard S.A.	4600	-	Bagas	www.chem-is-try.org
Rep. Dominika	Central Romana Co.	32000	Quacer Oat	Bagas	www.chem-is-try.org
Mexico	Furfuraly Denvados	1800	-	Tongkol Jagung	www.chem-is-try.org
Amerika Serikat	Great Lakes Chemical Co.	45000	Quaker Oat	Tongkol jagung, sekam padi, dll	www.chem-is-try.org
Austria	Aktiengesllsehaft	10.000	Agrifurance	Residu alkali dari pemanasan selulosa	www.chem-is-try.org
Perancis	Agrifurance S.A.	10.000	Agrifurance	Tongkol jagung	www.chem-is-try.org
Jerman	Schwaebische Zellstof A.G.	200	-	Sulfit, residu alkali	www.chem-is-try.org
Spanyol	Furfural Espanol S.A.	9.000	-	Almond	Mc Ketta, 1976
Hongaria	Pet Nitrogen Works	2.000	Escher wyss	Tongkol jagung	Mc Ketta, 1976
Polandia.	Pofimex Cekop	5.000	Rosenlew	-	www.chem-is-try.org
Slovenia	State owned complex	1.500	-	Ekstraksi kayu	www.chem-is-try.org
Afrika selatan	Smithchem Ltd	17.000	Rosenlew	Bagas	
India	Southern Agrifurance Industries	6.000 11.000	Agrifurance Supra Yield	Bagas Tongkol jagung, sekam padi	www.chem-is-try.org
Australia	Proserpine Sugar Mill	5.000	Supra Yield	Bagas	www.chem-is-try.org
Thailand	-	8.500	-	Comcobs	
Jepang	Sumitomo chemical Co Japan kao soap Co	12.000	-	-	RIRDC, 2006

Sumber : (Mc Ketta, 1976)

Berdasarkan kebutuhan dan kapasitas produksi pabrik yang telah ada maka dirancang produksi sebesar 5.000 ton/tahun, dengan pertimbangan :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri
2. Dapat memberi kesempatan bagi berdirinya industri-industri yang menggunakan furfural sebagai bahan baku
3. Dapat menghemat devisa negara karena berkurangnya impor furfural

1.5. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik idealnya lokasi yang dipilih harus dapat memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas atau memperbesar pabrik. Letak geografi suatu pabrik memberikan pengaruh yang besar terhadap suksesnya usaha. Oleh karena itu, penentuan letak atau lokasi pabrik harus didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis.

Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi beberapa faktor, yaitu :

a. Faktor primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama itu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau, sedang pabrik masih dapat memperoleh keuntungan yang cukup wajar.

1. Letak pabrik terhadap pasar
2. Letak pabrik terhadap sumber bahan baku
3. Tersedianya fasilitas pengangkutan
4. Tersedianya tenaga buruh atau karyawan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pabrik
5. Tersedianya sumber air atau tenaga listrik

b. Faktor sekunder

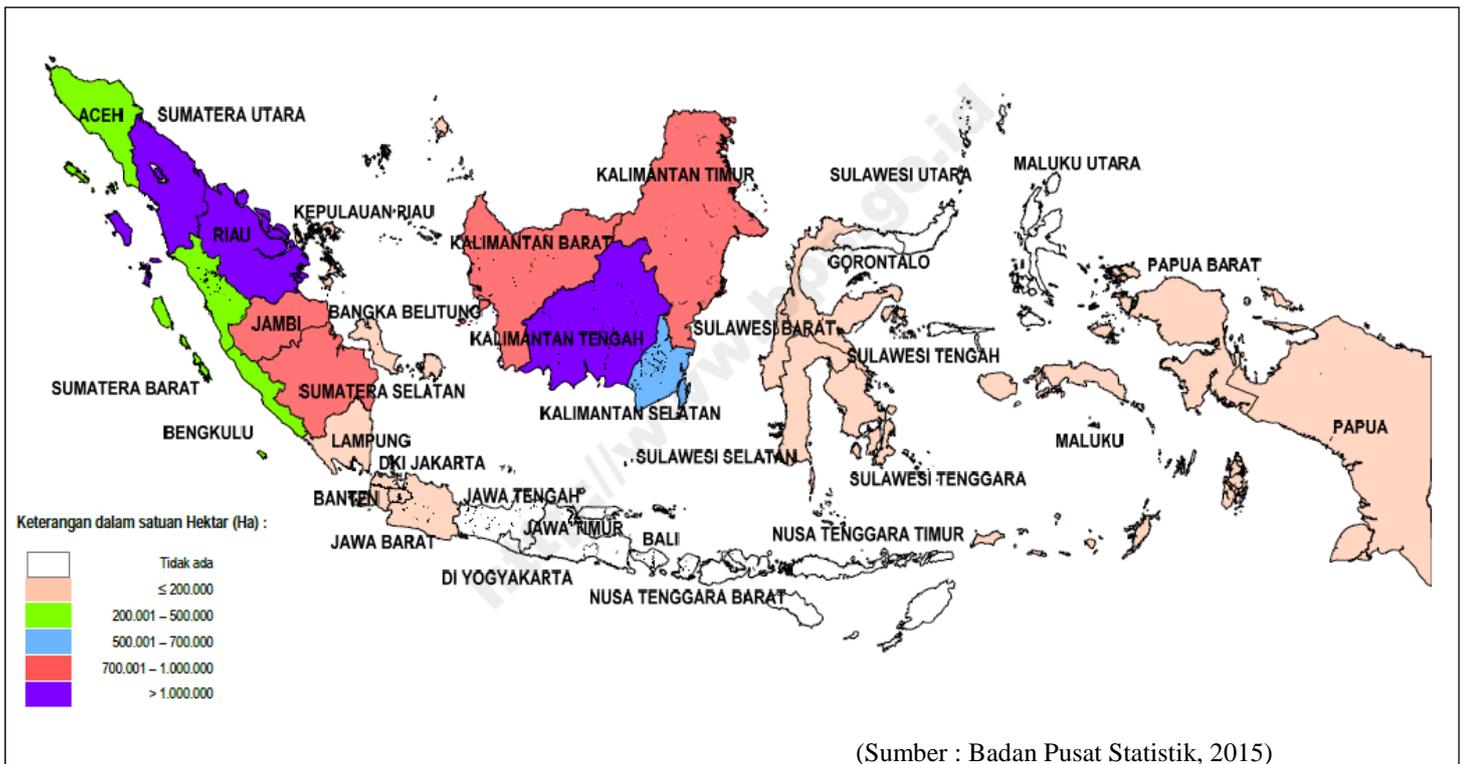
1. Harga tanah dan gedung, biasanya dikaitkan dengan rencana dimasa yang akan datang
 2. Kemungkinan perluasan area pabrik
 3. Tersedianya fasilitas service misalnya disekitar lokasi tersebut atau jarak yang relatif dekat
 4. Tersedianya tempat pembelanjaan untuk kepentingan pabrik
 5. Persediaan air yang cukup
-

6. Peraturan daerah setempat
7. Keadaan masyarakat daerah
8. Iklim
9. Keadaan tanah penting untuk rencana pembangunan

Tabel 8. Luas Areal dan Produksi Kelapa Sawit Menurut Wilayah Pulau dan Status Pengusahaan Tahun 2016

No	Wilayah	Perkebunan Rakyat		Perkebunan Negara		Perkebunan Swasta Private		Jumlah	
		Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)
1	Sumatera	3.672.719	9.416.291	559.365	1.801.047	3.147.909	11.524.991	7.379.993	22.742.329
2	Jawa	6.942	9.126	20.218	42.177	6.214	7.099	33.374	58.402
3	Kalimantan	873.174	1.414.227	136.367	382.314	2.746.773	7.904.797	3.756.314	9.701.338
4	Sulawesi	181.394	377.351	24.404	46.821	176.535	383.510	382.333	807.682
5	Maluku dan Papua	29.568	50.166	15.433	33.472	75.846	107.302	120.847	190.940
	Indonesia	4.763.797	11.267.161	755.787	2.305.831	6.153.277	19.927.699	11.672.861	33.500.691

(Sumber : Kementerian Pertanian, Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016)



Gambar 2. Peta luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia tahun 2015

Tabel 9. Luas Areal dan Produksi Kelapa Sawit Menurut Wilayah Provinsi Sumatera dan Status Pengusahaan Tahun 2016

No	Wilayah	Perkebunan Rakyat		Perkebunan Negara		Perkebunan Swasta Private		Jumlah	
		Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)	Luas (Ha)	Produksi (Ton)
1	Sumatera Utara	418.075	1.198.596	326.574	1.113.705	721.771	3.002.343	1.466.420	5.314.644
2	Riau	1.441.705	3.852.473	88.728	273.877	931.662	3.591.262	2.462.095	7.717.612
3	Sumatera Selatan	502.104	1.353.348	49.424	139.316	512.845	1.815.378	1.064.373	3.308.042
4	Kalimantan Tengah	143.058	235.921	725	395	1.071.295	3.491.459	1.215.078	3.727.775

(Sumber : Kementerian Pertanian, Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016)

Dengan pertimbangan data di atas, maka lokasi pabrik direncanakan berdiri di Provinsi Riau, alasan dipilih lokasi tersebut :

1. Sumber bahan baku

Lokasi pabrik dipilih karena mendekati sumber bahan baku tandan kosong kelapa sawit dan untuk mengurangi biaya transportasi. Riau menghasilkan produksi kelapa sawit terbesar se- Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 7.717.612 ton pada tahun 2016.

2. Letak pasar

Pabrik yang akan didirikan terletak di Kawasan Industri Dumai, Riau cukup dekat dengan pelabuhan sungai duku, pelabuhan Dumai, pelabuhan Sei Pakning dan pelabuhan Bengkalis. Kawasan industri dumai mempunyai luas sebesar 935 ha. Tanah yang belum digunakan di Kawasan Industri Dumai 781 ha. (Kementerian Perindustrian, 2012)

3. Transportasi

Sarana Transportasi untuk keperluan pabrik seperti pemasaran, pengangkutan bahan baku dan lain-lainya melalui angkutan darat, angkutan laut seperti pelabuhan dumai dan angkutan udara seperti bandar udara pinang kampai.

4. Kebutuhan energi

Kebutuhan pabrik Furfural ini direncanakan menggunakan sumber listrik dari PLN. Sedangkan untuk menjamin kelancaran penyediaan tenaga listrik bagi kelangsungan produksi, pabrik memiliki generator pembangkit

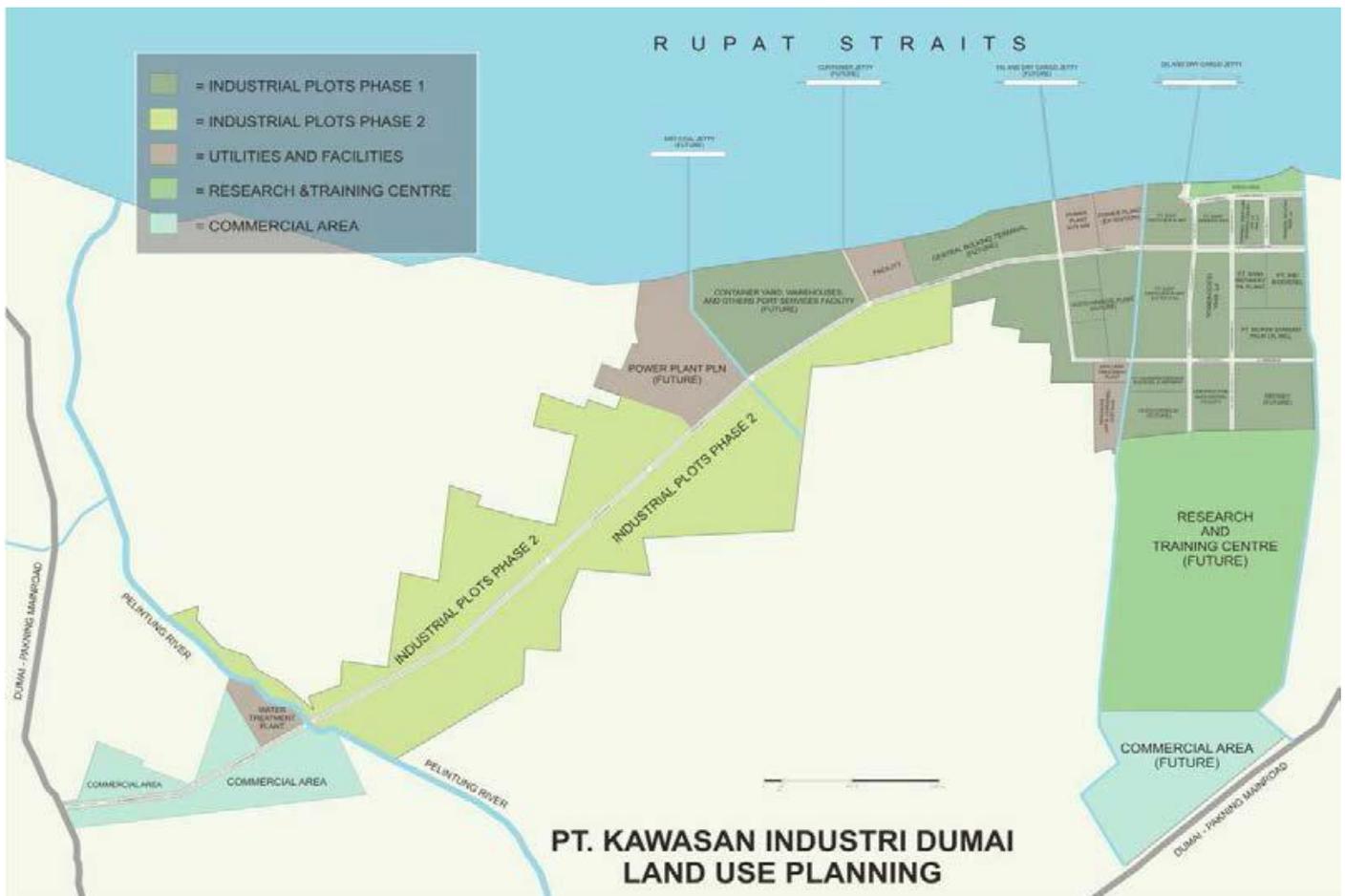
tenaga listrik sendiri. Mengenai bahan bakar generator dan boiler digunakan solar yang dapat dipasok dari daerah sekitar lokasi pabrik.

5. Sumber air

Kebutuhan air untuk proses produksi, air sanitasi, air pendingin dan umpan boiler diperoleh dari air sungai Pelintung 578 m³/detik.

6. Kebutuhan tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja banyak tersedia di daerah Sumatera, sehingga dengan didirikannya pabrik Furfural dapat membantu menyerap tenaga kerja dari Riau ataupun wilayah sekitar Riau seperti Aceh, Medan dan lainnya.



(Dirjen Pengembangan Perwilayahan Industri, 2012)

Gambar 3. Peta Kawasan Industri Dumai

1.6. Pemilihan Proses Pembuatan

Terdapat berbagai macam proses pembuatan furfural. Berikut ini adalah sebagian dari proses tersebut :

A. Proses *Quaker Oats*

Proses ini menggunakan asam sulfat sebagai katalis dalam pembuatan furfural. Sehingga diperlukan reaktor yang terbuat dari baja dengan sifat yang tahan asam dan juga mampu menahan *steam* yang bertekanan tinggi. Kemudian uap yang dihasilkan akan dilewatkan pada bagian stripping untuk memisahkan bagian yang kaya akan furfural pada bagian atasnya. Arus atas yang kaya akan furfural tersebut kemudian di pisahkan lagi berdasarkan fasa berat dan fasa ringan. Pada proses ini, hasil samping yang dihasilkan lebih sedikit. Dalam hal ini digunakan *spherical digester* dengan putaran horisontal dan *high pressure steam* untuk mendapatkan suhu 153°C dan tekanan 4,06 atm. Proses Quaker oats membutuhkan waktu 6 – 8 jam penguapan. (Mc Ketta, 1976).

Kelemahan yang dimiliki proses ini yaitu :

- a. Waktu tinggal yang dibutuhkan lebih lama karena suhu yang rendah
- b. Kebutuhan akan asam sulfat mempengaruhi rendahnya suhu yang digunakan saat operasi.
- c. Menghasilkan residu berupa asam.
- d. Membutuhkan desain reaktor yang agak rumit

B. Proses *Rosenlaw*

Bahan baku diumpankan ke dalam reaktor dengan kondisi tekanan 11-12 kg/cm². Waktu yang digunakan untuk bereaksi pada reaktor yaitu 120 menit. Superheated steam dengan tekanan 10 bar dimasukkan ke bawah dan mengalir keatas bereaksi dengan bahan baku, dilanjut dengan distilasi mengambil produk dari reaksi yang mudah menguap. Reaktor Rosenlaw dapat dilihat sebagai kolom pemisahan energi dengan injeksi uap dibagian bawah, dengan muatan bahan baku representasi kemasan acak. (Zeitsch j Karl, 2000). Pada proses ini digunakan campuran asam asetat, asam formiat, dan asam karboksilat sebagai katalis yang diperoleh dari bahan bakunya sehingga disebut sebagai *innate catalysis* atau *autocatalysis*.

C. Proses *Escher Wyss*

Pada waktu masuk reaktor, bahan baku diaerasi dengan cara dikontakkan *steam* pada suhu 145°C - 170°C, tekanan 3-4 kg/cm² dan dicampur asam asetat sebagai katalis. Dalam hal ini Setelah melewati feeder rotary, bahan baku turun melalui pipa tengah, di mana ia disemprot dengan asam sulfat encer 3% katalis dibagian kelembaban feed. Suhu untuk beroperasi sebesar 170°C dengan rata-rata waktu tinggal 45 menit. (Zeitsch j Karl, 2000)

Produk yang berisi furfural dan asam asetat meninggalkan seksi atas reaktor sebagai uap bersama kelebihan *steam* dan melewati kondensor. Uap dikondensasi, kondensat didinginkan dengan dilewatkan sistem WHB. Kondensat diaerasi, disaring, dan dikumpulkan dalam intermediet storage tank.

Kelemahan proses *Escher Wyss* yaitu :

- a. Kemurnian furfural yang dihasilkan sangat rendah
- b. Sensitivitas yang tinggi dari *Rotary Feeder* mengakibatkan adanya abrasi
- c. Akan mengakibatkan korosi yang cukup parah yang disebabkan oleh asam yang disemprotkan pada saat reaksi
- d. Reaktor *Wyss* sangat sensitive maka dapat mempengaruhi peralatan Lainnya

D. Proses *Petrole Chimie*

Proses ini didasarkan pada *agrifurance* proses. Bahan baku dicampur dengan filtrat filter residu, hal ini menyebabkan perbandingan padat cair 1 : 6. Reaktor pertama mendapat campuran uap primer dan sekunder untuk mencapai 177 °C (9.35 bar).

Uap reaktor pertama dimasukkan kedalam reaktor ke dua, uap dari reaktor kedua dimasukkan ke reaktor ke tiga harus ada penurunan tekanan dari reaktor ke reaktor untuk memastikan mengalir, reaktor terakhir hanya memiliki 161°C (6,34 bar). Dalam proses *agrifurance* terbaru asam sulfat memberikan 1% katalis ini di bagian cairan muatan, konsumsi asam jaug lebih berkurang. (Zeitsch j Karl, 2000)

E. *Supra Yield Process*

Proses ini dikemukakan oleh Arnold & Buzzard (2003), dimaksudkan untuk mengatasi masalah dalam hal penghematan energi, penurunan *yield* reaksi, kemurnian produk dan pengeluaran produk furfural dengan menggunakan *steam*. Pengeluaran hidrolisat (furfural dalam air) pada fasa uap dapat menghindari operasi filtrasi untuk memisahkannya dari ampas padat sisa pemasakan dan menghindari degradasi furfural.

Semua proses produksi furfural di dunia, pengeluaran produk dengan menggunakan *steam*, tetapi dalam proses *Supra Yield* pengeluaran produk furfural tidak diikuti produk samping. Dalam proses supra yield yang dikemukakan oleh Arnold & Buzzard (2003) dengan tekanan sebesar 18 atm dan memiliki waktu tinggal selama 1 jam. Menggunakan asam sulfat sebagai katalis sebanyak 3 % dari massa reaktor.

Dari keempat reaksi yang disampaikan oleh Mc ketta, (1976) dan Zeitsch j Karl, (2000) dan proses yang disampaikan oleh Arnold & Buzzard (2003), dapat dibandingkan macam- macam proses untuk menghasilkan Furfural :

Tabel 10. perbandingan macam – macam Proses Produksi Furfural

Keterangan	<i>Quaker Oats</i>	<i>Rosenlew</i>	<i>Petrole Chimie</i>	<i>Escher Wyss</i>	<i>Supra Yield</i>
Bahan baku	Bagas, Tongkol jagung, sekam padi	Bagas	Selulosa, Tongkol jagung	-	Sekam padi
Suhu	153°C	-	161°C - 177 °C	170°C	206 °C
Tekanan	-	10 bar	6,34 bar - 9.35 bar	-	15 – 30 atm
Waktu tinggal	6- 8 jam	2 jam	3 – 5 jam	-	1 jam
Konversi	36,2 %	24,6 – 27%	39,7%	24,6- 27%	80%
Konsumsi steam	38 ton	30 ton	27,5 ton	30 ton	10 ton
Kapasitas pabrik sudah	1500 – 45.000	5.000 – 17.000	6.000 – 10.000	-	5.000 – 11.000

Dari bermacam – macam proses Furfural seperti yang telah diuraikan di atas, maka dipilih proses *Supra Yield* dengan pertimbangan :

1. Konversi Furfural dari pentosan tinggi
2. Teknologi ini mempunyai tingkat konsumsi steam yang lebih rendah dibandingkan yang lainnya.

3. Waktu tinggal cepat

1.7. Tinjauan Pustaka

A. Sifat Fisika dan Kimia

Menurut Purwoto dan Anita, (2005), komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Kandungan	Kadar (% berat)
Lignin	22,60
A-Selulosa	45,80
Pentosan	25,90
Abu	1,60
Air	4,1

Tabel 11. Spesifikasi Sifat Fisika Bahan Baku

Kandungan	Fase	Rumus molekuler	Berat molekul (kg/kmol)	Spesific gravity	Titik didih (°C)	Titik lebur (°C)
Selulosa	padat	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	162,14	1,3 – 1,4		
Hemiselulosa	padat	(C ₅ H ₈ O ₄) _n	132,11	1,429	200	97,5
Lignin	padat	C ₂₄ H ₂₂ O ₈	438,43	1,429	200	97,5
Asam Sulfat	cair	H ₂ SO ₄	98,08	1,834	340	10,31
Air	cair	H ₂ O	18	1	100	0

Sumber : (Perry, 1999)

Tabel 12. Spesifikasi Sifat Fisika dan Produk

Kandungan	Fase	Rumus molekuler	Berat molekul (kg/kmol)	Spesific gravity	Titik didih (°C)	Titik Beku (°C)
Furfural	Cair	C ₅ H ₄ O ₂	96,082	1,1610	161,7	-36,5

Sumber : (international Furan Chenicak, 2006)

B. Mekanisme Pembentukan Furfural

Furfural dibentuk dari pentosan yang dihasilkan dari biomassa, terdiri dari 2 tahap reaksi, yaitu hidrolisis dan dehidrasi. Reaksi dehidrasi membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding dengan reaksi hidrolisis, sehingga reaksi dehidrasi merupakan reaksi yang mengontrol reaksi secara keseluruhan. Untuk itu digunakan bantuan katalis asam, misalnya: asam sulfat. (Wijanarko,dkk, 2006).

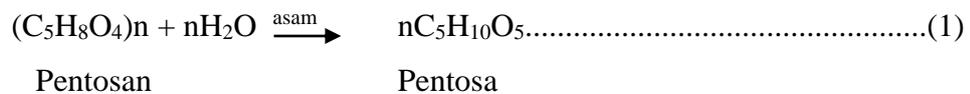
Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan Furfural adalah reaksi hidrolisa pentosan menjadi pentosa yang diikuti reaksi dehidrasi dari pentosa menjadi furfural. Proses pembuatan furfural dengan proses *supra yield* berlangsung pada fase padat-cair, pada suhu 206°C dan tekanan 18 atm. (*Arnold and Buzzard, 2003*)

Reaksi pembentukan furfural terjadi saat pentosan ditambah katalis asam dan dipanaskan. Katalis asam ini akan mempercepat reaksi. Ketika dipanaskan pada suhu 206° C, dan tekanan 18 atm didalam reaktor terjadi reaksi hidrolisa pentosan yang terkandung di dalam tandan kosong kelapa sawit menjadi pentosa, serta reaksi dehidrasi pentosa menjadi furfural.

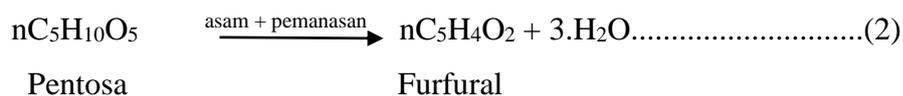
Tahapan reaksi yang terjadi selama proses pembuatan furfural adalah sebagai berikut (*Arnold and Buzzard, 2003*).

Mekanisme Reaksi :

1. Reaksi Hidrolisa



2. Reaksi Dehidrasi



(*Arnold and Buzzard, 2003*).

C. Kinetika reaksi

Menurut Arnold & Buzzard (2003), didapatkan kinetika reaksi pembentukan furfural adalah sebagai berikut :



Pada proses pembuatan furfural didapatkan harga sebesar :

$$k_0 = 7,832 \times 10^4 C_H e^{\frac{-5163}{T}}$$

$$k_1 = 9,306 \times 10^{15} C_H C_{Pe} e^{\frac{-16894}{T}}$$

Keterangan

k_0 = konstanta laju reaksi pembentukan pentosa (/jam)

k_1 = konstanta laju reaksi pembentukan furfural (/jam)

C_H = konsentrasi hidrogen pada suhu 20 °C (gram/liter)

C_{pe} = konsentrasi pentosa (gram/liter)

T = temperatur (K)

Reaksi pembentukan Furfural :



Konversi Pentosa menjadi Furfural : 80%

Konversi Pentosan menjadi pentosa : 80%

Waktu tinggal reaksi : 1 jam reaksi

D. Tinjauan termodinmika

Suatu reaksi dapat dikatakan reaksi *eksotermis* (melepaskan panas) atau *endotermis* (memerlukan panas) dapat dilihat dari perhitungan :



Dari yaws,1999, didapatkan data :

$$\Delta H_f^{25^\circ C} (C_5H_8O_4) : - 844 \text{ kJ/Mol}$$

$$\Delta H_f^{25^\circ C} (C_5H_{10}O_5) : - 1063 \text{ kJ/Mol}$$

$$\Delta H_f^{25^\circ C} (C_5H_4O_2) : -151,04 \text{ kJ/Mol}$$

$$\Delta H_f^{25^\circ C} (H_2O) : -241,80 \text{ kJ/Mol}$$

- Reaksi 1

$$\Delta H_f \text{ Reaksi1} = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reaktan})$$

$$\begin{aligned}
 &= \Delta H_f(C_5H_{10}O_5) - (\Delta H_f(C_5H_8O_4) + \Delta H_f(H_2O)) \\
 &= -1063 - (-844 + (-241,80)) \\
 &= 22,8 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{pentosan}} &= \int_{305}^{298} -40,312 + 7,5846 \cdot 10^{-01} T^1 \\
 &= -1318,546 \text{ J/mol} \\
 &= -1,318546 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{air}} &= \int_{305}^{298} 33,933 - 8,4186 \cdot 10^{-03} T + 2,9906 \cdot 10^{-05} T^2 - \\
 &\quad 1,7825 \cdot 10^{-08} T^3 + 3,6934 \cdot 10^{-12} T^4 \\
 &= -235,587 \text{ J/mol} \\
 &= -0,235587 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_f \text{ reaktan} &= \Delta H_{\text{pentosan}} + \Delta H_{\text{air}} \\
 &= -1,318546 + (-0,235587) \\
 &= -1,554133 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_f \text{ produk} &= \int_{298}^{479} 354,64 \\
 &= 64189,84 \text{ J/mol} \\
 &= 64,18984 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{total}} &= \Delta H_f \text{ reaktan} + \Delta H_{fR1} + \Delta H_f \text{ produk} \\
 &= -1,554133 \text{ kJ/mol} + 22,8 \text{ kJ/mol} + 64,18984 \text{ kJ/mol} \\
 &= 85,435707 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada reaksi 1 ΔH_{fR} positif maka reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis atau membutuhkan panas.

- Reaksi 2

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ Reaksi2} &= \sum \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktan}) \\
 &= \Delta H_f(C_5H_4O_2) + [\Delta H_f(H_2O) \times 3] - C_5H_{10}O_5 \\
 &= -151,04 + [(-241,80 \times 3)] - (-1063) \\
 &= 186,56 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_f \text{ reaktan} &= \int_{298}^{479} 354,64 \\
 &= 64189,84 \text{ J/mol} \\
 &= 64,18984 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{furfural}} &= \int_{298}^{479} 66,792 + 7,0755 \cdot 10^{-01} T - 1,8082 \cdot 10^{-03} T^2 + \\
 &\quad 1,9630 \cdot 10^{-06} T^3 \\
 &= 33516,461 \text{ J./mol} \\
 &= 33,516461 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{air}} &= \int_{298}^{479} 33,933 - 8,4186 \cdot 10^{-03} T + 2,9906 \cdot 10^{-05} T^2 - \\
 &\quad 1,7825 \cdot 10^{-08} T^3 + 3,6934 \cdot 10^{-12} T^4 \\
 &= 6199,104 \text{ J/mol} \\
 &= 6,199104 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{f produk}} &= \Delta H_{\text{furfural}} + \Delta H_{\text{air}} \\
 &= 33,516461 \text{ kJ/mol} + 6,199104 \text{ kJ/mol} \\
 &= 39,715561 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{\text{total}} &= \Delta H_{\text{f reaktan}} + \Delta H_{\text{fR}_2} + \Delta H_{\text{f produk}} \\
 &= 64,18984 \text{ kJ/mol} + 186,56 \text{ kJ/mol} + 39,715561 \text{ kJ/mol} \\
 &= 290,465401 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Karena harga ΔH_{r} positif maka reaksi yang terjadi adalah *endotermis* atau membutuhkan panas.

Reaksi di atas termasuk reaksi *irreversible* atau searah, hal itu dapat dibuktikan dengan perhitungan di bawah ini :

Data diambil dari yaws,1999 :

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ C}_5\text{H}_8\text{O}_4 &= -113.610 \text{ J/mol} \\
 \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 &= -233.240 \text{ J/mol} \\
 \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ C}_5\text{H}_4\text{O}_2 &= -100.270 \text{ J/mol} \\
 \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ H}_2\text{O} &= -51.120 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

- Reaksi 1

$$\begin{aligned}
 \Delta G_1 &= \sum \Delta G^{\circ}_{(\text{produk})} - \sum \Delta G^{\circ}_{(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 - (\Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ C}_5\text{H}_8\text{O}_4 + \Delta G_{25^{\circ}\text{C}} \text{ H}_2\text{O}) \\
 &= -233.240 - (-113.610 + (-51.120)) \\
 &= -68.510 \text{ J/ Mol}
 \end{aligned}$$

Perhitungan harga ketetapan kesetimbangan (K) dapat di tinjau dari rumus berikut:

Dari Smith, 2001, didapat rumus:

$$\Delta G^\circ = - RT \ln K$$

ΔG° = Energi Gibbs standar, kJ/mol

R = tetapan gas ideal (8,314 j/mol^o K)

T =Temperatur, K

K = Konstanta Kesetimbangan

$$\ln K_{25^\circ\text{C}} = \frac{-\Delta G}{RT}$$

$$\ln K_{25^\circ\text{C}} = \frac{-(-68.510)}{8,314 \times 298}$$

$$K_{25^\circ\text{C}} = 1,021.10^{12}$$

$$\ln \frac{K_{T \text{ operasi}}}{K_{298}} = - \frac{\Delta H_{298K}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\ln \frac{K_{479}}{1,021.10^{12}} = - \frac{85435,707}{8,314} \left[\frac{1}{479} - \frac{1}{298} \right]$$

$$K_{1 T \text{ opsai}} = 4,656.10^{17}$$

Pada reaksi 1 diperoleh harga K >>> 1, maka reaksi berjalan kearah kanan (*irreversible*).

- Reaksi 2

$$\Delta H_{G1} = \sum \Delta G^\circ_{(produk)} - \sum \Delta G^\circ_{(reaktan)}$$

$$= (\Delta G_{298} \text{ C}_5\text{H}_4\text{O}_2 + (\Delta G_{298} \text{ H}_2\text{O} \times 3)) - \Delta G_{298} \text{ C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$$

$$= (-100.270 + (-51.120 \times 3)) - (-233.240)$$

$$= -20.390 \text{ J/ Mol}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G}{RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-(-20.390)}{8,314 \times 298}$$

$$K_{298} = 3,751.10^3$$

$$\ln \frac{K_{T \text{ operasi}}}{K_{298}} = - \frac{\Delta H_{298K}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\ln \frac{K_{479}}{3,751 \cdot 10^3} = - \frac{290465,401}{8,314} \left[\frac{1}{479} - \frac{1}{298} \right]$$
$$K_{1 \text{ T opsai}} = 6,512 \cdot 10^{22}$$

Pada reaksi 1 diperoleh harga $K \gg \gg 1$, maka reaksi berjalan kearah kanan (*irreversible*).

E. Kondisi operasi

Kondisi operasi pada reaktor perancangan pabrik furfural ini berdasarkan *Arnold dan Buzzard (2003)*, adalah sebagai berikut :

Temperatur	= 206 °C
Tekanan	= 18 atm
Waktu reaksi	= 1 jam
Fase reaksi	= padat – cair
Padat : cairan	= 1 : 3 (Perbandingan berat)
Katalis	= Asam Sulfat
Konversi	= 80%

BAB II

Spesifikasi Bahan

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Bentuk	: Padat
Pentosan	: 25,9 %
Air	: 4,1 %

(Purwoto dan Anita, 2005)

2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu

a. Asam Sulfat sebagai katalisator

Bentuk	: Cair
Asam Sulfat	: 98 %
Clorida	: Maksimal 10 ppm
Nitrate	: Maksimal 5 ppm
Besi	: Makimal 50 ppm
Timbal	: Maksimal 50 pm

(PT Budi acid jaya)

2.3 Spesifikasi Produk

a. Furfural

Bentuk	: Cair
Furfural	: 99 %
Asam Sulfat	: 0,8 %
Air	: 0,2%

BAB III

Deskripsi Proses

3.1 Langkah Proses

Pembuatan furfural dengan menggunakan proses *supra yield* secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahapan proses hidrolisa dan dehidrasi
3. Tahapan pemurnian produk

3.1.1 Tahap persiapan bahan baku

Air yang berasal dari utilitas dengan suhu 30⁰C dan tekanan 1 atm dan asam sulfat dengan kemurnian 98% dari tangki penyimpanan (F-121) yang disimpan pada suhu 30⁰C dan tekanan 1 atm dimasukkan kedalam *mixer* (M-110) agar bercampur secara homogen hingga mendapatkan konsentrasi asam sulfat 4,4%. Selanjutnya asam sulfat diumpankan kedalam *reaktor* (R-210).

Bahan baku tandan kosong kelapa sawit yang disimpan digudang (G-122) pada suhu 30⁰C dan tekanan 1 atm diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-131) menuju *crusher* (C-111) untuk memperkecil ukuran tandan kosong. Hasil dari *crusher* (C-111) masuk ke dalam *Hooper* (H-112) sebagai alat timbangan untuk menentukan jumlah tandan kosong yang akan masuk ke *reaktor* (R-210). Hasil dari *Hopper* menuju ke *Reaktor* (R-210) diangkut menggunakan *bucket elevator* (J-132)

3.1.2 Tahap reaksi hidrolisa dan dehidrasi

Asam sulfat dari *mixer* (M-110) dan tandan kosong dari *hopper* (H-112) dengan perbandingan 3 : 1 dimasukkan kedalam *reaktor* (R-210). Reaksi menggunakan reaktor *batch* dengan sifat reaksi endodermis.

Reaktor beroperasi secara *isothermal* pada suhu 206⁰C dan tekanan 18 atm selama 1 jam. Untuk mempertahankan suhu reaktor agar tetap konstan, maka reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas.

Di dalam reaktor terjadi 2 reaksi, yaitu reaksi hidrolisa dan reaksi dehidrasi. Reaksi hidrolisa adalah mengubah pentosan menjadi pentosa, sedangkan reaksi dehidrasi adalah mengubah pentosa menjadi furfural.

3.1.3 Tahap pemurnian produk

Selanjutnya produk akan diturunkan tekanannya menjadi 1 atm dan suhu 90⁰C dengan menggunakan *expansion valve* (EV-222). Keluaran reaktor akan dipisahkan antara *slurry* dengan filtratnya. Uap yang melewati *expansion valve* (EV-222) yang berupa filtrat akan dialirkan ke *Akumulator* (F-212). *Slurry* akan dialirkan ke *filter press* (H-211), hasil padatan akan di alirkan ke UPL sedangkan filtratnya dialirkan ke *Akumulator* (F-212).

Filtrat yang tertampung di *Akumulator* (F-212) akan di alirkan menuju ke *Evaporator 1* (V-311) kemudian dialirkan ke *Evaporator 2* (V-312) untuk menguapkan kandungan air yang terdapat pada filtrat, kemudian Furfural dimurnikan menggunakan *Destilasi* (V-310).

BAB IV**Lampiran A****PERHITUNGAN NERACA MASSA****a. Basis Produk**

Kapasitas produksi pabrik Furfural per tahun = 5000 ton / tahun

Waktu operasi pabrik dalam 1 tahun = 330 hari / tahun

Maka,

Kapasitas Produksi Furfural dalam 1 jam operasi =

$$\frac{5000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 631,3131 \text{ kg/jam}$$

Kemurnian Furfural = 99%

b. Basis Bahan Baku

1 ton Furfural dapat dihasilkan dari = 9,48 ton TKKS

TKKS yang dibutuhkan = 9,48 x 99 % = 9,3852 ton

Maka, TKKS yang dibutuhkan per tahun =

$5000 \times 9,3852 \times 1000 \times 330 \times 24 = 5925 \text{ kg / jam}$

Tabel 1. Kandungan komponen dalam TKKS :

Komponen	%	massa (kg/jam)
Lignin	16,49	5925 x 16,49 = 977,0325
Selulosa	45,98	5925 x 45,98 = 2724,3150
Pentosan	22,84	5925 x 22,84 = 1353,2700
Air	13,46	5925 x 13,46 = 797,5050
Abu	1,23	5925 x 1,23 = 72,8775
Total	100	5925

Tabel 2. Komposisi Senyawa dalam Produk :

Kompoisi Produk	% dalam produk	kg/jam	kmol/jam	% berat
Furfural	99%	625	6,5104	95,6904
Asam Sulfat	0,20%	1,2626	0,0129	0,1892
Air	0,80%	5,0505	0,2803	4,1204
Total		631,3131	6,8036	100

Dari perhitungan dengan basis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebesar 5925 kg/jam menghasilkan laju produksi sebesar 618,3690 kg/jam. Sehingga perlu dicari faktor scale-up untuk mendapatkan laju produksi sebenarnya sebesar 631,3131 kg/jam.

$$\text{Faktor Scale-up} = \frac{631,3131}{618,3690} = 1,0209$$

Kemudian, untuk mengetahui kapasitas bahan baku sebenarnya agar memenuhi laju produksi sebesar 631,576 kg/jam dapat dihitung dengan cara :

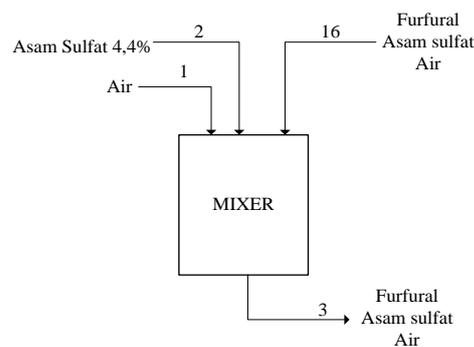
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas bahan baku} &= \text{basis} \times \text{faktor scale-up} \\ &= 5925 \times 1,0209 \\ &= 6049,0258 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh laju alir bahan baku tandan kosong kelapa sawit sebesar 6049,0258 kg/jam.

Faktor scale-up merupakan faktor yg harus dikalikan dengan alur pada neraca massa

c. Mixer

Fungsi : Untuk Mencampur Air dengan Asam Sulfat



$$\text{Umpan TKKS} = 5925 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang terkandung dalam TKKS} &= 13,46\% \times 5925 \text{ kg/jam} \\ &= 797,505 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TKKS kering} &= 5925 \text{ kg/jam} - 797,505 \text{ kg/jam} \\ &= 5127,495 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Perbandingan massa cairan dengan padatan adalah 3 : 1

$$\begin{aligned} \text{Jumlah cairan yang diumpankan dalam mixer} &= 3 \times 5127,495 \text{ kg/jam} \\ &= 15382,485 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

*Jumlah H₂SO₄ yang diumpankan dalam mixer adalah 3% dari massa mixer

$$= 3\% \times (15382,485 + 797,505)$$

kg/jam

$$= 485,3997 \text{ kg/jam}$$

H₂O yang ditambahkan dalam mixer = 15382,485 kg/jam – 485,3997

kg/jam

$$= 14897,0853 \text{ kg/jam}$$

*H₂SO₄ yang diumpankan dalam mixer mempunyai kadar 4,4%

$$= 4,4\% \times 485,3997 \text{ kg/jam}$$

$$= 21,3576 \text{ kg/jam}$$

Tabel 4.3 Neraca Massa disekitar Mixer sebelum Recycle

Komposisi	input (kg/jam)		output (kg/jam)
	arus 1	arus 2	arus 3
Air	14897,0853	464,0421	15361,1274
asam sulfat	-	21,3576	21,3576
total	14897,0853	485,3997	
	15382,485		15382,485

Tabel 4.4 Neraca Massa disekitar Mixer sesudah Recycle

Komposisi	input (kg/jam)			output (kg/jam)
	arus 1	arus 2	arus 16	arus 3
furfural	0	0	0,1143	0,1143
asam sulfat	0	10,0516	11,3060	21,3576

air	14896,9598	464,0421	0,0111	15361,0131
	14896,9598	474,0937	11,4314	
total	15382,485			15382,485

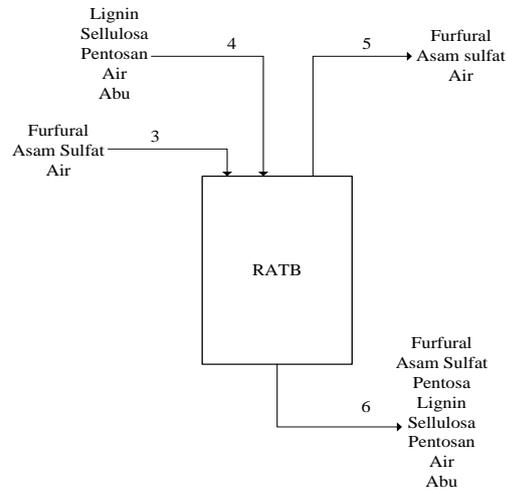
Untuk mendapatkan laju produksi yang sebenarnya, maka laju alir disetiap arus dikali faktor scale-up sebesar : 1,0209. Faktor scale-up merupakan faktor yg harus dikalikan dengan alur pada neraca massa, jadi Neraca Massa aktualnya adalah :

Table 4.5 Neraca Massa Aktual di sekitar Mixer

Komposisi	input (kg/jam)			output (kg/jam)
	arus 1	arus 2	arus 16	arus 3
Furfural	0	0	0,1167	0,1167
Asam Sulfat	0	10,2620	11,5426	21,8047
Air	15208,79225	473,7557	0,0114	15682,5593
	15208,79225	484,0177	11,6707	
Total	15704,48071			15704,4807

d. Reaktor

Fungsi : Untuk Mereaksikan Air dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan katalis Asam Sulfat dari hasil mixer untuk membentuk produk Furfural.



****Konversi reaksi pembentukan pentosan menjadi pentosa sebesar 80%**

$$\begin{aligned} \text{Massa pentosan yang bereaksi adalah} &= 22,84\% \times 5925 \text{ kg/jam} \\ &= 1353,27 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju pentosan yang bereaksi sebesar} &= \left(\frac{\text{massa}}{BM} \right) \times \text{konversi} \\ &= \left(\frac{1353,27}{132} \right) \times 80\% \\ &= 8,2016 \text{ kmol} \end{aligned}$$



	Pentosan	Air <small>(massa air yang terkandung dalamTKKS + massa air pada arus 3)</small>	Pentosa
Mula- mula :	1353,270	16158,5181	-
Reaksi :	$\frac{8,2016}{132} = 10826,616$	$\frac{8,2016}{18} = 147,6295$	$\frac{8,2016}{150} = 1230,2454$
Setelah Reaksi :	270,654	16010,8886	1230,2454

****Konversi reaksi pembentukan pentosa menjadi furfural sebesar 80%**

Massa pentosan yang bereaksi adalah = 1230,2454 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Laju pentosa yang bereaksi sebesar} &= \left(\frac{\text{massa}}{BM}\right) \times \text{konversi} \\ &= \left(\frac{1230,2454}{150}\right) \times 80\% \\ &= 6,5613 \text{ kmol} \end{aligned}$$



Pentosa Furfural Air

Mula- mula : 1230,2454 - -

$$\text{Reaksi} \quad : \quad \frac{6,5613}{150} = 984,1964 \quad \frac{6,5613}{96} = 629,8857 \quad \frac{6,5613}{18} = 354,3107$$

Setelah Reaksi : 246,0491 629,8857 354,3107

Jadi, massa tiap komponen yang terkandung dalam reaktor adalah :

$$\begin{aligned} \text{Furfural} &= 629,8857 \text{ kg/jam} + 0,1143 \text{ kg/jam (arus 3 setelah di Recycle)} \\ &= 630,0000 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Asam Sulfat} = 21,3576 \text{ kg/jam (arus 3 setelah di Recycle)}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 16010,8886 \text{ kg/jam} + 354,3107 \text{ kg/jam} \\ &= 16365,1993 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

*diperkirakan Filtrat yang ikut kedalam slurry sebesar 10%.

Jadi, massa tiap komponen yang terkandung dalam *slurry* dan filtrat adalah:

Tabel 4.6 komponen yang terkandung dalam *slurry* dan filtrat

Komponen	Slurry 10% (kg/jam)	Filtrat (kg/jam)	Produk	Atas
Furfural	10% x 630,0000 = 63,0000	567,0000		
Asam Sulfat	10% x 21,3576 = 2,1358	19,2218		

Air	$10\% \times 16365,1993 = 1636,5200$	14728,6794
-----	--------------------------------------	------------

Tabel 4.7 Neraca Massa disekitar Reaktor setelah di Recycle

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	arus 3	arus 4	arus 5	arus 6
Furfural	0,1143	-	63,0000	567,0000
Asam sulfat	21,3576	-	2,1358	19,2218
Pentosa	-	-	246,0491	-
lignin	-	977,0325	977,0325	-
Selulosa	-	2724,3150	2724,3150	-
Pentosan	-	1353,2700	270,6540	-
Air	15361,0131	797,5050	1636,5199	14728,6794
Abu	-	72,8775	72,8775	-
total	15382,4850	5925,0000	5992,5838	15314,9012
	21307,4850			21307,4850

Untuk mendapatkan laju produksi yang sebenarnya, maka laju alir disetiap arus dikali faktor scale-up sebesar : 1,0209. Faktor scale-up merupakan faktor yg harus dikalikan dengan alur pada neraca massa, jadi Neraca Massa aktualnya adalah :

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	arus 3	arus 4	arus 5	arus 6
Furfural	0,1167	-	64,3188	578,8688
Asam sulfat	21,8047	-	2,1805	19,6242
Pentosa	-	-	251,1995	
Lignin	-	997,4844	997,4844	
Selulosa	-	2781,3421	2781,3421	
Pentosan	-	1381,5975	276,3195	

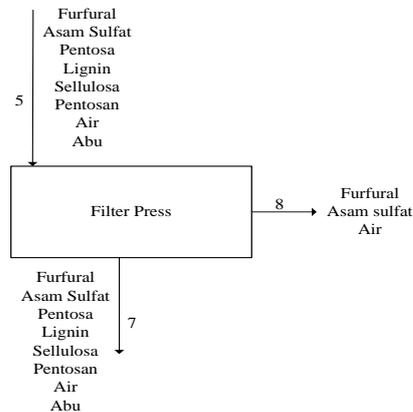
Air	15682,5593	814,1989	1670,7766	15036,9893
Abu	-	74,4030	74,4030	
total	15704,4807	6049,0258	6118,0243	15635,4822
	<hr/>			<hr/>
	21753,5065			21753,5065
	<hr/>			<hr/>

e

1 4.8 Neraca Massa Aktual disekitar Reaktor

e. Filter Press

Fungsi : Untuk memisahkan Filtrat dari *Slurry*.



Massa masuk dalam filter press adalah aru 5 berupa *slurry* hasil keluar dari reaktor.

Tabel 4.9 Komponen yang terkandung dalam cake
komponen cake input (kg/jam)

Pentosa	251,1995
Lignin	977,4844
Selulosa	2781,3421
Pentosan	276,3195
Abu	74,4030
Total	4380,7485

Diperkirakan filtrat yang terkandung dalam cake sebear 10%

Tabel 4.10 Komposisi Hasil Filter Press

Komponen Filtrat	input (kg/jam)	Filtrat dalam cake (kg/jam)	Filtrat keluar (kg/jam)
Furfural	64,3188	$\left(\frac{64,3188}{1737,2758}\right) \times 486,7498 = 18,0208$	46,2979
asam sulfat	2,1805	$\left(\frac{2,1805}{1737,2758}\right) \times 486,7498 = 0,6109$	1,5695
Air	1670,7766	$\left(\frac{1670,7766}{1737,2758}\right) \times 486,7498 = 468,1181$	1202,6585
Total	1737,2758		
Filtrat dalam cake 10%		$\left(\frac{10}{90}\right) \times 4380,7485 = 486,7498$	

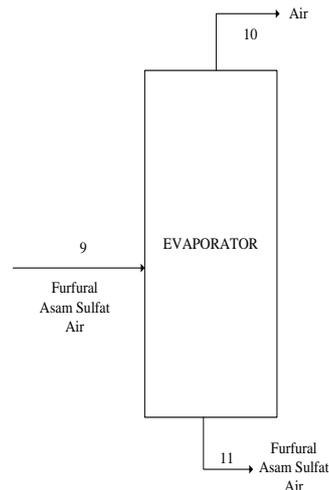
Tabel 4.11 Neraca Massa Aktual Filter Press

Komponen	Input (kg/jam)			output(kg/jam)		
	arus 5	arus 7	arus 8	arus 5	arus 7	arus 8
Pentosa	251,1995	251,1995	-			
Lignin	997,4844	997,4844	-			
Selulosa	2781,3421	2781,3421	-			
Pentosan	276,3195	276,3195	-			
Abu	74,4030	74,4030	-			
Furfural	64,3188	18,0208	46,2979			
asam sulfat	2,1805	0,6109	1,5695			
Air	1670,7766	468,1181	1202,6585			
Total	6118,0243	4867,4983	1250,5260			
				6118,0243		

f. Evaporator 1

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air yang berlebih

Komponen yang masuk kedalam evaporator adalah Filtrat Hasil atas dari Reaktor (arus 6) dan Filtrat hasil penyaringan pada Filter Press (arus 8) yang terhubung dan teralirkan pada arus 9.



Komposisi massa input evaporator adalah :

Arus 6 + arus 8 = arus 9 (input evaporator)

$$\text{Furfural} = 578,8688 \text{ kg/jam} + 46,2979 \text{ kg/jam} = 625,1667 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Asam Sulfat} = 19,6242 \text{ kg/jam} + 1,5695 \text{ kg/jam} = 21,1937 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Air} = 15036,9892 \text{ kg/jam} + 1202,6585 \text{ kg/jam} = 16239,6477 \text{ kg/jam}$$

Kandungan Air yang dapat diuapkan pada evaporator 1 sebesar 99%.

$$\text{Air yang teruapkan sebesar} = 99\% \times 16239,6477 \text{ kg/jam}$$

$$= 16077,2513 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Air yang masih tersisa didalam evaporator sebesar} = 162,3964 \text{ kg/jam}$$

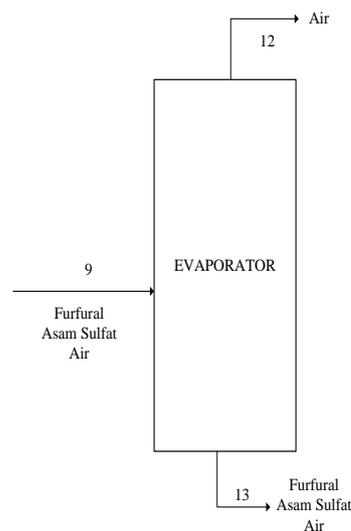
Tabel 4.12 Neraca Massa Aktual Evaporator 1

komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	arus 9	arus 10	arus 11

furfural	625,1667	-	625,1667
asam sulfat	21,1937	-	21,1937
Air	16239,6478	16077,2513	162,3965
		16077,2513	808,7569
total	16886,0082		16886,0082

g. Evaporator 2

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air yang masih tersisa dari evaporator 1.



Kandungan Air yang dapat diuapkan pada evaporator 1 sebesar 99%.

Air yang teruapkan sebesar $= 99\% \times 162,3965 \text{ kg/jam}$

$$= 160,7725 \text{ kg/jam}$$

Air yang masih tersisa didalam evaporator sebesar $= 1,6240 \text{ kg/jam}$

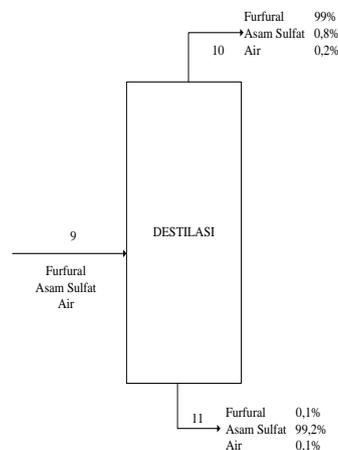
*Efisiensi evaporator harus 99%, karena jika <99% menghasilkan kandungan air dalam produk masih banyak dan menyebabkan kemurnian produk destilasi dapat terpengaruh.

Tabel 4.13 Neraca Massa Aktual Evaporator 2

komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	arus 11	arus 12	arus 13
furfural	625,1667	-	625,1667
asam sulfat	21,1937	-	21,1937
Air	162,3965	160,7725	1,6240
Total	808,7569	160,7725	647,9844
			808,7569

h. Destilasi

Fungsi : Untuk memisahkan asam sulfat yang masih terkandung dalam produk hasil dari evaporator 2



Kemurnian Furfural yang diinginkan dalam produk adalah : 99%

Impuritas produk nya adalah : maksimal 0,8% H₂SO₄ dan maksimal 0,2% H₂O.

Berdasarkan titik didih komponen dalam suhu destilasi, dapat diperoleh hasil destilasi :

Furfural menguap = 99%, sehingga hasil bottomnya 1%

Asam Sulfat menguap = 0,2%, sehingga hasil bottomnya 99,08%

Air menguap = 99%, sehingga hasil bottomnya 1%

Tabel 4.14 Komposisi Persentase massa umpan masuk Destilasi

% destilasi	Umpan masuk	%
$\frac{625,1667}{647,9844}$	= 0,9648	96,48%
$\frac{21,1937}{647,9844}$	= 0,0327	3,27%
$\frac{1,6240}{647,9844}$	= 0,0025	0,25%
		100,00

(McCabe, 1993)

$$F = D + B = 100$$

$$F \cdot X_f = D \cdot X_d + B \cdot X_b$$

$$100 \times 96,48\% = 0,99D + (100-D)(0,01)$$

$$96,48 = 0,99D + 1 - 0,01D$$

$$95,48 = 0,98D$$

$$D = \frac{95,48}{0,98}$$

$$D = 97,4272$$

Jadi, Total destilat adalah = Total input destilasi (total arus 13) x D

$$= 647,9844 \text{ kg/jam} \times 97,4272\%$$

$$= 631,3131 \text{ kg/jam}$$

Massa Furfural yang teruapkan sebesar 99% dari input destilasi, jadi :

$$= 99\% \times 625,1667 \text{ kg/jam}$$

$$= 625 \text{ kg/jam}$$

Massa Air yang teruapkan sebesar 99% dari input destilasi, jadi :

$$= 99\% \times 1,6240 \text{ kg/jam}$$

$$= 1,6077 \text{ kg/jam}$$

Massa Asam Sulfat yang teruapkan sebesar :

$$= \text{Total Destilat} - (\text{Massa Furfural teruapkan} + \text{massa air teruapkan})$$

$$= 631,3131 \text{ kg/jam} - (625 \text{ kg/jam} + 1,6077)$$

$$= 4,7054 \text{ kg/jam}$$

Tabel 4.15 Neraca Massa Aktual disekitar Destilasi

komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	arus 13	arus 14	arus 14	arus 15
Furfural	625,1667	625,0000	0,1667	
asam sulfat	21,1937	4,7054	16,4883	
Air	1,6240	1,6077	0,0162	
Total	647,9844	631,3131	16,6713	647,9844

Tabel 4.16 Persentase perubahan massa input destilasi ke output destilasi

% perubahan arus 13 ke 14	% kadar produk	% kadar bottom
$\frac{625,1667}{625} = 0,9997$	$\frac{625}{631,3131} = 0,99$	0,01
$\frac{21,1937}{4,7054} = 0,2220$	$\frac{4,7054}{631,3131} = 0,00745$	0,989
$\frac{1,6240}{1,6077} = 0,99$	$\frac{1,6077}{631,3131} = 0,00255$	0,001
1	1	1

i. Recycle

Dari hasil bottom destilasi, diasumikan 70% direcycle kembali, sedangkan 30% dibuang ke IPAL.

Tabel 4.17 Neraca Massa Recycle

Komponen	arus 15 (kg/jam)	arus 16 (kg/jam)	arus 17 (kg/jam)
Furfural	0,1667	0,1167	0,0500
Asam Sulfat	16,4883	11,5418	4,9465
Air	0,0162	0,0114	0,0049
		11,6699	5,0014
Total	16,6713		16,6713

Tabel 4.18 Neraca Massa Aktual Over All

komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)				
	arus 1	arus2	arus4	arus 7	arus 10	arus 12	arus 14	arus 17
Furfural				18,0208			625,0000	0,0500
Asam sulfat		10,2620		0,6109			4,7054	4,9465
Air	15208,7923	473,7557	814,1989	468,1181	16077,2513	160,7725	1,6077	0,0049
Pentosa				251,1995				
Lignin			997,4844	997,4844				
Selulosa			2781,3421	2781,3421				
Pentosan			1381,5975	276,3195				
Abu			74,4030	74,4030				
	15208,7923	484,0177	6049,0258	4867,4983	16077,2513	160,7725	631,3131	5,0014
Total		21741,836			21741,837			

Lampiran B

Perhitungan Neraca Panas

Kapasitas Produksi	= 5000 ton/tahun
Waktu operai	= 24 jam/ hari : 330 hari/tahun
Satuan massa	= kilogram/jam
Satuan panas	= kilokalori/jam

Persamaan Panas untuk kondisi aliran steady, $Q = \Delta H = H_2 - H_1$

$$\Delta H = n \cdot C_p \cdot \Delta T = n \int_{T_{ref}}^T C_p \cdot dT \quad (\text{Himmelblau : 386})$$

Dengan : H = panas : kkal

n = berat bahan : kmol

C_p = specific heat : kkal/kmol Kelvin

T_{ref} = suhu reference : Kelvin

T = suhu bahan : Kelvin

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 \quad (\text{Sherwood Appendix A})$$

Dengan : C_p = specific heat : kkal/kmol Kelvin

A, B, C, D = Konstanta

T = suhu bahan : Kelvin

Perhitungan Integrasi ΔH , (Himmelblau : 386) :

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 \quad (\text{Sherwood Appendix A})$$

$$\Delta H = n \int_{T_{ref}}^T C_p \cdot dT$$

$$\begin{aligned}
 &= n \int_{T_{ref}}^T (A + B.T + C.T^2 + D.T^3) . dT \\
 &= n \left[(A(T - T_{ref})) + \left(\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)\right) + \left(\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)\right) \right] \\
 &= \text{kmol} . [\text{kkal/kmol.K x K}] \\
 &= \text{kkal}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Integrasi ΔH , (Perry 7^{ed}, T.2-194)

$$C_p = A + B.T + C/T^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= n \int_{T_{ref}}^T C_p . dT \\
 &= n \int_{T_{ref}}^T (A + B.T + C/T^2) . dT \\
 &= n \left[(A(T - T_{ref})) + \left(\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)\right) + \left(C\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right) \right] \\
 &= \text{kmol} . [\text{kkal/kmol.K x K}] \\
 &= \text{kkal}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.19 Konstanta Kapasitas Panas (C_p) dalam fase cair

komponen	A	B	C	D
H2SO4	26,004	0,70337	-0,0013856	1,03E-06
H2O	9,21E+01	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
Furfural	6,68E+01	7,08E-01	-1,81E-03	1,96E-06
Pentosan (liquid)	-10,226	1,73E-01	-3,42E-03	2,63E-06
Pentosan (solid)	-40,312	7,58E-01	Bentuk solid	
Sellulosa	208,04			
Lignin	200,45			
Abu	26,04			
Pentosa	354,64			

(Yaws, 1999)

Tabel 4.20 Konstanta Kapasitas Panas (C_p) gas

komponen	A	B	C	d	e
Furfural	15,47	2,98E-01	-1,92E-05	-1,46E-07	5,95E-11
asam sulfat	5,486	3,38E-01	-3,81E-04	2,13E-07	-4,69E-11
air	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

(Yaws, 1999)

Density bahan dipengaruhi suhu, mengikuti persamaan :

$$\rho = A \cdot B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n}$$

Dengan : ρ = saturated liquid density = gr/ml

A, B, n = regresi coefficients for chemical compound

T = Suhu bahan = Kelvin

T_c = Critical temperature = Kelvin

Tabel 4.21 Konstanta Density (ρ)

komponen	A	B	n
Asam sulfat	0,42169	0,19356	0,2857
Air	0,3471	0,274	0,28571
Furfural	0,37235	0,2603	0,2857
Pentosan	0,36394	0,2454	0,25522

(Yaws, 1999)

Perhitungan Hvl,

$$Hvl = A \left(1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^n\right)$$

$$\left(\frac{T}{T_c}\right)^n$$

	A	T _c	n
Furfural	59,186	657	0,313
Air	52,053	647,13	0,321

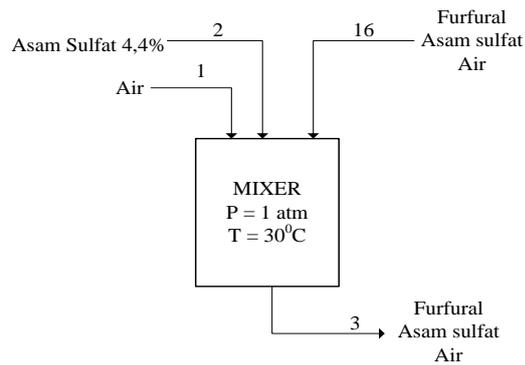
(Yaws, 1999)

a. Mixer

Fungsi : Untuk Mencampur Air dengan Asam Sulfat

Kondisi operasi : *Tekanan operasi = 1 atm

*Suhu operasi = 35,21⁰C



Neraca Panas disekitar Mixer

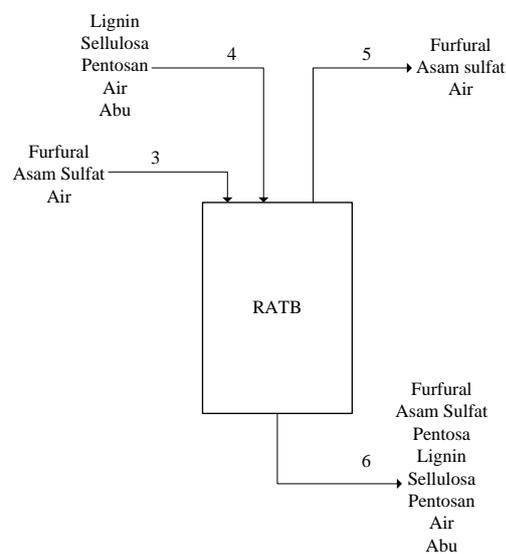
Komponen	Q masuk (KJ/jam)			Q keluar (Kj/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 16	Arus 3
H2SO4		73,4619	417,3946	319,6805
H2O	318964,5359	9935,7841	1,1893	671271,6548
Furfural			5,1947	2,1079
Sub Total	318964,5359	10009,2460	423,7786	671593,4433
Panas				
Pencampuran		342195,8828		
Total		671593,4433		671593,4433

b. Reaktor

Fungsi : Untuk Mereaksikan Air dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan katalis Asam Sulfat dari hasil mixer untuk membentuk produk Furfural.

Kondisi operai = *Suhu = $206^{\circ}\text{C} = 479\text{ K}$

*Tekanan = 18 atm



*Bahan masuk Reaktor adalah arus 3 yaitu hasil output dari mixer yang terlebih dahulu dipanaskan di heater 2 dengan suhu output 90°C tekanan 1 atm, dan arus 4 yaitu TKKS dengan suhu 30°C tekanan 1 atm.

Komponen	Neraca Panas diekitar Reaktor			
	Q masuk (kJ/jam)		Q keluar (kJ/jam)	
	arus 3	arus 4	arus 5	arus 6
Furfural	13,7528		46930,8006	422377,2050
Asam sulfat	2087,2931		604,7201	5446,9237
Pentosa			107496,3898	
Lignin		2282,4856	82625,9785	
Selulosa		17858,9630	646494,4595	
Pentosan		9817,6747	96368,2901	
Air	4259402,9297	17075,6862	863513,2991	7771619,6917
Abu		312,4927	11312,2347	
sub total	4261503,9757	47347,3021	1855346,1724	8199443,8204
panas yang dibutuhkan		3948824,2038		
ΔH_r		1797114,5113		
Total		10054789,9928		10054789,9928

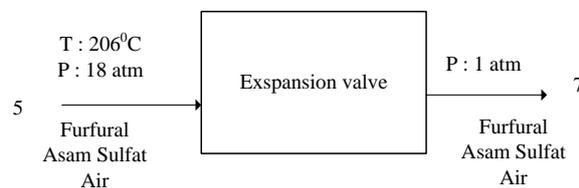
c. Ekspander Valve

Fungsi : Menurunkan tekanan hasil keluaran reaktor sebelum didinginkan dan di kondensasikan.

Kondisi operasi : *Suhu masuk : 206⁰C

*Tekanan Masuk : 18 atm

*Tekanan Keluar : 1 atm



Panas keluar dari expander valve adalah arus 7, dengan kondisi operasi suhu 141,246 ⁰C ; dan tekanan 1 atm.

Neraca Panas diekitar Expander Valve :

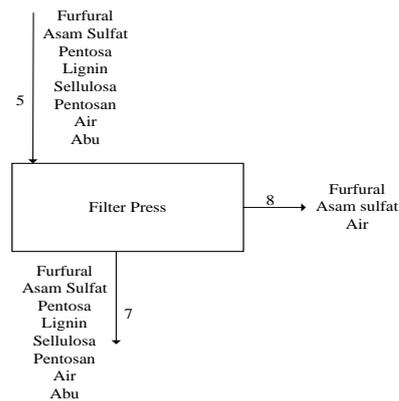
Komponen	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Furfural	422377,2050	386398,4398
Asam Sulfat	5446,9237	3422,7251
Air	7771619,6917	5894491,5820
Subtotal	8199443,8204	6284312,7469
Q		
Pendingin		1915131,0735
Total	8199443,8204	8199443,8204

d. Filter Press

Fungsi : Untuk memisahkan Filtrat dari *Slurry*.

Kondisi : *Suhu : 141,246⁰C

*tekanan : 1atm



Panas masuk filter press adalah arus 5 panas keluar dari bawah reaktor yang berupa slurry yang sebelumnya tekanan dan suhu didalam reaktor telah diturunkan oleh expander valve.

Neraca Panas disekitar Filter press

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q Keluar Cake (kJ/jam)	Q Keluar Filtrat (kJ/jam)
Furfural	13896,6667	3893,5672	10003,0995
Asam sulfat	380,3028	106,5532	273,7496
Pentosa	69039,1667	69039,1667	
lignin	53066,2352	53066,2352	
Selulosa	415208,7233	415208,7233	
Pentosan	55916,7203	55916,7203	
Air	523792,2011	146756,0670	377036,1341
Abu	7265,2417	7265,2417	
Total	1138565,2578	751252,2747	387312,9831
		1138565,2578	

e. Cooler 01

Fungsi : untuk mendinginkan panas yang keluar dari filter press menuju tangki penampungan sementara.

Kondisi operasi : *suhu masuk : 141,246⁰C
*suhu keluar : 90⁰C

Panas masuk adalah panas keluar dari filtrat filter press : 387312,9831 kJ/jam

Neraca panas disekitar Cooler 01

Komponen	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Furfural	10003,0995	5455,7675
Asam Sulfat	273,7496	150,1250
Air	587305,4459	326643,5684
Subtotal	597582,2950	332249,4609
Q Pendingin		265332,8341
Total	597582,2950	597582,2950

f. Cooler 02

Fungsi : untuk mendinginkan panas yang keluar dari Expander valve menuju tangki penampungan sementara.

Kondisi operasi : *suhu masuk : 141,246⁰C
*suhu keluar : 90⁰C

Panas masuk : 6284312,7469 kJ/jam

Neraca panas disekitar Cooler 02

Komponen	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Furfural	386398,4398	68214,1414
Asam Sulfat	3422,7251	1878,5638
Air	5894491,5820	4084065,2768
Subtotal	6284312,7469	4154157,9810
Q		
Pendingin		2130156,2983
Total	6284312,7469	6284312,7469

g. Evaporator 1

Fungsi : memekatkan produk furfural

Kondisi operasi : *suhu masuk : 90⁰C

*tekanan : 1 atm

Panas masuk adalah panas keluar dari Cooler 01 dan Cooler 02.

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} &= \text{panas Cooler 1} + \text{Panas Cooler 2} \\
 &= 332249,4609 \text{ kJ/jam} + 4154156,449 \text{ kJ/jam} \\
 &= 4486405,909 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

*menentukan suhu pengeluaran evaporator

Komponen	massa (kg/jam)	BM (kg/kmol)	mol	Xi	Log Pi	Pi	K = Pi/P	Y=Xi*K
Furfural	625,1667	96,0000	6,5122	0,4135	2,2253	167,9971	0,2210	0,0914
Asam Sulfat	21,1937	98,0000	0,2163	0,0137	-0,7072	0,1962	0,0003	0,0000
Air	162,3965	18,0000	9,0220	0,5728	3,0812	1205,6272	1,5864	0,9087
Total	808,7569		15,7504	1,0000				1,0001

Dengan *trial and error* Y = 1, untuk menentukan suhu keluar evaporator

maka diperoleh suhu 113,64⁰C dan tekanan 1 atm.

Neraca Panas disekitar Evaporator 1 :

Komponen	Qmasuk (kJ/jam)		Q keluar (kJ/jam)	
	Cooler 2	Cooler 1	Arus 10	Arus 11
Furfural	68214,1414	5455,7675		101588,0962
Asam Sulfat	1877,0315	150,1250		2792,7500
Air	4084065,2756	326643,5684	5040254,2841	50911,6594
Subtotal	4154156,4485	332249,4609	40171987,2594	155292,5056
Panas yang dibutuhkan	709140,8805			
Total	5195546,7899		5195546,7899	

h. Evaporator 2

Fungsi : memekatkan produk furfural

Kondisi operasi : *suhu masuk : 113,64⁰C

*tekanan : 1 atm

Panas masuk adalah arus 11, panas keluar dari evaporator 1.

Panas masuk = 155292,5056 kJ/jam

*menentukan suhu pengeluaran evaporator 2:

Komponen	massa (kg/jam)	BM (kg/kmol)	mol (kmol/jam)	Xi	Log Pi	Pi	K = Pi/P	Y=Xi*K
Furfural	625,1667	96,0000	6,5122	0,9551	2,8646	732,0821	0,9633	0,9200
Asam Sulfat	21,1937	98,0000	0,2163	0,0317	0,5789	3,7923	0,0050	0,0002
Air	1,6240	18,0000	0,0902	0,0132	3,6619	4590,4542	6,0401	0,0799
Total	647,9844		6,8186	1,0000				1,0000

Dengan *trial and error* $Y = 1$, untuk menentukan suhu keluar evaporator maka diperoleh suhu 159,838⁰C dan tekanan 1 atm.

Neraca Panas disekitar Evaporator 2 :

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
Furfural	101588,0962		130036,0755
Asam Sulfat	2792,7500		2214,2362
Air	50911,6594	50411,4746	509,1166
Subtotal	155292,5056	50411,4746	132759,4283
Panas yang dibutuhkan	27878,3973		
Total	183170,9029		183170,9029

i. Heater

Fungsi : Untuk memanaskan hasil keluar evaporator 2 sebelum masuk ke destilasi.

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk adalah arus 13} &= \text{panas keluar evaporator 2} \\ &= 132759,4283 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

*menentukan suhu masuk destilasi :

Komponen	massa	BM	Mol	Xi	Log Pi	Pi	k=Pi/P	Y=K.Xi
Furfural	625,1667	96,0000	6,5122	0,9551	3,0419	1101,2056	0,9660	0,9226
Asam Sulfat	21,1937	98,0000	0,2163	0,0317	0,9454	8,8178	0,0077	0,0002
Air	1,6240	18,0000	0,0902	0,0132	3,8231	6654,0251	5,8369	0,0772
Total			6,8186	1,0000				1,0000

Dengan *trial and error* $Y = 1$, untuk menentukan suhu masuk

destilasi maka diperoleh suhu $174,98^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm.

Neraca panas disekitar Heater :

Komponen	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Furfural	130036,0755	177497,5511
Asam Sulfat	2214,2362	4827,1877
Air	2192,1390	1031,9514
Subtotal	134442,4506	183356,6902
Panas yang dibutuhkan	48914,2396	
Total	183356,6902	183356,6902

j. Destilasi

Fungsi : untuk memurnikan kandungan furfural dengan memisahkannya dari asam sulfat.

Panas masuk destilasi = panas keluar heater sebesar : 183356,6902 kJ/jam

Suhu masuk destilasi adalah suhu keluar heater yang sebelumnya telah ditentukan dengan cara sebagai berikut.

*menentukan suhu detilat destilasi :

Komponen	massa	BM	Mol	y	Log Pi	Pi	k=pi/p	x=y/k
Furfural	625,0000	96,0000	6,5104	0,9793	2,9213	834,2713	2,1955	0,4461
Asam Sulfat	4,7054	98,0000	0,0480	0,0072	0,6957	4,9627	0,0131	0,5530
Air	1,6077	18,0000	0,0893	0,0134	3,7134	5169,4822	13,6039	0,0010
Total	631,3131		6,6477					1,0001

Dengan *trial and error* X = 1, untuk menentukan suhu masuk

destilasi maka diperoleh suhu 164,55⁰C dan tekanan 1 atm.

*menentukan suhu bottom destilasi :

Komponen	Massa	BM	Mol	Xi	ln pi	Pi	k=pi/p	y=k.xi
Furfural	0,1667	96,0000	0,0017	0,0102	3,8629	7292,2064	9,5950	0,0975
Asam Sulfat	16,4883	98,0000	0,1682	0,9846	2,6967	497,3954	0,6545	0,6444
Air	0,0162	18,0000	0,0009	0,0053	4,5711	37248,1090	49,0107	0,2588
Total	16,6713		0,1709	1,0000				1,0006

Dengan *trial and error* Y = 1, untuk menentukan suhu masuk

destilasi maka diperoleh suhu 263,69⁰C dan tekanan 1 atm.

Neraca Panas disekitar Destilasi

Komponen	Q masuk (kJ/kg)		Q keluar (kJ/jam)	
	Feed		Destilat	Bottom
Furfural	177497,5511		164151,0851	79,9670
Asam Sulfat	4827,1877		993,8731	6142,8739
Air	1031,9514		947,7059	17,1563
Sub total	183356,6902		166092,6641	6239,9973

Q		
kondensor		244884,5083
Q Reboiler	233860,4796	
Total	417217,1698	417217,1698

k. Kondensor

Fungsi : untuk menurunkan suhu hasil destilat destilasi, dari suhu 164,56⁰C menjadi 100⁰C.

Panas masuk : 244884,5083 kJ/jam

Pendingin yang digunakan adalah H₂O :

Suhu masuk : 5⁰C = 278 K

Suhu keluar : 70⁰C = 343 K

C_p : 4,19 kJ/kg K

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan air pendingin (m)} &= \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} \\
 &= 899,1537 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

m. Cooler 3

Fungsi : untuk mendinginkan hasil kondensor, dari suhu 100⁰C menjadi 30⁰C.

Panas masuk : 244884,5083 kJ/jam

Kondisi operasi : *Suhu masuk : 100⁰C

*Tekanan : 1 atm

*Suhu keluar : 30⁰C

$$\begin{aligned} Q \text{ Cooler 03} &= \text{panas keluar} - \text{panas masuk} \\ &= 5581,6022 \text{ kJ/jam} - 86403,2124 \text{ kJ/jam} \\ &= -80821,6101 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Pendingin yang digunakan adalah H₂O :

Suhu masuk : T = 5⁰C = 278 K

Suhu keluar : T = 70⁰C = 343 K

C_p : 4,19 kJ/kg K

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan air pendingin (m)} &= \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} \\ &= 296,7564 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \end{aligned}$$

Neraca Panas disekitar Cooler 3

Komponen	Q masuk	Qkeluar
Furfural	85377,3367	5514,2002
Asam Sulfat	521,8502	33,6842
Air	504,0254	33,7178
Subtotal	86403,2124	5581,6022
Q Pendingin		80821,6101
Total	86403,2124	86403,2124

n. Reboiler

Fungsi : untuk memanaskan kembali hasil bottom destilasi

Umpan masuk : 16,6713 kg/jam

Q reboiler : 233860,4796 kJ/jam

Saturated steam pada suhu 188⁰C. Dari *Appendix steam tabel 8*, Reklaitis (1983) diperoleh bahwa pada suhu 188⁰C ; besar entalpi (\hat{H}) *steam* adalah 2782 kJ/kg. *Steam* keluar sebagai kondensat pada suhu 177,7⁰C. Dari *Appendix steam tabel 8*, Reklaitis (1983) diperoleh bahwa pada suhu 177,7⁰C ; besar entalpi (\hat{H}) *steam* adalah 752,8 kJ/kg.

Sehingga jumlah *steam* yang dibutuhkan di reboiler sebesar :

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q}{\hat{h}_{steam-HL}} \\ &= 115,2079 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

o. Cooler 4

Fungsi : untuk mendinginkan hasil keluar bottom destilasi

Panas Masuk : T : 263,69⁰C

Panas Keluar : T : 50⁰C

Q Cooler 04 = panas keluar – panas masuk

$$= (423,7786 + 36,3113) \text{ kJ/jam} - 6239,9973 \text{ kJ/jam}$$

$$= -5779,9074 \text{ kJ/jam}$$

Pendingin yang digunakan adalah H₂O :

Suhu masuk : T = 5⁰C = 278 K

Suhu keluar : T = 70⁰C = 343 K

C_p : 4,19 kJ/kg K

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan air pendingin (m)} &= \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} \\
 &= 21,2223 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Cooler 4			
Komponen	Q masuk		Q keluar
	arus 15	arus 16	arus 17
Furfural	79,9670	5,1947	0,4451
Asam Sulfat	6142,8739	417,3946	35,7643
Air	17,1563	1,1893	0,1019
Sub total	6239,9973	423,7786	36,3113
Beban Pendingin			5779,9074
Total	6239,9973		6239,9973

BAB V**SPESIFIKASI ALAT****5.1 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat**

Kode	:	F-121
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku Asam Sulfat selama 20 hari
Jenis	:	Silinder vertikal dengan tutup <i>ellipsoidal dan alas datar</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>
Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1
Suhu	:	32 °C
Tekanan	:	1 Atm
Diameter	:	23,05 Ft
Tinggi	:	26,89 Ft
Volume	:	119994,87 Gallon
Tebal shell	:	3/8 In

5.2 Tangki Penampung Hasil Filtrat Reaktor dengan Filtrat Filter Press

Kode	:	F-212
Fungsi	:	Menampung sementara filtrat hasil reaktor dengan filter press
Jenis	:	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-240 type 304</i>

Operasi	:	Kontinyu	
Jumlah	:	1	
Suhu	:	90	°C
Tekanan	:	1	atm
Diameter	:	6,16	Ft
Tinggi	:	6,16	Ft
Volume	:	1379,24	Gallon
Tebal Shell	:	3/16	In

5.3 Mixer

Kode	:	M-110	
Fungsi	:	Untuk Mencampurkan Asam Sulfat 4,4% ; Air ; dan hasil Recycle	
Jenis	:	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>torispherical</i>	
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>	
Operasi	:	Kontinyu	
Jumlah	:	1	
Suhu	:	35,2	°C
Tekanan	:	1	Atm
Diameter	:	5,92	Ft
Tinggi	:	7,30	Ft

Volume	:	1221,37	Gallon
Tebal Shell	:	3/16	In
Jenis pengaduk	:	<i>Three blade proppeler</i>	
Power pengaduk	:	1/3	Hp

5.4 Reaktor

Nama	:	R-210	
Jenis	:	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>Ellipsoidal</i>	
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-240 type 304</i>	
Fungsi	:	Tempat berlangsungnya reaksi <i>hidrolisis</i> dan <i>dehidrasi</i> TKKS menjadi Furfural dengan katalis Asam Sulfat 4,4%	
Operasi	:	Kontinyu	
Jumlah	:	1	
Suhu	:	206 °C	
Tekanan	:	18 Atm	
Diameter	:	10,50 Ft	
Tinggi	:	18,56 Ft	
Volume	:	6238,70 gallon	
Jenis pengaduk	:	<i>Three blade proppeler</i>	
Power pengaduk	:	1/3	Hp

Desain Jacket Pemanas ;

Jarak jaket	: 0,5	in
Diameter dalam jaket	: 10,58	Ft
Diameter luar jaket	: 10,66	Ft

5.5 Filter Press

Kode	: H-211
Fungsi	: Untuk Memisahkan hasil reaktor antara filtrat dengan <i>slurry</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-240 type 304</i>
Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Suhu	: 141,2 °C
Tekanan	: 1 Atm
Diameter	: 23,9 Ft
Panjang	: 59,8 Ft
Luas	: 417,9 Ft
Jenis	: <i>Plate and Frame</i>
Jumlah Plate	: 47 Buah
Power	: 30 Hp

5.6 Evaporator - 01

Kode	:	V-311
Fungsi	:	Untuk menguapkan air sebanyak 99%
Bentuk	:	<i>Long Tube Vertikal</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>
Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1
Tekanan	:	1 atm
Rancangan	:	Square pitch

Shell

Suhu	:	198,9	°C
Diameter	:	10	In

Tube

Suhu	:	101,8	°C
Diameter	:	1 ¼	In
Jumlah tube	:	12	buah
Panjang	:	12	ft
Diameter evap	:	4,4	ft
Tebal	:	3/16	in

5.7 Evaporator - 02

Kode	:	V-312
Fungsi	:	Untuk menguapkan air sebanyak 99%
Bentuk	:	<i>Horizontal tube</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>
Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1
Tekanan	:	1 atm
Rancangan	:	Square pitch

Shell

Suhu	:	175	°C
Diameter	:	8	In

Tube

Suhu	:	136	°C
Diameter	:	$\frac{3}{4}$	In
Jumlah tube	:	20	buah
Panjang	:	24	ft
Diameter evap	:	0,89	ft
Tebal	:	$\frac{3}{16}$	in

5.8 Menara Detilasi

Kode	:	V-310	
Fungsi	:	Untuk memurnikan Furfural dari campuran Asam Sulfat dan Air	
Jenis	:	Silinder Vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>	
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>	
Operasi	:	Kontinyu	
Jumlah	:	1	
Suhu	:	164,5	°C
Tekanan	:	1	Atm
Diameter	:	4,26	ft
Tinggi	:	10	ft
Jumlah <i>plate</i>	:	3	Buah
Luas menara	:	4,39	ft
Tebal shell	:	3/16	In

5.9 Tangki Produk Furfural

Kode	:	F-313	
Fungsi	:	Untuk Menyimpan produk Furfural selama 10 hari	
Jenis	:	Silinder Vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>	
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-240 type 304</i>	
Operasi	:	Kontinyu	

Jumlah	:	1	
Suhu	:	30	°C
Tekanan	:	1	Atm
Diameter	:	16,20	ft
Tinggi	:	27,00	ft
Tebal shell	:	3/8	In
Volume	:	41652,9	gallon

5.10 Crusher

Nama	:	C-111	
Fungsi	:	Mengecilkan ukuran TKKS dari 300 mm menjadi 50 mm sebelum masuk ke dalam Reaktor	
Bahan Konstruksi	:	Carbon	
Jenis	:	Rotary Knife	
Power	:	3	HP

5.11 Screw Conveyor

Nama	:	J-221	
Fungsi	:	Mengangkut <i>slurry</i> dari Reaktor menuju Filter Press	
Bahan Konstrksi	:	<i>malleable- iron</i>	
Tipe	:	<i>Speed bucket centrifugal discharge elevator</i>	
Diameter screw	:	24	In

Kapasitas Maksimum	:	6118	kg/jam
Maksimum Rotation	:	250	Rpm
Panjang conveyor	:	20	ft
Coeffiicient of grain	:	1,3	
Power	:	1/3	Hp

5.12 Bucket Elevator

Nama	:	J-132	
Fungsi	:	Mengangkut TKKS dari Crusher menuju Reaktor	
Bahan Konstrksi	:	<i>malleable- iron</i>	
Tipe	:	<i>Speed bucket centrifugal discharge elevator</i>	
Tinggi	:	25	ft
Kapasitas Maksimum	:	6049	kg/jam
Kecepatan Rotation	:	43	Rpm
Lebar <i>bucket</i>	:	0,58	ft
Jarak antar <i>bucket</i>	:	1	ft
Power	:	1	Hp

5.13 Belt Conveyor

Nama	:	J-131
Fungsi	:	Mengangkut TKKS menuju ke Crusher
Bahan Konstrksi	:	<i>Karet</i>

Tipe	:	<i>Horizontal belt conveyor</i>
Kapasitas Maksimum	:	6049 kg/jam
Kecepatan Rotation	:	43 Rpm
Panjang belt	:	100 ft
Lebar belt	:	1,16 ft
Power	:	$\frac{3}{4}$ Hp

5.14 Expansion Valve

Nama	:	EV-222
Fungsi	:	Menurunkan tekanan uap keluar dari reaktor 18 atm menjadi 1 atm
Bahan Konstruksi	:	Stainless Steel SA-240 type 304
Jenis	:	globe valve
Le Valve	:	43,33 m
Jumlah Valve	:	1
Power	:	20 HP

5.15 Heat Exchanger

a. Cooler 1

Kode	:	E224
Fungsi	:	Untuk mendinginkan panas yang keluar dari Filter Press menuju ke Tangki Penampungan Sementara

Operasi : Kontinyu

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jumlah HairPin : 1 buah

Beban pendingin : 52190,14 Btu / jam

Bahan Kontruksi

- Sisi Anulus : *Stainless Steell SA – 167 (Type 304)*
- Sisi Inner Pipe : *Carbon Steell SA – 285 grade C*

Annulus

- Ukuran Pipa : 2 in
- Suhu : 115,6 °C
- Tekanan : 0,013 Psia

Inner Pipe :

- Ukuran Pipa : 1 1/4 in
- Suhu : 37,5 °C
- Tekanan : 0,015 Psia

b. Cooler 2

Kode : E-223

Fungsi : untuk mendinginkan panas yang keluar dari *Expansion Valve* menuju ke Tangki Penampungan Sementara

Operasi : Kontinyu

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Kontruksi : *Stainless Stell SA – 240 (Type 304)*

Beban Pendingin : 2018998 Btu / jam

Tube

- Suhu : 37,5 °C
- Tekanan : 1,84 Psia
- Jumlah Tube : 30
- BWG : 18
- Ukuran Pipa : 1 ¼ in
- Pitch : 1 9/16 Square Pitch
- Passe : 4
- Panjang Pipa : 21 ft

Shell

- Suhu : 115,6 °C
- Tekanan : 2,37 Psia

- Ukuran Pipa : 13 ¼ in

c. Heater

Kode : E-321

Fungsi : Untuk memanaskan hasil evaporator – 02 ebelum masuk ke Destilasi

Operasi : Kontinyu

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jumlah HairPin : 2 buah

Beban pemanas : 47956,9 Btu / jam

Bahan Kontruksi

- Sisi Anulus : *Stainless Steell SA – 167 (Type 304)*
- Sisi Inner Pipe : *Carbon Steell SA – 285 grade C*

Annulus

- Ukuran Pipa : 2 in
- Suhu : 198,9 °C
- Tekanan : 0,007 Psia

Inner Pipe :

- Ukuran Pipa : 1 1/4 in
- Suhu : 167,4 °C
- Tekanan : 0,03 Psia

d. Cooler 3

- Kode : E-325
- Fungsi : untuk menurunkan suhu dari kondensor menjadi 30 °C
- Operasi : Kontinyu
- Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*
- Bahan Kontruksi : *Stainless Steell SA – 240 (Type 304)*
- Beban Pendingin : 76604,1 Btu / jam

Tube

- Suhu : 37,5 °C
- Tekanan : 0,018 Psia
- Jumlah Tube : 29
- BWG : 18
- Ukuran Pipa : 1 1/2 in
- Pitch : 1 7/8 Square Pitch

- Passe : 2
- Panjang Pipa : 24 ft

Shell

- Suhu : 65 °C
- Tekanan : 0,09 Psia
- Ukuran Pipa : 15 ¼ in

e. Cooler 4

- Kode : E-326
- Fungsi : Untuk menurunkan suhu *bottom* Destilasi menjadi 50 °C
- Operasi : Kontinyu
- Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*
- Jumlah HairPin : 1 buah
- Beban pendingin : 5478,29 Btu / jam

Bahan Kontruksi

- Sisi Anulus : *Stainless Steell SA – 167 (Type 304)*
- Sisi Inner Pipe : *Carbon Steell SA – 285 grade C*

Annulus

- Ukuran Pipa : 2 in
- Suhu : 156,8 °C
- Tekanan : 0,03 Psia

Inner Pipe :

- Ukuran Pipa : 1 1/4 in
- Suhu : 37,5 °C
- Tekanan : 0,006 Psia

f. Kondensor

Kode : E-323

Fungsi : Untuk menurunkan suhu destilat dari Destilasi menjadi 100 °C

Operasi : Kontinyu

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jumlah HairPin : 6 buah

Beban pendingin : 232105,7 Btu / jam

Bahan Kontruksi

- Sisi Anulus : *Stainless Steell SA – 167 (Type 304)*
- Sisi Inner Pipe : *Carbon Steell SA – 285 grade C*

Annulus

- Ukuran Pipa : 4 in
- Suhu : 132,3 °C
- Tekanan : 0,1 Psia

Inner Pipe :

- Ukuran Pipa : 3 in
- Suhu : 37,5 °C
- Tekanan : 0,03 Psia

g. Reboiler

Kode : E-324

Fungsi : untuk memanaskan kembali hasil *bottom* Destilasi

Operasi : Kontinyu

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Kontruksi : *Stainless Steell SA – 240 (Type 304)*

Beban Pemanas : 221656,9 Btu / jam

Tube

- Suhu : 169,7 °C
- Tekanan : 0,2 Psia

- Jumlah Tube : 24
- BWG : 18
- Ukuran Pipa : 1 1/2 in
- Pitch : 1 7/8 Square Pitch
- Passe : 6
- Panjang Pipa : 24 ft

Shell

- Suhu : 182,8 °C
- Tekanan : 0,02 Psia
- Ukuran Pipa : 15 ¼ in

5.15 Pompa

a. Pompa 1

Kode	:	L-142
Fungsi	:	Mengalirkan Asam Sulfat dari Tangki menuju ke Mixer
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	3,65 m
<i>BHP actual</i>	:	0,01 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	2

b. Pompa 2

Kode	:	L-334
Fungsi	:	Mengalirkan hasil bottom destilasi menuju ke Mixer
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	1,92 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0002 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

c. Pompa 3

Kode	:	L-143
Fungsi	:	Mengalirkan hasil Mixer menuju ke Reaktor
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	3,74 m
<i>BHP actual</i>	:	0,35 Hp
<i>Power motor</i>	:	$\frac{3}{4}$ Hp
Jumlah	:	2

d. Pompa 4

Kode	:	L-232
Fungsi	:	Mengalirkan hasil Filtrat Filter Press (Cooler – 01) menuju ke tangki penampungan sementara
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	2,36 m
<i>BHP actual</i>	:	0,025 Hp
<i>Power motor</i>	:	$\frac{1}{3}$ Hp
Jumlah	:	1

e. Pompa 5

Kode	:	L-231
Fungsi	:	Mengalirkan hasil Reaktor (Cooler – 02) menuju ke tangki penampungan sementara
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	2,38 m
<i>BHP actual</i>	:	0,21 Hp
<i>Power motor</i>	:	½ Hp
Jumlah	:	2

f. Pompa 6

Kode	:	L-233
Fungsi	:	Mengalirkan dari tangki penampungan sementara menuju ke Evaporator - 01
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,55 m
<i>BHP actual</i>	:	0,05 Hp
<i>Power motor</i>	:	½ Hp
Jumlah	:	1

g. Pompa 7

Kode	:	L-331
Fungsi	:	Mengalirkan dari Evaporator – 01 menuju ke Evaporator – 02
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,84 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0058 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

h. Pompa 8

Kode	:	L-332
Fungsi	:	Mengalirkan dari Evaporator – 02 menuju ke Destilasi
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	18,90 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0448 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

i. Pompa 9

Kode	:	L-333
Fungsi	:	Mengalirkan dari Destilasi menuju ke Tangki Penyimpanan Produk
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,048 m
<i>BHP actual</i>	:	0,11 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

j. Pompa 10

Kode	:	L-335
Fungsi	:	Mengalirkan dari hasil <i>bottom</i> Destilasi menuju ke UPL
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steell SA-213 Type 304</i>
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	1,92 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0002 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

BAB VI UTILITAS

6.1 Unit Pendukung Proses

Dalam suatu pabrik dibutuhkan unit untuk mendukung berjalannya proses. Unit pendukung proses (Utilitas) merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses yang ada dalam suatu pabrik meliputi :

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pengadaan steam
3. Unit Pengadaan Tenaga Listrik
4. Unit Udara Tekan
5. Unit Pengadaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah.
7. Unit Laboratorium

6.1.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit Pengadaan dan Pengolahan air meliputi keperluan *domestik*, umpan *mixer*, umpan *boiler* dan air pendingin memerlukan unit ini sebagai penyedia air. Dalam memenuhi kebutuhan air industri, air yang digunakan pada umumnya berasal dari air sumur, air sungai, air danau maupun air laut. Dalam perancangan pabrik Furfural, direncanakan pabrik terletak di kawasan industri Dumai, sumber air yang digunakan berasal dari sungai Pelintung yang merupakan sungai yang mengalir di Provinsi Riau dengan debit yang cukup besar. Air yang digunakan dalam unit utilitas harus

memenuhi syarat air proses industri kimia. Beberapa fungsi air dalam industri adalah :

a. Air proses

Hal- hal yang perlu diperhatikan dalam air proses adalah :

- 1) Kesadahan (*hardness*) yang dapat menimbulkan kerak.
- 2) Besi yang dapat menyebabkan korosi.
- 3) Minyak yang menyebabkan terbentuknya lapisan film mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

Tabel 6.1 Kebutuhan air proses

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Mixer	15208,8
	Over design	20 %
Total		18250,5

b. Air Pendingin

Penggunaan air sebagai media pendingin dengan mempertimbangkan beberapa faktor, pada umumnya beberapa faktor tersebut adalah:

- 1) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar
- 2) Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- 3) Dapat menyerap sejumlah panas persatuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.

Tabel 6.2 Kebutuhan air pendingin

No.	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Cooler - 01	202,18
2.	Cooler – 02	7821,39
3.	Cooler – 03	296,76
4.	Cooler – 04	21,22

5.	Kondensor	899,15
6.	Exspanion Valve	7031,87
	Over design	20 %
Total		19527,10

c. Air sanitasi

Air yang akan digunakan harus memenuhi syarat-syarat kesehatan. Untuk memenuhi syarat sebagai air sanitasi dapat dilakukan penambahan PAC atau kaporit untuk menghilangkan bibit penyakit dan mengurangi kekeruhan. Beberapa syarat fisik, kimia dan biologis air sanitasi adalah :

Syarat fisik:

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

Syarat kimia:

- Tidak mengandung zat organik maupun zat anorganik.
- Tidak beracun.

Syarat bakteriologis:

- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

Tabel 6.3 Kebutuhan air sanitasi

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Karyawan	492
2	Laboratorium, poliklinik, bengkel	150
3	Pemadam Kebakaran	400
4	Kantin dan Mushola	150
5	Pembersihan, pemeliharaan dan taman	150
Total		1342

d. Air Umpan Boiler

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

1. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Air yang mengandung asam dan gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dapat menyebabkan korosi di dalam boiler.

2. Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan karena kesadahan dan suhu tinggi, penyebab utama dari kerak adalah garam-garam karbonat dan silikat yang terdapat dalam air.

3. Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang timbul dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar. Efek penembusan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Tabel 6.4 Kebutuhan air untuk *steam*

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Reaktor	1412,26
2.	Evaporator – 01	354,97
3.	Heater	25,30
	Over design	20 %
Total		2151,08

Jadi total seluruh kebutuhan air yang disuplai dari unit penyedia air di Utilitas adalah sebesar 43438,54 kg/jam. Untuk menjaga adanya kebocoran saat distribusinya, *make up* air diletakkan sebanyak 20%,

sehingga air yang akan diambil dari air sungai saat dipompakan adalah sebesar 52126,25 kg/jam. Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air sungai yang mengalir di sungai Pelintung yang mempunyai debit air 578 m³/detik saat musim hujan, dan 2,7 m³/detik saat musim kemarau.

Air sungai yang diambil harus melalui beberapa tahap pengolahan untuk mengurangi resiko dalam proses dan harus memenuhi syarat.

Beberapa tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Penyaringan Awal / *Screening* (S)

Penyaringan air dari air sungai ada 3 tahap penyaringan, yaitu :

- a. *Coarse bar screen* (saringan kasar), berfungsi menahan kotoran yang berukuran besar seperti ranting, dedaunan dan sebagainya.
- b. *Rake screen*, kotoran yang lolos dari bar screen akan menempel dibawah *rake screen*. Kemudian kotoran yang tersaring dibersihkan atau dibawa ke atas dengan penggaruk yang digerakkan dengan sistem hidrolik.
- c. *Rotary screen*, berfungsi membersihkan kotoran yang sangat kecil. Untuk membersihkan kotoran yang menempel pada saringan dilakukan penyemprotan dengan *sea water* menggunakan *spray nozzle*, kemudian dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak penggumpal (BU-01)

Air setelah melalui penyaringan kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya

flokulan yang biasa digunakan Tawas maupun Poly Aluminium Chloride (PAC) yang bertujuan untuk mengikat partikel- partikel kecil (yang menyebabkan warna coklat air sungai), sehingga air berwarna jernih

3. Clarifier (CL)

Air setelah melewati bak penggumpal dialirkan ke *clarifier* untuk memisahkan/ mengendapkan gumpalan- gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam *clarifier* yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara *over flow* sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

4. Bak Penyaring / *sand filter* (BU-02)

Air setelah keluar dari *clarifier* dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Dengan menggunakan *sand filter* yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

5. Bak Penampung Sementara (BU-03)

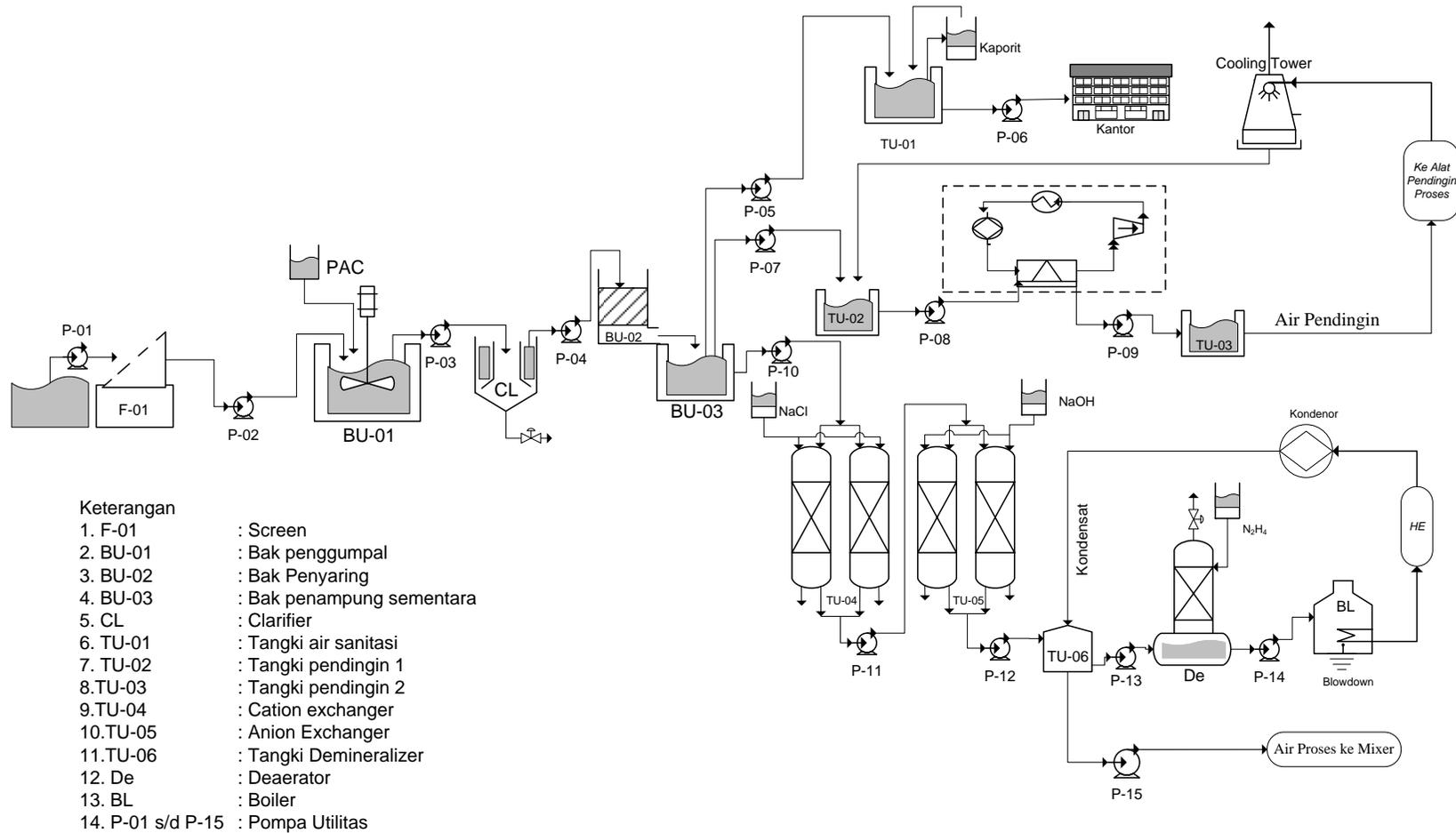
Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung yang siap distibusikan sebagai air sanitasi, air pendingin dan sebagai air proses.

6. Tangki Air Bersih (TU-01)

Tangki air bersih berfungsi untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air perkantoran.

Air yang keluar dari tangki penampung air bersih harus ditambahkan kaporit (CaOCl_2) untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dipakai. Kaporit digunakan sebagai penjernih karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya.

Tahap Pengolahan Air pada utilitas dapat dilihat pada gambar 6.1
Sebagai Berikut



Gambar 6.1. Tahapan Proses Pengolahan Air Utilitas

SPESIFIKASI ALAT UTILITAS1. *Screen*

Kode	: F-01
Fungsi	: Menyaring kotoran – kotoran yang berukuran kecil maupun besar.
Lebar	: 3,048 m
Panjang	: 2,438 m
Diameter lubang	: 0,1 m

2. Bak Penggumpal

Kode	: BU-02
Fungsi	: Menggumpalkan kotoran partikel- partikel kecil dengan larutan PAC
Waktu	: 1 jam
Bahan	: Beton
Jenis	: Silinder horisontal
Volume	: 11446,03 gallon
Diameter	: 3,8 m
Tinggi	: 3,8 m

3. Clarifier

Kode	: CL
Fungsi	: Memisahkan dan mengendapkan partikel-partikel yang telah menggumpal dari bak penggumpal.
Waktu	: 2,5 jam
Bahan	: Beton
Jenis	: Silinder terpancung
Volume	: 42922,3 gallon
Tinggi	: 3,04 m
Diameter atas	: 9,1336 m
Diameter bawah	: 5,5715 m

4. Bak Penyaring Pasir / *Sand filter*

Kode	: BU-02
Fungsi	: Menyaring partikel-partikel halus yang belum terendapkan di <i>Clarifier</i> .
Bahan	: Beton
Jenis	: <i>Graving sand filter</i>
Volume	: 12615,80
Diameter	: 3,35 m
Tinggi	: 6,71 m

5. Bak Penampung Sementara

Kode	: BU-03
Fungsi	: Menampung air yang berasal dari bak penyaringan.
Bahan	: Beton
Jenis	: Silinder vertikal
Volume	: 12615,80 gallon
Diameter	: 3,93 m
Tinggi	: 3,93 m

6. Tangki Air Sanitasi

Kode	: TU-01
Fungsi	: Menampung air bersih untuk kebutuhan sehari-hari.
Jenis	: Silinder vertikal
Volume	: 50167,78 gallon
Diameter	: 9,89 m
Tinggi	: 4,94 m

7. Tangki Pendingin

Kode	: TU-02
Fungsi	: Menampung air bersih untuk kebutuhan pendingin alat proses.
Jenis	: Silinder vertikal
Volume	: 6241,80 gallon
Diameter	: 3,11 m

Tinggi : 3,11 m

8. Kation Exchanger

Kode : TU-04

Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler.

Jenis : *Down flow cation exchanger*

Resin : *Natural greensand zeolite*

Volume : 6895,20 gallon

Diameter : 2,13 m

Tinggi : 3,02 m

9. Anion Exchanger

Kode : TU-05

Fungsi : Menghilangkan anion dari air keluaran kation exchanger.

Jenis : *Down flow anion exchanger*

Resin : *Synthetic resin anion exchanger*

Volume : 6895,20 gallon

Diameter : 1,65 m

Tinggi : 2,72 m

11. Tangki Air Demineralisasi

Kode : TU-06

Fungsi : Menampung air proses dan air *make-up* boiler

Jenis	: Silinder vertikal
Waktu	: 6 jam
Volume	: 51713,96 gallon
Diameter	: 5,49 m
Tinggi	: 8,24 m

12. *Deaerator*

Kode	: De
Fungsi	: Menghilangkan kandungan gas dalam air terutama O ₂ , CO ₂ , NH ₃ , dan H ₂ S.
Jenis	: Silinder tegak dengan bahan isian
Volume	: 495,52 gallon
Diameter	: 0,90 m
Tinggi	: 2,95 m

13. *Boiler*

Kode	: BL
Fungsi	: Membuat <i>steam</i> jenuh pada suhu 209,8°C.
Jenis	: <i>Fire tube boiler</i>
Kapasitas	: 2151,08 kg/jam
Bahan Bakar	: Solar
Kapasitas Solar	: 8602,00 liter/hari

14. Pompa Utilitas

a. Pompa 1

Kode	:	P-01
Fungsi	:	mengalirkan air dari sungai ke screening
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	13,06 m
<i>BHP actual</i>	:	3,44 Hp
<i>Power motor</i>	:	5 Hp
Jumlah	:	2

b. Pompa 2

Kode	:	P-02
Fungsi	:	mengalirkan air sungai dari screen menuju ke bak penggumpal
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,82 m
<i>BHP actual</i>	:	0,21 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	2

c. Pompa 3

Kode	:	P-03
Fungsi	:	Mengalirkan air sungai dari Bak penggumpal ke Clarifier
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,82 m
<i>BHP actual</i>	:	0,21 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

d. Pompa 4

Nama	:	P-04
Fungsi	:	Mengalirkan air sungai dari Clarifier ke bak penyaring pasir
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,80 m
<i>BHP actual</i>	:	0,17 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

e. Pompa 5

Kode	:	P-05
Fungsi	:	Mengalirkan air dari Bak penampung sementara ke Tangki air Sanitasi
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	1,38 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0113 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

f. Pompa 6

Kode	:	P-06
Fungsi	:	mengalirkan air sungai dari Tangki Sanitasi ke kantor
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 Rpm
<i>Total head</i>	:	7,07 m
<i>BHP actual</i>	:	0,05 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

g. Pompa 7

Kode	:	P-07
Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari bak penampung sementara ke Tangki Pendingin 1
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	3,66 m
<i>BHP actual</i>	:	0,44 Hp
<i>Power motor</i>	:	3/4 Hp
Jumlah	:	2

h. Pompa 8

Kode	:	P-8
Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari Tangki air pendingin ke sistem pendingin
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	1,54 m
<i>BHP actual</i>	:	0,18 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp

Jumlah : 1

i. Pompa 9

Kode : P-9

Fungsi : Mengalirkan air proses dari Sistem Pendingin ke Tangki air pendingin 2

Type : *Centrifugal single stage*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-285 grade C

Drivers : Motor Elektrik

Specific speed : 3500 rpm

Total head : 0,05 m

BHP *actual* : 0,0062 Hp

Power motor : 1/3 Hp

Jumlah : 1

j. Pompa 10

Kode : P-10

Fungsi : Mengalirkan air sungai dari Bak penampung sementara ke Cation exchanger

Type : *Centrifugal single stage*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-285 grade C

Drivers : Motor Elektrik

Specific speed : 3500 rpm

Total head : 3,75 m

BHP *actual* : 0,47 Hp

Power motor : 3/4 Hp

Jumlah : 1

k. Pompa 11

Kode : P-11

Fungsi : Mengalirkan air proses dari Cation exchanger ke Anion exchanger

Type : *Centrifugal single stage*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-285 grade C

Drivers : Motor Elektrik

Specific speed : 3500 Rpm

Total head : 0,36 m

BHP *actual* : 0,04 Hp

Power motor : 1/3 Hp

Jumlah : 1

l. Pompa 12

Kode : P-12

Fungsi : Mengalirkan air proses dari Anion Exchanger ke Tangki demin

Type : *Centrifugal single stage*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-285 grade C

Drivers : Motor Elektrik

Specific speed : 3500 rpm

Total head : 5,58 m

BHP *actual* : 0,70 Hp

Power motor : 1 Hp

Jumlah : 2

m. Pompa 13

Kode	:	P-13
Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari Tangki demineral ke Deaerator
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	5,32 m
<i>BHP actual</i>	:	0,18 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

n. Pompa 14

Nama	:	P-14
Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari Deaerator ke Boiler
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	0,07 m
<i>BHP actual</i>	:	0,0023 Hp
<i>Power motor</i>	:	1/3 Hp
Jumlah	:	1

o. Pompa 15

Kode	:	P-15
Fungsi	:	Mengalirkan air proses dari Tangki Demineraliasi ke kebutuhan proses
Type	:	<i>Centrifugal single stage</i>
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Drivers	:	Motor Elektrik
<i>Specific speed</i>	:	3500 rpm
<i>Total head</i>	:	6,48 m
<i>BHP actual</i>	:	0,68 Hp
<i>Power motor</i>	:	1 Hp
Jumlah	:	1

6.1.2 Unit Pengadaan Steam

Steam digunakan pada alat tertentu seperti pada *heater*, *vaporizer*, dan *boiler*. Untuk menghasilkan uap air yang digunakan dalam proses, alat yang digunakan adalah *boiler* atau ketel uap. Dalam hal ini yang digunakan adalah boiler pipa api (*fire tube boiler*), karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Air umpan tidak perlu terlalu bersih karena berada di luar pipa.
- Tidak memerlukan *plate* tebal untuk *shell*, sehingga harganya lebih murah.
- Tidak memerlukan tembok dan batu tahan api.
- Pemasangannya murah.

1. Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , dan lain-lain dengan menggunakan resin proses. Menghilangkan mineral dalam air disebut juga *Demineralisasi*. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan *boiler* (*Boiler Feed Water*).

Demineralisasi air diperlukan karena air umpan *boiler* harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Steam yang digunakan diharapkan tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam maupun pada *tube heat exchanger* karena dapat

menyebabkan efisiensi proses menurun bahkan tidak dapat beroperasi samasekali.

- Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O₂ dan CO₂.

Tahap Demineralisasi air adalah sebagai berikut :

Air diumpankan ke *kation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ada adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, dan Al³⁺. Air yang keluar dari *kation exchanger* diumpankan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, NO⁻ dan SiO₃²⁻. Air yang keluar selanjutnya dikirim ke unit *demineralized water storage* sebagai penyimpanan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai BFW.

2. Unit Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen. Gas tersebut dapat menyebabkan korosi, sehingga gas tersebut harus dihilangkan terlebih dahulu dalam suatu *deaerator*. Pada *deaerator* diinjeksikan *steam* yang berfungsi untuk mengikat O₂ yang terkandung dalam air tidak sepenuhnya dapat menghilangkan kandungan O₂, sehingga perlu ditambahkan Hidrazin. Hidrazin berfungsi mengikat sisa oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama gas-gas lain dihilangkan melalui stripping dengan uap bertekanan rendah.

6.1.3 Unit Pengadaan Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, maupun untuk penerangan. Unit pengadaan listrik bertugas untuk menyediakan listrik guna memenuhi kebutuhan pabrik dan kantor. Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dalam hal ini, karena pabrik dijalankan secara kontinyu, maka untuk menghindari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi digunakan *generator set* sebagai cadangan.

Kebutuhan listrik di pabrik meliputi:

- 1) Listrik untuk keperluan proses

Besarnya listrik untuk keperluan proses sebagai berikut :

Tabel 6.5 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses

Nama alat dan proses	Power, hP	jumlah	Σ Power, hP
Mixer	1/3	1	1/3
Reaktor	1/3	1	1/3
Bucket Elevator	1	1	1
Screw Conveyer	1/3	1	1/3
Belt Elevator	3/4	1	3/4
Crusher	3	1	3
Filter Prees	30	1	30
Expansion Valve	20	1	20
Pompa-01	1/3	2	2/3
Pompa-02	1/3	1	1/3
Pompa-03	3/4	2	1 1/2
Pompa-04	1/3	1	1/3
Pompa-05	1/2	2	1
Pompa-06	1/2	1	1/2
Pompa-07	1/3	1	1/3

Pompa-08	1/3	1	1/3
Pompa-09	1/3	1	1/3
Total			61,083

Diketahui 1 Hp = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 45,55 kW

2) Listrik untuk utilitas

Besarnya listrik untuk unit pendukung proses (utilitas) sebagai berikut :

Tabel 6.6 Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas

Nama alat dan proses	Power, hP	jumlah	Σ Power, hP
Bak Penggumpal	0,5	1	0,5
Tangki N ₂ H ₄	0,5	1	0,5
Tangki NaCl	0,5	1	0,5
Tangki NaOH	0,5	1	0,5
Pompa-01	5	2	10
Pompa-02	1/3	4	1 1/3
Pompa-03	1/3	1	1/3
Pompa-04	1/3	1	1/3
Pompa-05	1/3	1	1/3
Pompa-06	1/3	1	1/3
Pompa-07	3/4	2	1 1/2
Pompa-08	1/3	1	1/3
Pompa-09	1/3	1	1/3
Pompa-10	3/4	1	3/4
Pompa-11	1/3	1	1/3
Pompa-12	1	2	2
Pompa-13	1/3	1	1/3
Pompa-14	1/3	1	1/3
Pompa-15	1	1	1

Udara Tekan	1/3	1	1/3
Cooling Tower	3	1	3
Sistem Pendingin	5	1	5
Total			29,91667

Diketahui 1 Hp = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 22,30 kW

3) Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 20000 W = 20 kW

Listrik untuk penerangan diperkirakan sebesar = 100 kW

4) Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik yang digunakan diperkirakan = 70 kW

5) Listrik untuk instrumentasi

Listrik yang digunakan diperkirakan sebesar = 10 kW

Jumlah kebutuhan listrik = (45,55 + 22,30 + 20 + 100 + 70 +

10) kW

= 267,86 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 80%, maka
input generator = 334,82 kW

Ditetapkan *input generator* 500 kW

Untuk keperluan dan cadangan = (500 – 334,82) kW x 80%

= 132,14 kW

Spesifikasi generator :

a. Tipe = AC generator

b. Kapasitas = 500 kW

- c. Tegangan = 220/360 volt
- d. Efisiensi = 80%
- e. Frekuensi = 50 Hz
- f. Bahan bakar = Solar (*fuel oil*)

6.1.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan atau menyimpan bahan bakar yang digunakan dalam operasi pabrik.

Kebutuhan bahan bakar untuk *generator set* dan Boiler :

- a. Jenis bahan bakar : Solar
- b. Heating value : 19604 Btu/lb
- c. Efisiensi bahan bakar : 80%
- d. ρ solar : 0,846 kg/m³
- e. Kapasitas input generator : 1706206 Btu/jam
- f. Kebutuhan solar : 58,30 liter/jam

6.1.5 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Pengolahan udara ini adalah pengolahan udara yang bebas dari air, bersifat kering, bebas minyak dan tidak mengandung partikel-partikel lainnya.

Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol *pneumatic*. Kebutuhan setiap alat kontrol *pneumatic* sekitar L/menit (Considine, 1970). Kebutuhan udara tekan diperkirakan 60m³/jam. Alat untuk penyediaan udara tekan berupa kompressor.

6.1.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah limbah padat, yaitu campuran zat organik seperti pentosan, pentosa, sellulosa, dan lignin, dan zat anorganik seperti asam sulfat.

Pengolahan bahan buangan cair meliputi :

- 1) Air yang mengandung zat organik dan anorganik
- 2) Buangan air sanitasi
- 3) *Back wash filter*, air berminyak dari pelumas pompa
- 4) Sisa regenerasi
- 5) *Blow down cooling water*
- 6) *Cake* dari *centrifuge separator*

Air buangan sanitasi dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran dikumpulkan dan diolah dalam unit *stabilisasi* dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi klorin. Klorin ini berfungsi untuk disinfektan, yaitu membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit.

Air sisa regenerasi dari unit demineralisasi yang mengandung NaOH dinetralkan dengan menambahkan H_2SO_4 . Hal ini dilakukan jika pH air buangan lebih dari tujuh (7). Jika pH air buangan kurang dari tujuh ditambahkan NaOH.

Air yang berminyak, yang berasal dari buangan pelumas pompa diolah atau dipisahkan dari air dengan cara perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dialirkan ke penampungan terakhir, kemudian dibuang.

Cake Furfural dari Filter Press yang mengandung Pentosa, Pentosan, Selluloa, dan lignin akan diolah menjadi Briket sebagai bahan bakar Boiler.

6.1.7 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah mengendalikan pencemaran lingkungan, baik limbah gas, cair maupun padat. Limbah cair berupa air limbah hasil proses.

Laboratorium kimia adalah sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atau mutu produk dari perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan proses serta produk.

Tugas laboratorium antara lain :

1. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan
2. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
3. Menganalisa kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik.
4. Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi.

Dalam upaya pengendalian mutu produk, Adapun analisa pada proses pembuatan Furfural ini adalah sebagai berikut:

- Bahan baku yang berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit yang dianalisa meliputi warna, *densitas*, *viskositas*, *specific gravity*, titik didih dan kemurnian masing-masing bahan baku.
 1. Untuk analisa densitas bahan baku digunakan alat Aerometer, prinsip analisa menggunakan aerometer adalah hukum Arcimedes. Analisa ini dilakukan secara manual yaitu dengan cara mencelupkan Aerometer kedalam fluida kemudian mencatat angka yang terdapat dalam skala Aerometer.
 2. Untuk analisa viskositas digunakan Viscometer, viscometer yang digunakan adalah jenis Cone and Plate (brookefield). Analisa ini dilakukan dengan menempatkan sampel pada bagian tengah viscometer kemudian dinaikan hingga keatas kerucut, kerucut yang digerakan oleh motor akan berputar dan akan tercatat besarnya viscositas.
 3. Untuk analisa titik didih diukur dengan Melting point Tester
 4. Untuk menganalisa kemurnian bahan baku digunakan alat refraktometer, dengan cara membaca indek bias dari sampel yang akan dilihat kadarnya.
- Produk, yang dianalisa meliputi berat jenis Furfural, dan kadar pengotor yang terdapat dalam Furfural.

Analisa untuk unit utilitas meliputi:

- Air proses penjernihan, yang dianalisa pH, SiO₂, Ca sebagai CaCO₃, sulfur sebagai SO₄⁻, clor sebagai Cl₂ dan zat padat terlarut.

1. TDS meter (Total Dissolved Solid) digunakan untuk mengukur total zat padat terlarut dalam air. Satuan yang digunakan adalah ppm.
2. Untuk menganalisa pH, Sulfur (SO_4^-), kesadahan (CaCO_3), Cl_2 digunakan Water test kit digital
3. Untuk menganalisis kekeruhan digunakan Turbidity meter dengan menggunakan sifat optik akibat dispersi sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang datang dengan cahaya dipantulkan

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik dibagi menjadi tiga (3) bagian :

1. Laboratorium pengamatan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua aliran yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan ‘*certificate of quality*’ untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

2. Laboratorium analitik

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku dan produk akhir.

3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material dalam proses dalam meningkatkan hasil akhir.

6.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan hal penting bagi perlindungan tenaga kerja yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan dan proses pengolahan, tempat kerja, lingkungannya serta cara pengerjaannya.

Tujuan keselamatan kerja :

1. Melindungi tenaga kerja dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi
2. Menjamin keselamatan orang lain yang berada di lingkungan kerja
3. Memelihara sumber produksi dan dipergunakan secara aman di lingkungan kerja

Untuk pelaksanaan program keselamatan kerja, disediakan perlengkapan pakaian seragam kerja untuk tiap-tiap karyawan. Selain itu perusahaan juga menyediakan alat-alat pelindung diri yang disesuaikan dengan kondisi dan jenis pekerjaan. Peralatan *safety* (*Safety Equipment*) harus dipakai oleh setiap karyawan yang berada di *plant* atau daerah proses.

Perlengkapan *safety* yang harus dipakai :

1. Sepatu *safety*
2. *Safety Goggle* (kacamata *safety*)

3. *Ear muff / Ear plug*, yaitu penutup telinga yang dipakai untuk mengurangi suara bising dari mesin
4. *Safety Helmet*, yaitu alat pelindung kepala
5. Respirator, yaitu penutup hidung dan mulut untuk menyaring udara yang dihisap
6. *Breathing apparatus*, yaitu alat bantu pernafasan dimana dipakai jika udara sekeliling kotor sekali atau beracun.

Adapun tindakan pencegahan yang dilakukan oleh perusahaan antara lain:

1. Penyediaan alat pencegah kebakaran
2. Pemberian penerangan, latihan, dan pembinaan agar setiap pekerja yang ada di tempat dapat mengetahui cara melakukan pencegahan jika terjadi kecelakaan, kebakaran, peledakan, dan kebocoran pipa yang berisi zat berbahaya.
3. Pemberian penanganan mengenai pertolongan pertama pada kecelakaa

BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK

Pabrik Furfural yang akan didirikan direncanakan mempunyai:

- Bentuk : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan Usaha : Industri Furfural
- Lokasi Perusahaan : kawasan Industri Dumai yang terletak di Riau.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut:

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris, sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staffnya atau karyawan perusahaan.
3. Efisiensi dari manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
4. Lapangan usaha lebih luas, PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
5. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
6. Mudah mendapatkan kredit bank dengan jaminan perusahaan yang ada.

7. Mudah bergerak dipasar modal.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) yaitu perseroan terbatas didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham. Pemiliknya adalah para pemegang saham serta yang memilih suatu direksi yang memimpin jalannya perusahaan. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi tersebut dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

7.1. Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka dasar suatu perusahaan. Untuk mendapat sistem yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman, yang antara lain adalah perumusan tujuan perusahaan jelas, pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrolan atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap asas tersebut maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem lini dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih 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 yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada pimpinan yang terdiri dari

Direktur Utama dan Direktur yang disebut Dewan Direksi. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Anggota Tahunan.

Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini sebagai berikut:

7.1.1. Pemegang Saham

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

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

7.1.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

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

7.1.3. Direktur

1. Direktur Utama

Tugas : Memimpin kegiatan perusahaan secara keseluruhan, menerapkan sistem kerja dan arah kebijaksanaan perusahaan serta bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan.

2. Direktur Produksi dan Operasional

Tugas : Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

3. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan pembelian dan penjualan produk.

4. Direktur Sumberdaya Manusia dan Umum

Tugas : Mengawas dan mengatur segala hal yang berkaitan dengan personalia/ kepegawaian serta hal umum seperti kesehatan dan keamanan.

7.1.4. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh perusahaan. Kepala bagian bertanggung jawab kepada Direktur Utama, kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Proses

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pabrik dalam bidang proses produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya, kepala bagian produksi membawahi seksi proses, seksi ketersediaan produksi, seksi laboratorium.

2. Kepala Bagian Teknik

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan bidang peralatan serta mengkoordinir kepala seksi yang menjadi bawahannya yaitu Seksi Mesin dan instrumentasi serta Seksi Bengkel dan Konstruksi.

3. Kepala Bagian Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan kegiatan pabrik dalam bidang penyediaan utilitas serta mengkoordinir kepala seksi Utilitas, Pemeliharaan Listrik dan Pengolahan Limbah.

4. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap Administrasi dan keuangan, mengawasi dan mengkoordinir kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan administrasi dan keuangan. Serta mengkoordinir Seksi Administrasi dan Seksi Keuangan

5. Kepala Bagian Pemasaran, Distribusi dan Transportasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan Pemasaran, Distribusi dan Transportasi serta mengkoordinir Seksi Pemasaran serta Seksi Distribusi dan transportasi yang menjadi bawahannya.

6. Kepala Bagian Litbang

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan Penelitian dan Pengembangan serta mengkoordinasi dan mengawasi kepala seksi yang berada di bawahnya yaitu Seksi penelitian dan pengembangan.

7. Kepala Bagian Personalia

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan personalia perusahaan maupun pelatihan-pelatihan yang ada di perusahaan, serta mengkoordinir seksi yang menjadi bawahannya yaitu seksi Kepegawaian dan Seksi Pus Diklat.

8. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berkaitan dengan bagian hubungan masyarakat dan keamanan dan serta mengkoordinir kepala seksi yang berada dibawahnya yaitu Seksi humas, Seksi Kebersihan, Seksi Keamanan, dan Seksi K3

7.1.5. Kepala Seksi

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

1. Kepala Seksi Persediaan Produksi

Tugas : Mempersiapkan dan mengawasi bahan baku utama maupun bahan baku pendukung yang digunakan dalam proses produksi.

2. Kepala Seksi Laboratorium

Tugas : Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu, dan hasil produksi, mengawasi hal-hal yang berkaitan dengan pembuangan limbah, serta membuat laporan berkala kepada kepala bagian produksi.

3. Kepala seksi pengendalian proses

Tugas : Mengawasi proses berjalannya produksi, menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum ditangani oleh seksi yang berwenang.

4. Kepala Seksi Mesin dan Instrumentasi

Tugas : Mengawasi dan mengatur mesin dan instrumen yang digunakan dalam proses.

5. Kepala Seksi Bengkel dan Konstruksi

Tugas : Mempebaiki mesin yang mengalami kerusakan serta mengecek ecara berkala mesin- mesin yang digunakan agar proses tetap berjalan sesuai yang diharapkan

6. Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air kantor, air pendingin dan *steam*

7. Kepala Seksi Pemeliharaan Listrik

Tugas : Mengawasi, mengatur serta mengecek listrik yang digunakan dalam proses.

8. Kepala Seksi Pengolahan Limbah

Tugas : Mengawasi dan menganalisa pengolahan limbah dalam pabrik, menjaga agar limbah yang dibuang sudah memenuhi syarat dan aman untuk dibuang.

9. Kepala Seksi Administrasi

Tugas : Menyelenggarakan catatan utang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.

10. Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat ramalan keuangan masa depan, mengadakan perhitungan gaji dan intensif karyawan.

11. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Merencanakan strategi penjualan produksi dan mengatur distribusi hasil produksi.

12. Kepala Seksi Distribusi dan Transportasi

Tugas : Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi perusahaan.

13. Kepala Seksi Kepegawaian

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

14. Kepala Seksi Humas

Tugas : Mengatur hubungan perusahaan dan masyarakat diluar lingkungan pabrik.

15. Kepala Seksi K3

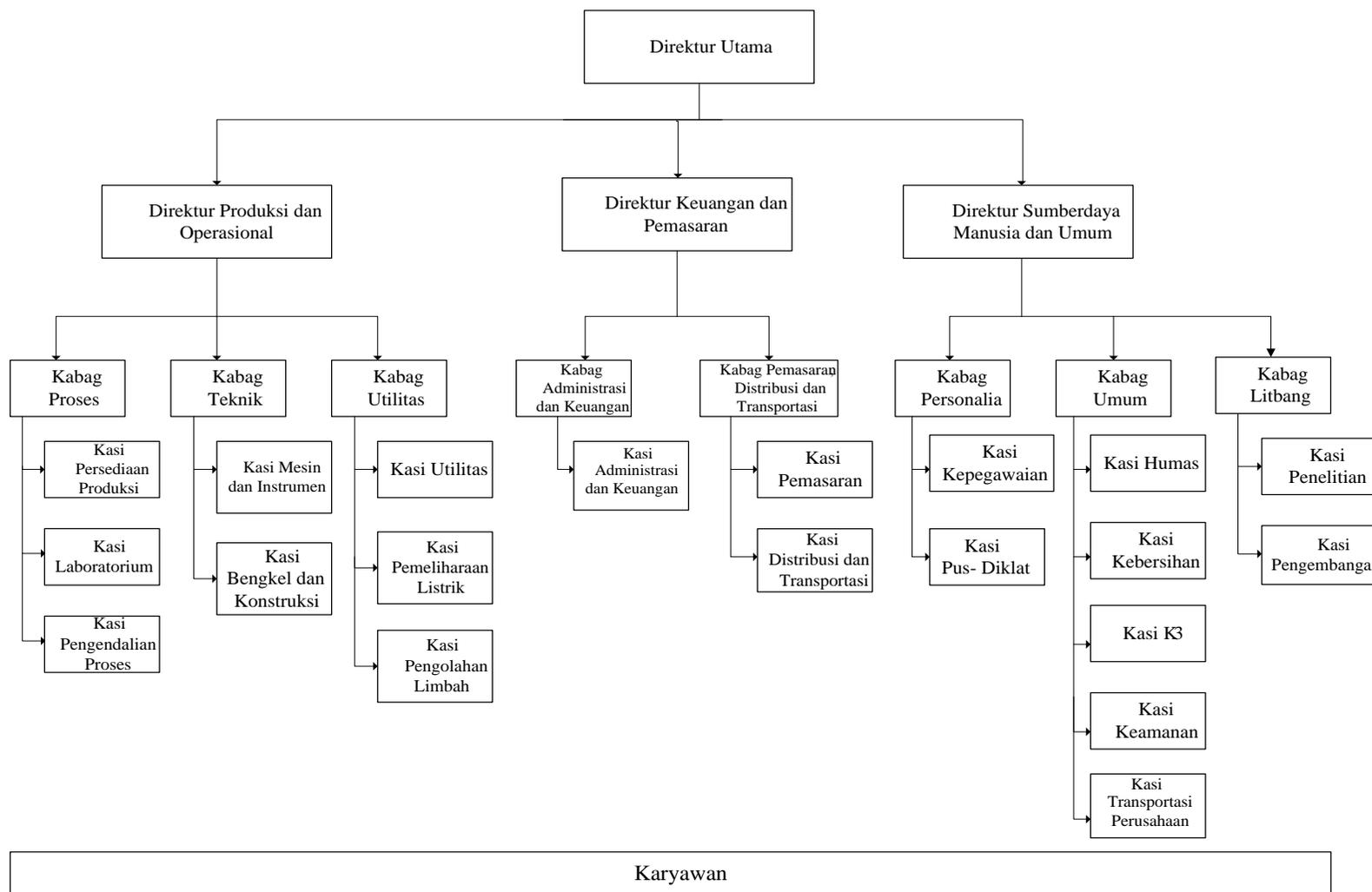
Tugas : Mengatur, menyediakan dan mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja, melindungi pabrik dari bahaya kebakaran.

16. Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Mengawasi keluar masuknya orang - orang baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik, Menjaga semua bangunan

pabrik dan fasilitas perusahaan, Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

Struktur Organisasi dalam Pabrik Furfural disajikan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 7.1 Struktur Organisasi Pabrik

7.2. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

7.2.1. Sistem Kepegawaian

Pada pabrik Furfural ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut statusnya karyawan dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap

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

2. Karyawan harian

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

3. Karyawan borongan

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

7.2.2. Sistem Gaji

Sistem gaji Perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam yang telah ditetapkan. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Perincian jumlah karyawan
7.1 Tabel Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah
1	Direktur Utama	S2/S3-Teknik Kimia/Ekonomi/Hukum	1
2	Direktur Produksi dan Operasional	S2-Teknik Kimia	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	S2-Ekonomi	1
4	Direktur Sumberdaya Manusia dan Umum	S2-Manajemen/Hukum	1
6	Kepala Bagian Proses	S1-Teknik Kimia	1
7	Kepala Bagian Teknik	S1-Teknik Mesin	1
8	Kepala Bagian Utilitas	S1-Teknik Kimia	1
9	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	S1-Ekonomi	1
10	Kepala Bagian Pemasaran, Distribusi, dan Transportasi	S1-Teknik Industri/Manajemen	1
11	Kepala Bagian Litbang	S1-Kimia/Teknik Kimia	1
12	Kepala Bagian Personalia dan Humas	S1-Psikologi/Teknik Kimia	1
13	Kepala Bagian Umum	S1-Teknik Industri/Fisipol	1
14	Kepala Seksi Persediaan Produksi	S1-Teknik Industri	1
15	Kepala Seksi Laboratorium	S1-Kimia	1
16	Kepala Seksi Pengendalian Proses	S1-Teknik Kimia	1
17	Kepala Seksi Mesin dan Instrumentasi	S1-Teknik Mesin/Elektro	1
18	Kepala Seksi Bengkel dan Konstruksi	S1-Teknik Mesin/Teknik Sipil/Teknik Fisika	1
19	Kepala Seksi Utilitas	S1-Teknik Kimia	1
20	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	S1-Akuntansi/Sekretaris	1
21	Kepala Seksi Pemasaran Distribusi, dan Transportasi	S1-Manajemen/ Teknik Industri	1
22	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	S1-Teknik Kimia	1
23	Kepala Seksi Pusdiklat dan Kepegawaian	S1-Psikologi/ Hukum	1
24	Kepala Seksi Kebersihan	S1-Kesehatan Masyarakat	1
25	Kepala Seksi K3	S1-Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
26	Kepala Seksi Keamanan	S1-Semua Jurusan	1
27	Kepala Seksi Transportasi Perusahaan	D3/-Semua Jurusan	1
28	Karyawan Persediaan Produksi	S1/D3-Teknik Industri	4
29	Karyawan Laboratorium	D3-Analis Kimia	7
30	Karyawan Pengendalian Proses	S1/D3-Teknik Kimia	32
31	Karyawan Mesin dan Instrumentasi	D3/SMK-Teknik Mesin/ Teknik Elektro	6
32	Karyawan Bengkel dan Konstruksi	D3/SMK-Teknik Mesin	6
33	Karyawan Utilitas	D3/SMK-Kimia/Analisis Kimia/Kimia Industri	10

34	Karyawan Pemeliharaan Listrik	D3/SMK-Teknik Elektro	5
35	Karyawan Pengolahan Limbah	D3/SMK-Kimia/Analisis Kimia/Kimia Industri	4
36	Karyawan Administrasi dan Keuangan	D3/SMK-Ekonomi/Manajemen	4
37	Karyawan Pemasaran	D3/SMK-Manajemen	6
38	Karyawan Distribusi dan Transportasi	D3/SMK-Teknik Industri/Manajemen	4
39	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	D3/Kimia/Analisis Kimia/Kimia Industri	2
40	Karyawan Puduklat dan Kepegawaian	D3/SMK-Teknik Industri	3
41	Karyawan Humas	D3/SMK-Ilmu Komunikasi	3
42	Petugas Kebersihan	SMA/SMK-Semua Jurusan	15
43	Karyawan K3	D3/D3-Kesehatan dan Keselamatan Kerja	3
44	Dokter	S1-Kedokteran	2
45	Perawat	S1-Keperawatan	2
46	Petugas Keamanan	SMA/SMK-Semua Jurusan	15
47	Supir	SMA/SMK-Semua Jurusan	5
Total			164

Perincian golongan dan gaji pegawai sebagai berikut :
Tabel 7.2 Daftar gaji karyawan

No	Jabatan	Gaji/Bulan	Gaji/Tahun
1	Direktur Utama	Rp 20.720.000	Rp 248.640.000
2	Direktur Produksi dan Operasional	Rp 17.720.000	Rp 212.640.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	Rp 17.720.000	Rp 212.640.000
4	Direktur Sumberdaya Manusia dan Umum	Rp 17.720.000	Rp 212.640.000
6	Kepala Bagian Proses	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
7	Kepala Bagian Teknik	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
8	Kepala Bagian Utilitas	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
9	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
10	Kepala Bagian Pemasaran, Distribusi, dan Transportasi	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
11	Kepala Bagian Litbang	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
12	Kepala Bagian Personalia dan Humas	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
13	Kepala Bagian Umum	Rp 8.720.000	Rp 104.640.000
14	Kepala Seksi Persediaan Produksi	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
15	Kepala Seksi Laboratorium	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
16	Kepala Seksi Pengendalian Proses	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
17	Kepala Seksi Mesin dan Instrumentasi	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
18	Kepala Seksi Bengkel dan Konstruksi	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
19	Kepala Seksi Utilitas	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
20	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
21	Kepala Seksi Pemasaran Distribusi, dan Transportasi	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
22	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	Rp 7.220.000	Rp 86.640.000
23	Kepala Seksi Puduklat dan Kepegawaian	Rp 6.220.000	Rp 74.640.000
24	Kepala Seksi Kebersihan	Rp 6.220.000	Rp 74.640.000
25	Kepala Seksi K3	Rp 6.220.000	Rp 74.640.000
26	Kepala Seksi Keamanan	Rp 6.220.000	Rp 74.640.000
27	Kepala Seksi Transportasi Perusahaan	Rp 6.220.000	Rp 74.640.000
28	Karyawan Persediaan Produksi	Rp 4.500.000	Rp 216.000.000
29	Karyawan Laboratorium	Rp 4.500.000	Rp 378.000.000
30	Karyawan Pengendalian Proses	Rp 4.500.000	Rp 1.728.000.000
31	Karyawan Mesin dan Instrumentasi	Rp 4.500.000	Rp 324.000.000
32	Karyawan Bengkel dan Konstruksi	Rp 4.500.000	Rp 324.000.000

33	Karyawan Utilitas	Rp	4.500.000	Rp	540.000.000
34	Karyawan Pemeliharaan Listrik	Rp	4.500.000	Rp	270.000.000
35	Karyawan Pengolahan Limbah	Rp	4.500.000	Rp	216.000.000
36	Karyawan Administrasi dan Keuangan	Rp	4.500.000	Rp	216.000.000
37	Karyawan Pemasaran	Rp	4.500.000	Rp	324.000.000
38	Karyawan Distribusi dan Transportasi	Rp	4.500.000	Rp	216.000.000
39	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	Rp	4.500.000	Rp	108.000.000
40	Karyawan Puduklat dan Kepegawaian	Rp	4.500.000	Rp	162.000.000
41	Karyawan Humas	Rp	4.500.000	Rp	162.000.000
42	Petugas Kebersihan	Rp	3.000.000	Rp	540.000.000
43	Karyawan K3	Rp	4.500.000	Rp	162.000.000
44	Dokter	Rp	9.220.000	Rp	221.280.000
45	Perawat	Rp	5.500.000	Rp	132.000.000
46	Petugas Keamanan	Rp	3.500.000	Rp	630.000.000
47	Supir	Rp	3.000.000	Rp	180.000.000
Total		Rp	331.440.000	Rp	9.925.920.000

7.2.3. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Furfural beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam perhari.

Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan *shut down*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam 2 golongan, yaitu :

a. Karyawan non-shift

Karyawan non-shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Termasuk karyawan harian yaitu direktur, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang ada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

1. Hari Senin-Jum'at : Jam 08.00-16.00

Jam istirahat :

1. Hari Senin-Kamis : Jam 12.00-13.00
2. Hari Jumat : Jam 11.00-13.00

b. Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift antara lain seksi proses, sebagian seksi laboratorium, seksi pemeliharaan, seksi utilitas dan seksi keamanan. Para karyawan shift akan bekerja bergantian sehari semalam, dengan pengaturan sebagai berikut :

Karyawan produksi dan teknik :

1. Shift pagi : Jam 07.00-15.00
2. Shift siang : Jam 15.00-23.00
3. Shift malam : Jam 23.00-07.00

Karyawan Keamanan :

1. Shift pagi : Jam 06.00-14.00
2. Shift siang : Jam 14.00-22.00
3. Shift malam : Jam 22.00-06.00

Untuk karyawan shift ini akan dibagi dalam 4 regu di mana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat dan dikenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap-tiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya.

Tabel 7.3 Pembagian shift karyawan

Hari ke- Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M
2	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P
3	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S
4	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M

Keterangan :

P = *Shift* pagi

M = *Shift* malam

S = *Shift* siang

L = Libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini akan digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan.

7.2.4. Kesejahteraan Karyawan

Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keluarganya, perusahaan memberikan fasilitas-fasilitas penunjang seperti: tunjangan, fasilitas kesehatan, transportasi, koperasi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), cuti, dan lain-lain.

1. Tunjangan

- a. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan

c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

2. Cuti

a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

b. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pakaian kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya

4. Pengobatan

a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja, ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang

b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja, diatur berdasarkan kebijaksanaan

7.3. Manajemen Produksi

Manajemen produksi berfungsi untuk menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk jadi menggunakan faktor-faktor produksi proses sehingga sesuai dengan yang direncanakan. Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi.

Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar produk jadi yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatnya kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

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

7.3.1. Perencanaan Produksi

Secara garis besar penyusunan rencana produksi disusun dengan mempertimbangkan dua hal yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor eksternal merupakan kemampuan pasar terhadap produk yang dihasilkan oleh pabrik sedangkan faktor internal merupakan kemampuan pabrik.

I. Kemampuan pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

- a) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal
- b) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik

Ada 3 alternatif yang bisa diambil, yaitu :

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

II. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

a. Material/bahan baku

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

b. Manusia/ tenaga kerja

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

c. Mesin/ peralatan

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

7.3.2. Pengendalian Proses

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

1) Pengendalian kualitas

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

2) Pengendalian kuantitas

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

3) Pengendalian waktu

Untuk mencapai tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

4) Pengendalian bahan proses

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

7.4. Tata Letak (*Lay Out*) Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan nilai praktis dan menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Perencanaan *lay out* pabrik meliputi perencanaan area penyimpanan, area proses dan *handling area*. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama yaitu:

1. Daerah administrasi atau perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol.
 - a. Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi
 - b. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan di proses serta produk yang dijual.
2. Daerah proses merupakan daerah tempat-tempat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.
3. Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi
4. Daerah utilitas merupakan daerah kegiatan penyediaan air, *steam*, udara tekan dan listrik.

Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

- 1) Penyediaan bahan baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga

sebaiknya dekat dengan pelabuhan, jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

2) Pemasaran

3) Ketersediaan energi dan air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik baik untuk air proses, pendingin atau kebutuhan lainnya. Sumber air biasanya berupa sungai, bendungan atau danau. Energi merupakan faktor utama dalam operasional pabrik.

4) Ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi.

5) Kondisi geografis dan sosial

Lokasi pabrik sebaiknya terletak didaerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi pabrik yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

6) Luas area yang tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia, jika harga tanah amat

tinggi maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain.

7) Fasilitas dan transportasi

8) Keamanan negara

Tabel.7.4 Luas Bangunan Pabrik

No.	Nama Bangunan	P (m)	L(m)	Jumlah	Total = P x L (m ²)
1	Pos Keamanan	2	3	4	24
2	Ruang Kontrol	18	12	1	216
3	Gudang	20	20	1	400
4	Kantor	30	30	1	900
5	Masjid	15	15	1	225
6	Kantin	7	15	1	105
7	Poliklinik	30	25	1	750
8	Gor Olahraga	25	18	1	450
9	Laboratorium	15	12	1	180
10	Bengkel	12	12	1	144
11	Perpustakaan	15	7	1	105
12	Daerah Proses	60	30	1	1800
13	Daerah Utilitas	45	15	1	675
14	K3 dan Fire Hidran	10	20	1	200
15	Unit Pengolahan Limbah	20	15	1	300
16	Tempat Parkir	25	25	3	1875
17	Tempat Parkir Truk	45	10	1	450
18	Taman	150	3	1	450
20	Jalan raya	130	17	1	2210
19	area pengembangan				8541
Total Luas bangunan					20000

7.5. Tata Letak Peralatan

Pengaturan tata letak peralatan proses pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi dan distribusi dapat berjalan lancar. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan adalah:

1. Ekonomi

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin sehingga memberikan biaya konstruksi dan operasi yang minimal. Biaya konstruksi dapat diminimalkan dengan mengatur letak alat sehingga menghasilkan pemipaan yang terpendek dan membutuhkan bahan konstruksi paling sedikit.

2. 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 diperhatikan elevasi pipa untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih dan untuk pemipaan pada permukaan tanah harus diatur agar tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

3. Kebutuhan proses

Letak alat harus memberikan ruangan yang cukup bagi masing-masing alat agar dapat beroperasi dengan baik dengan distribusi utilitas yang mudah.

4. Operasi

Peralatan yang membutuhkan lebih dari satu operator harus diletakkan dekat dengan *control room*. *Valve*, tempat pengambilan sampel dan instrumen harus diletakkan pada posisi dan ketinggian yang mudah dijangkau oleh operator.

5. Perawatan

Letak alat proses harus memperhatikan ruangan untuk perawatan. Misalnya pada heat exchanger yang memerlukan ruangan yang cukup untuk pembersihan tube.

6. Keamanan

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin, agar jika terjadi kebakaran tidak ada yang terperangkap didalamnya serta mudah dijangkau oleh kendaraan atau alat pemadam kebakaran.

7. Perluasan dan pengembangan pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan

8. Lalu lintas manusia

Penempatan alat proses harus diatur sedemikian rupa sehingga pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah dan apabila terjadi gangguan alat proses dapat segera diatasi.

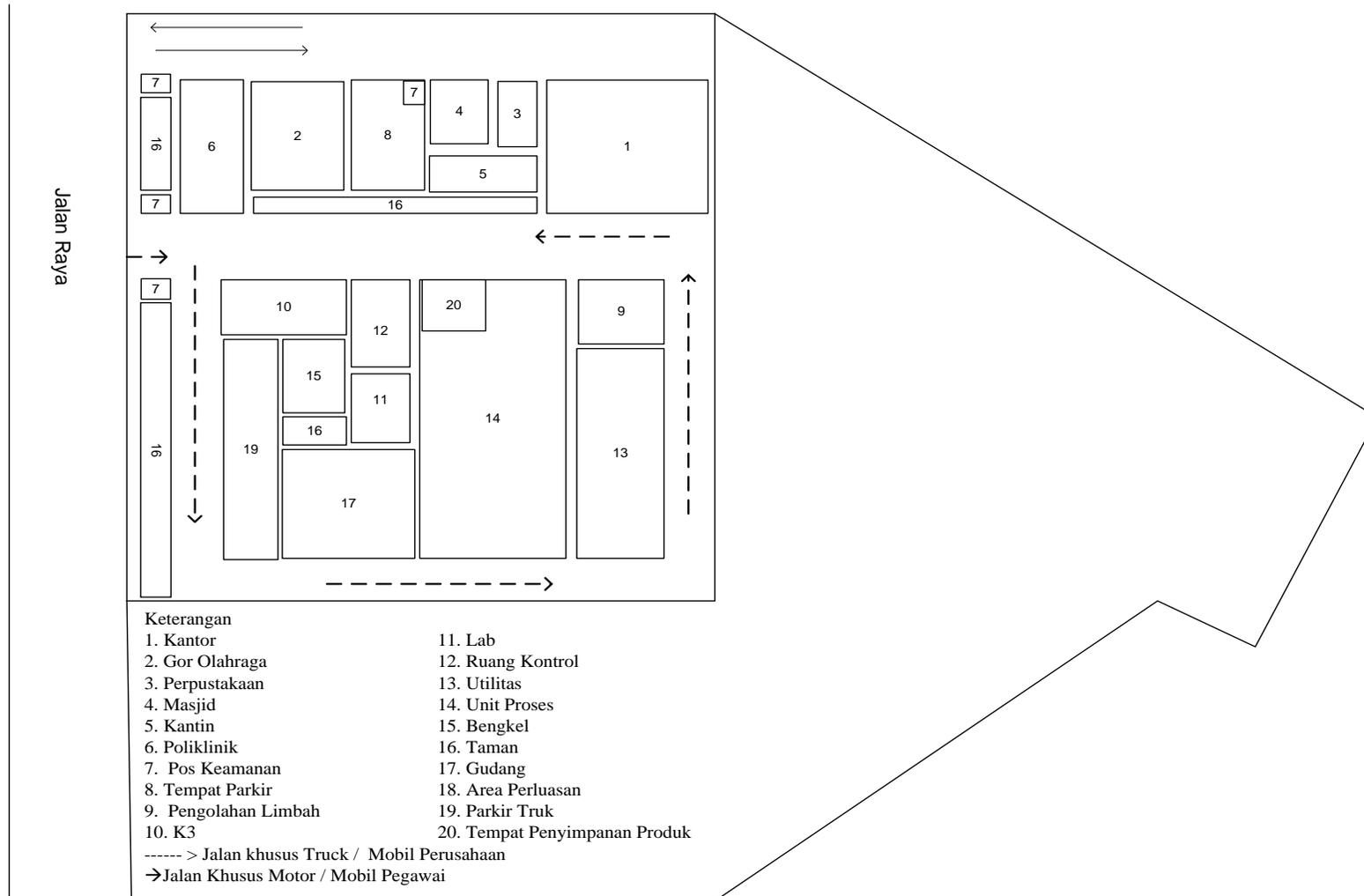
9. Aliran udara dan cahaya

Aliran udara didalam dan di sekitar alat proses perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Penerangan seluruh pabrik harus memadai terutama pada tempat proses yang berbahaya.

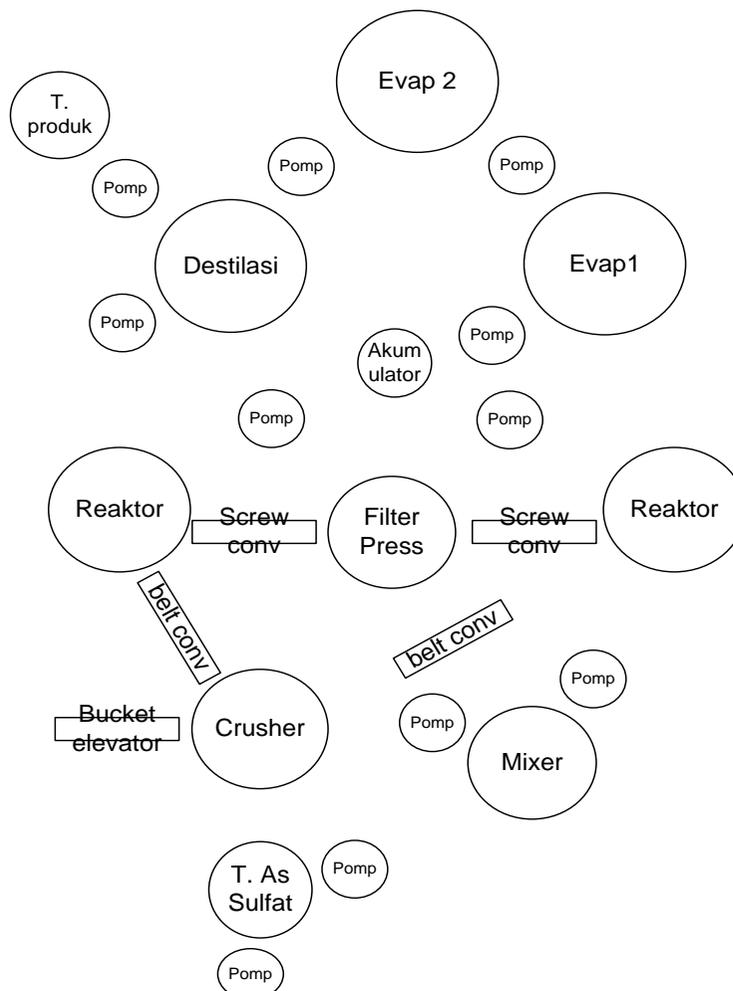
Tujuan perancangan tata letak alat-alat proses antara lain:

- a. Kelancaran produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai
- c. Biaya material *handling* menjadi rendah sehingga urusan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- d. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja sehingga produktifitas meningkat.

Tata letak Pabrik dan peralatan dapat dilihat pada Gambar 7.2 dan 7.3



Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik



Gambar 7.3 Tata Letak Alat

BAB VIII

EVALUASI EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak jika didirikan.

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
4. Analisis kelayakan
 - a. *Percent Return On Investment (ROI)*
 - b. *Pay Out Time (POT)*
 - c. *Break Even Point (BEP)*
 - d. *Shut Down Point (SDP)*
 - e. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Dasar Perhitungan :

Kapasitas produksi : 5.000 ton/tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs : 1 US \$ = Rp 13.429

(Aplikasi kalkulator di Android, diakses pada tanggal 17 Juni 2018)

Tahun evaluasi : 2022

Upah buruh Indonesia : Rp 16.686 /man hour

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dalam satu tahun, pabrik beroperasi selama 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2022. Di dalam analisis ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisis. Untuk mencari harga pada tahun analisis, maka dicari index pada tahun analisis.

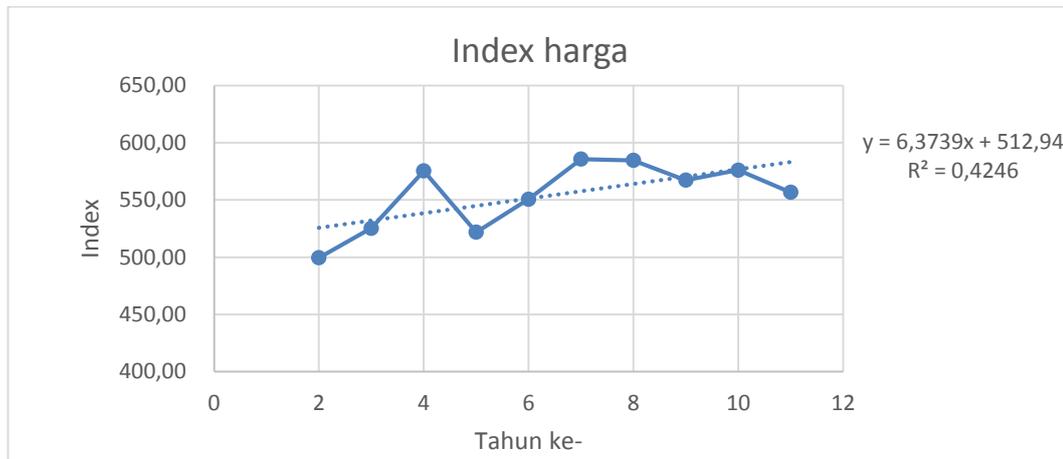
Asumsi kenaikan harga dianggap linier, dengan menggunakan program *excel* dapat dicari persamaan linier yaitu :

Tabel 8.1 *Cost index chemical plant*

Tahun	Tahun Ke-	Index
2005	1	468,20
2006	2	499,60
2007	3	525,40
2008	4	575,50
2009	5	521,90
2010	6	550,80
2011	7	585,70
2012	8	584,60
2013	9	567,30
2014	10	576,10
2015	11	556,80

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dari table *cost index* tahun 2006-2015 diperoleh persamaan linear $y = 6,3739x + 512,94$; maka dengan demikian dapat dicari *cost index* pada tahun 2022



Gambar 8.1 Grafik hubungan tahun dengan *cost index*

Persamaan yang diperoleh adalah $y = 6,3739x + 512,94$; dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari harga *index* pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2022 adalah :

Index pada Tahun
Evaluasi

$$\begin{aligned} x &= 18 \\ y &= 6,3739x + 512,94 \\ &= 627,67 \end{aligned}$$

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi dengan

persamaan: $Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny}$

Dalam hubungan ini : Ex : Harga pembelian pada tahun 2022

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (tahun 2014)

Nx : Index harga pada tahun 2022

Ny : Index harga pada tahun referensi (tahun 2014)

8.1. Perhitungan Biaya :

A. Investasi Modal (*Capital Investment*).

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya.

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*).

Modal tetap adalah investmentasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembantunya.

Tabel 8.2 Fixed Capital Investment

Fixed Capital Investment	Biaya	
PEC	Rp	59.941.492.477,72
Instalasi	Rp	14.985.373.119,43
Pemipaan	Rp	39.561.385.035,30
Isolasi	Rp	5.394.734.322,99
Instrument	Rp	29.970.746.238,86
Listrik	Rp	20.979.522.367,20
Bangunan	Rp	14.242.800.000,00
Pengembangan	Rp	17.305.500.000,00
Tanah	Rp	44.000.000.000,00
Jumlah Direct Cost Investment (DC)	Rp	246.381.553.561,51
Engineering & Supervision, 8% DC	Rp	19.710.524.284,92
Construction expenses, 10%DC	Rp	24.638.155.356,15
Contractor's fee, 2% - 8% DC	Rp	12.319.077.678,08
Jumlah IC	Rp	56.667.757.319,15
Jumlah FCI	Rp	303.049.310.880,66
Contingency, 8%	Rp	24.243.944.870,45
Start Up expenses, 8 - 10% FCI	Rp	24.243.944.870,45

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*).

Modal kerja adalah bagian yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Perbandingan working capital terhadap total capital investment bervariasi untuk

perusahaan yang berbeda, namun sebagian besar pabrik kimia menggunakan working capital awal sebesar 10 – 20 % dari total capital investment (Peters & Timmerhaus, 1991). Diambil modal kerja 15% Total Capital Investment

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + 15\% \text{ TCI}$$

$$= \text{Rp } 303.049.310.880,66 + 15\% \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 356.528.601.036,06$$

Maka WCI

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI}$$

$$= \text{Rp. } 53.479.290.155,41$$

B. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*).

Manufacturing cost merupakan jumlah dari semua biaya langsung, maupun tidak langsung dan biaya-biaya tetap yang timbul akibat pembuatan suatu produk.

Manufacturing Cost meliputi :

1. Biaya produksi langsung (*Direct cost*) adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.
2. Biaya produksi tak langsung (*Indirect cost*) adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik.

3. Biaya tetap (*Fixed cost*) merupakan biaya yang tidak tergantung waktu maupun jumlah produksi, meliputi : depresiasi, pajak asuransi dan sewa.

C. Pengeluaran Umum (*General Expenses*).

General expenses meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

Tabel 8.3 Total Production Cost

TOTAL PRODUCTION COST	Biaya
Direct Production Costs (DPC)	
Bahan Baku	Rp 81.839.904.416,31
Operating Labor	Rp 9.925.920.000,00
Supervisi	Rp 1.488.888.000,00
UPL	Rp 31.705.624.833,16
Maintanance & Repair	Rp 15.152.465.544,03
Operating Supplies	Rp 2.272.869.831,60
Laboratory charges	Rp 992.592.000
Royalti dan Patent	Rp 3.170.562.483
<u>Total DPC</u>	<u>Rp 146.548.827.108,42</u>
Fixed Chargers (FC)	
Depresiasi	Rp 30.304.931.088,07
Local taxes	Rp 9.091.479.326,42
Asuransi	Rp 1.818.295.865,28
Plant-overhead cost	Rp 22.193.937.383,21
<u>Total FC</u>	<u>Rp 63.408.643.662,98</u>
General Expenses	
Administrative cost	Rp 19.023.374.899,90
Distribution and Marketing Cost	Rp 57.070.124.699,69
Research and Development Cost	Rp 15.852.812.416,58
Finance	Rp 15.152.465.544,03
<u>Total GE</u>	<u>Rp 107.098.777.560,20</u>
<u>Total Production Cost</u>	<u>Rp 317.056.248.331,60</u>

8.2 Analisis Ekonomi

$$\begin{aligned} \text{Total Production cost} &= \text{manufacturing cost} + \text{general expenses} \\ &= \text{Rp } 317.056.248.331,60 \end{aligned}$$

Keuntungan :

$$\text{Harga jual (Sa)} = \text{Rp } 436.442.500.000,00$$

$$\text{Total cost} = \text{Rp } 317.056.248.331,60$$

$$\text{Keuntungan sebelum pajak} = \text{Rp } 119.386.251.668,40$$

$$\text{Pajak 30\% dari keuntungan} = \text{Rp } 35.815.875.500,52$$

$$\text{Keuntungan sesudah pajak} = \text{Rp } 83.570.376.167,88$$

A. Analisis Kelayakan.

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

1. Percent Return On Investment (ROI)

Percent Return On Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$$ROI = \frac{Pa}{FCI}$$

Dengan : Pa = keuntungan sesudah pajak

FCI = *fixed capital investment*

$$ROI = \frac{\text{Rp } 68.978.015.470,49}{\text{Rp } 302.956.990.032,60} \times 100\%$$

$$= 28 \%$$

Jadi, ROI sesudah pajak = 28 %

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT = \frac{FCI}{Pa + 0,1FCI}$$
$$POT = \frac{\text{Rp } 302.956.990.032,60}{\text{Rp } 68.978.015.470,49 + (0,1 \times \text{Rp } 302.956.990.032,60)}$$
$$= 2,66$$

Jadi, POT sesudah pajak = 2,66 tahun

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point adalah titik impas di mana pabrik tidak mempunyai suatu keuntungan. Biaya produksi sama dengan hasil penjualan sehingga pabrik dapat tetap beroperasi tetapi tidak mendapat keuntungan.

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

Dimana : Sa = penjualan produk

Ra = *regulated cost*

Va = *variable cost*

Fa = *fixed manufacturing cost*

Fixed Cost (Fa)		
Depresiasi	Rp	30.304.931.088,07
Local taxes	Rp	9.091.479.326,42
Asuransi	Rp	1.818.295.865,28
	Rp	41.214.706.279,77
Variabel Cost (Va)		
Bahan Baku	Rp	47.869.192.039,65
Utilitas	Rp	65.676.337.209,81
Royalti & patent	Rp	3.170.562.483
	Rp	116.716.091.732,78
Regulated Cost (Ra)		
Operating Labor	Rp	9.925.920.000
Supervisi	Rp	1.488.888.000
Maintanance & Repair	Rp	15.152.465.544,03
Operating Supplies	Rp	2.272.869.831,60
Laboratory charges	Rp	992.592.000,00
Plant-overhead cost	Rp	22.193.937.383,21
General Expenses	Rp	107.098.777.560,20
	Rp	159.125.450.319,05

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

$$= 43 \%$$

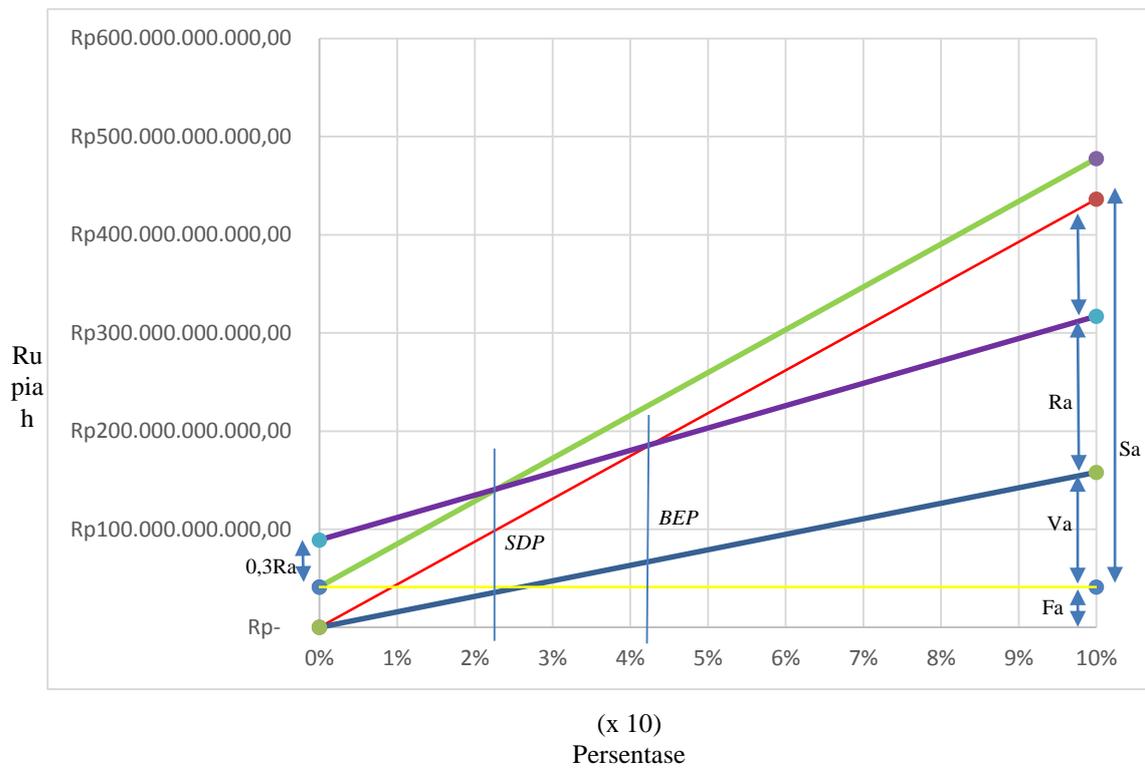
(Range yang diperbolehkan : antara 40 % sampai 60 %)

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* sehingga pabrik harus ditutup .

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

$$= 23 \%$$



Gambar 8.2 Grafik analisis kelayakan ekonomi

BAB IX**KESIMPULAN**

Pabrik Furfural dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan kapasitas 5.000 ton/ tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, pabrik Furfural dapat disimpulkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dan memiliki estimasi keuntungan yang cukup besar untuk didirikan, karena memiliki indikator perekonomian yang relative baik yaitu:

Tabel 9.1 Analisis kelayakan ekonomi

No	Analisis kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
1	Laba sebelum pajak		Rp 119.386.251.668,40
	Laba sesudah pajak		Rp 83.570.376.167,88
2	ROI		28%
3	POT	Maksimum 5 tahun	2,66 tahun
4	BEP	40%-60%	43 %
5	SDP		23 %

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, D.R and Buzzard, J. L., 2003, A Novel Process for Furfural Production ,
Proceedings of the south African Chemical Engineering.
- Brown., Unit Operations, CBS Publisher and Distributors, India
- Brownell, 1959, Process Equipment Design,
- Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014, Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa
Sawit,Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Dirjen Pengembangan Perwilayahan Industri, 2012, Direktori Kawasan Industri 2012,
Jakarta.
- Geankoplis, 1993, Transport Processes and Unit Operations, 3th-ed, Pretice-hall Inc.,
Englewood Clift, New Jersey
- Kern, 1965, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Levenspiel, O., 1999, “Chemical Reaction Engineering”, 3rd-ed., pp. 94-96; 208-213, John
Wiley & Sons, New York.
- McCabe.,1993, Unit Operations of Chemical Engineering, 5th-ed, McGraw-Hill Book
Company, New York.
- Mc Ketta, J, J., 1976, Encyclopedia of Chemical Processing and Design, New York and
Basel.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 2008, “Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”, 8th-ed., pp.
2.24; 2-491 – 2-495, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Petters, 2003, Plant Design & Economics for Chemical Engineers,4th-ed, McGraw-Hill Book
Company,
- Purwito dan Anita, F., 2005, Pemanfaatan Limbah Sawit dan Asbuton untuk Bahan Pencegah
Serangan Rayap Tanah, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Reklaitis, 1983, Introduction to Material and Energy Balance, Kanada
- S.Mickley, K. Sherwood and E. Reed, 1981, Applied Mathematics in Chemical Engineering,
McGraw-hill, New Delhi.
- Treyball, 1981, Mass Transfer Operations, 3th-ed, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Wijarnako, A.,Witono, J, A dan Wiguna, M, S, 2006, Tinjauan Komprehensif Perancangan
Awal Pabrik Furfural Berbasis Ampas Tebu di Indonesia, Komunitas Migas
Indonesia.

www.badanpusatstatistik.com

www.chem-is-try.org

www.engineeringtoolbox.com

www.matche.com

www.pengaspalanhotmix.com

<https://lahanindustri.wordpress.com/industri/>

Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", pp. 291-294; 317-320, McGraw-Hill
Book Company, New York.