



**PRA RANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI AMPAS TEBU
(BAGASSE) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI
8.900 TON/TAHUN**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Kimia*

SKRIPSI

Oleh :

Putri Vindianasari

191910401039

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN

TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

JEMBER

2023



**PRA RANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI AMPAS TEBU
(BAGASSE) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI
8.900 TON/TAHUN**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Kimia*

SKRIPSI

Oleh :

Sintia Wulandari	191910401018
Riko Mahendra Putra	191910401031
Putri Vindianalasari	191910401039

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT atas segala limpahan ridho, hidayah, dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*Pra Rancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Kapasitas Produksi 8.900 Ton/Tahun*”. Dengan penuh kerendahan hati, kami persembahkan tugas akhir ini sebagai wujud terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada kami.
2. Bapak Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., PhD., IPM selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
3. Ibu Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M,Sc selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Dr. M. Maktum Muharja Al Fajri, S.T., selaku dosen pembimbing anggota.
5. Ibu Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji utama.
6. Ibu Noven Pramitasari, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota.
7. Seluruh jajaran dosen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
8. Seluruh guru-guru kami dan dari Sekolah dasar (SD) hingga sekolah menengah atas (SMA)
9. Seluruh sahabat dan teman kami mahasiswa/i Teknik Kimia angkatan 2019.
10. Almamater tercinta Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

MOTTO

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan” (Boy Chandra)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya” (Q.S Al Baqarah: 286)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putri Vindianalasari

NIM : 191910401039

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Pra Rancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Kapasitas Produksi 8.900 Ton/Tahun*

adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 7 Desember 2023

Yang menyatakan,

Putri Vindianalasari

NIM. 191910401039

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Pra-Perancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (bagasse) dengan Kapasitas 8.900 Ton/Tahun* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 21 November 2023
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.


NRP : 760017111


(.....)

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. M. Maktum Muharja Al Fajri, S.T.

NRP : 760019059


(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si.

NIP : 199311022022032014


(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Noven Pramitasari, S.T., M.T.

NIP : 199211062019032017


(.....)

ABSTRACT

Furfural is an organic compound derived from the furan group which has wide applications in various industries. Furfural can be produced from biomass that contains a lot of pentosan, hemicellulose, cellulose and lignin such as bagasse waste. The establishment of this furfural factory is necessary to meet domestic furfural needs and utilize sugarcane bagasse waste to gain greater selling value. This factory is designed with a production capacity of 8,900 tons/year with an operating time of 330 days and 24 hours/day. This furfural is produced using a continuous process using 22,753 kg/hour of bagasse as raw material and an acid catalyst in the form of sulfuric acid (H_2SO_4) and toluene solvent ($C_6H_5CH_3$). The production process is divided into 3 stages, namely the initial treatment stage of cutting the bagasse and mixing it with a catalyst, the reaction stage where hydrolysis and dehydration reactions occur, and the purification stage using extraction and distillation methods. The construction location for this factory is planned in Kesamben District, Jombang Regency, East Java with an estimated operation in 2027. Based on the results of the economic evaluation analysis, a furfural factory with a capacity of 8,900 tons/year is feasible to be established with a Pay Out Time (POT) of 3.8 years, Rate of Return (ROR) of 23%, and Break Event Point (BEP) of 50%.

Keywords : furfural, bagasse, pentosan, continuous

RINGKASAN

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (*Bagasse*) dengan Kapasitas Produksi 8.900 Ton/Tahun; Sintia Wulandari, Riko Mahendra Putra, Putri Vindianalasari; 191910401018, 191910401031, 191910401039; Jurusan Teknik Mesin Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Jember.

Furfural merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan yang pengaplikasiannya luas dalam berbagai industri. Furfural dapat dihasilkan dari biomassa yang mengandung banyak pentosan, hemiselulosa, selulosa, dan lignin seperti limbah ampas tebu (*bagasse*). Pendirian pabrik furfural ini di perlukan untuk memenuhi kebutuhan furfural dalam negeri dan memanfaatkan limbah ampas tebu agar bernilai jual lebih. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi 8.900 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari dan 24 jam/hari. Furfural ini diproduksi dengan proses kontinyu dengan bahan baku ampas tebu sebanyak 22.753 kg/jam dan katalis asam berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan pelarut toluena ($C_6H_5CH_3$). Proses produksi terbagi menjadi 3 tahapan yaitu tahap perlakuan awal pemotongan ampas tebu dan mencampurkan dengan katalis, tahap reaksi dimana terjadi reaksi hidrolisis dan dehidrasi, dan tahap pemurnian dengan metode ekstraksi dan distilasi. Lokasi pembangunan pabrik ini direncanakan di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, Jawa Timur dengan estimasi beroperasi pada tahun 2027. Berdasarkan hasil analisa evaluasi ekonomi pabrik furfural dengan kapasitas 8.900 ton/tahun layak didirikan dengan *Pay Out Time* (POT) selama 3,8 tahun, *Rate of Return* (ROR) sebesar 23%, dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 50%.

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (*bagasse*) dengan Kapasitas 8.900 Ton/Tahun. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan di Program Studi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Jember. Keberhasilan dari penyusunan tugas akhir ini dapat terwujud dan terselesaikan dengan baik atas bantuan, dorongan semangat dan bimbingan dari berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril maupun materil sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik, maka pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan rasa hormat yang dalam penulis haturkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya. Serta telah memberikan nikmat sehat, panjang umur, dan kemudahan dalam pengerjaan tugas akhir ini;
2. Kedua orang tua dan kakak yang tak hentinya memberikan doa, semangat dan motivasi;
3. Bapak Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., IPM. selaku Rektor Universitas Jember;
4. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
5. Bapak Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember;
6. Ibu Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan segenap perhatian membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
7. Bapak Dr. M. Maktum Muharja Al Fajri, S.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan baik hati memberikan masukan untuk kesempurnaan tugas akhir ini;

8. Ibu Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si dan Ibu Noven Pramitasari, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang sudah meluangkan waktunya untuk mengoreksi dan memberikan berbagai masukan terhadap tugas akhir ini;
9. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan wawasan yang sangat bermanfaat;
10. Sintia Wulandari dan Riko Mahendra Putra yang telah bekerja sama selama ini hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan;
11. Seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini;
12. Sahabat dan teman terdekat yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini;
13. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia 2019 yang telah memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir;
14. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga segala dukungan, bimbingan dan doa yang sudah diberikan akan menjadi berkah dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penyusunan tugas akhir ini tentunya masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan adanya kritik dan saran yang membangun maka diharapkan dapat menjadi masukan untuk penyempurnaan di masa depan. Penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Jember, 7 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRACT.....	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan	2
BAB 2 PERENCANAAN PABRIK.....	4
2.1 Pemilihan Kapasitas	4
2.2 Pemilihan Proses	6
2.3 Uraian Proses	7
2.3.1 Tahap Perlakuan Awal.....	7
2.3.2 Tahap Reaksi.....	7
2.3.3 Tahap Pemurnian	8
2.4 Spesifikasi Bahan dan Produk.....	8
2.4.1 Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	8
2.4.2 Produk Utama	10
2.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak.....	11
2.5.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	11
2.5.2 Pemasaran Produk.....	12
2.5.3 Kondisi Iklim dan Cuaca	12
2.5.4 Sarana Transportasi.....	12
2.5.5 Ketersediaan Utilitas.....	13
2.5.6 Ketersediaan Tenaga Kerja	13

2.5.7	Tata Letak Pabrik	14
BAB 3 NERACA MASSA DAN ENERGI.....		15
BAB 4 SPESIFIKASI ALAT		18
4.1	Gudang Penyimpanan Ampas Tebu (<i>bagasse</i>).....	18
4.2	<i>Screw Conveyor</i>	18
4.3	<i>Cutting Machine</i>	18
4.4	<i>Bucket Elevator</i>	19
4.5	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	19
4.6	Pompa.....	20
4.7	Tangki Pengenceran Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	20
4.8	Pompa.....	21
4.9	Tangki Pencampuran Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) dan Ampas Tebu (<i>bagasse</i>)....	21
4.10	<i>Screw Conveyor</i>	22
4.11	<i>Filter Press</i>	22
4.12	Pompa.....	23
4.13	Reaktor I.....	23
4.14	Pompa.....	24
4.15	<i>Heater I</i>	24
4.16	Pompa.....	25
4.17	<i>Heater II</i>	25
4.18	Pompa.....	26
4.19	Reaktor II	26
4.20	<i>Cooler I</i>	27
4.21	Tangki Penyimpanan Toluena (C ₆ H ₅ CH ₃)	27
4.22	Pompa.....	28
4.23	Kolom Ekstraksi.....	28
4.24	Pompa.....	29
4.25	Pompa.....	29
4.26	Pompa.....	30
4.27	<i>Vaporizer</i>	30
4.28	Pompa.....	31
4.29	<i>Cooler II</i>	31

4.30	Pompa.....	31
4.31	Kolom Distilasi	32
4.32	<i>Reboiler</i>	32
4.33	Pompa.....	33
4.34	<i>Cooler III</i>	33
4.35	Pompa.....	34
4.36	Kondensor	34
4.37	Akumulator	35
4.38	Pompa.....	35
4.39	Tangki Penyimpanan Furfural (C ₅ H ₄ O ₂).....	36
BAB 5 EVALUASI EKONOMI		37
BAB 6 PENUTUP		38
6.1	Kesimpulan	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN.....		42

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perkembangan Impor Furfural di Indonesia	3
Tabel 2.1 Pertumbuhan Impor dan Ekspor Furfural di Indonesia.....	4
Tabel 2.2 Kapasitas Pabrik Furfural yang sudah Beroperasi di Dunia	4
Tabel 2.3 Perbedaan Proses Batch dan Kontinyu	6
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Ampas Tebu	9
Tabel 2.5 Spesifikasi Senyawa Asam Sulfat.....	9
Tabel 2.6 Spesifikasi Senyawa Air	9
Tabel 2.7 Spesifikasi Senyawa Toluena.....	10
Tabel 2.8 Spesifikasi Senyawa Furfural	10
Tabel 2.9 Perkiraan Jumlah Bagasse dari Pabrik Gula Gempolkrep dan PT. Perkebunan Nusantara X	12
Tabel 2.10 Tingkat Pendidikan Masyarakat di Kabupaten Jombang.....	13
Tabel 3.1 Neraca Massa Total	16
Tabel 3.2 Neraca Energi Total.....	16
Tabel 4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Ampas Tebu (bagasse).....	18
Tabel 4.2 Spesifikasi Screw Conveyor	18
Tabel 4.3 Spesifikasi Cutting Machine	18
Tabel 4.4 Spesifikasi Bucket Elevator	19
Tabel 4.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	19
Tabel 4. 6 Spesifikasi Pompa.....	20
Tabel 4.7 Spesifikasi Tangki Pengenceran Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	20
Tabel 4.8 Spesifikasi Pompa	21
Tabel 4.9 Spesifikasi Tangki Pencampuran Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) dan Ampas Tebu (bagasse)	21
Tabel 4.10 Spesifikasi Screw Conveyor	22
Tabel 4. 11 Spesifikasi Filter Press	22
Tabel 4.12 Spesifikasi Pompa.....	23
Tabel 4.13 Spesifikasi Reaktor I.....	23
Tabel 4.14 Spesifikasi Pompa.....	24
Tabel 4.15 Spesifikasi Heater I	24
Tabel 4.16 Spesifikasi Pompa	25
Tabel 4.17 Spesifikasi Heater II.....	25
Tabel 4. 18 Spesifikasi Pompa.....	26
Tabel 4.19 Spesifikasi Reaktor II.....	26
Tabel 4.20 Spesifikasi Cooler I.....	27
Tabel 4.21 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Toluena (C ₆ H ₅ CH ₃).....	27
Tabel 4.22 Spesifikasi Pompa	28
Tabel 4.23 Spesifikasi Kolom Ekstraksi	28
Tabel 4.24 Spesifikasi Pompa	29

Tabel 4.25 Spesifikasi Pompa	29
Tabel 4.26 Spesifikasi Pompa	30
Tabel 4.27 Spesifikasi Vaporizer.....	30
Tabel 4.28 Spesifikasi Pompa	31
Tabel 4.29 Spesifikasi Cooler II.....	31
Tabel 4.30 Spesifikasi Pompa	31
Tabel 4.31 Spesifikasi Kolom Distilasi.....	32
Tabel 4.32 Spesifikasi Reboiler	32
Tabel 4.33 Spesifikasi Pompa	33
Tabel 4.34 Spesifikasi Cooler III	33
Tabel 4.35 Spesifikasi Pompa	34
Tabel 4.36 Spesifikasi Kondensor	34
Tabel 4.37 Spesifikasi Akumulator	35
Tabel 4.38 Spesifikasi Pompa	35
Tabel 4.39 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Furfural (C ₅ H ₄ O ₂).....	36
Tabel 5.1 Parameter Kelayakan Pendirian Pabrik Furfural	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Lokasi Pembangunan Pabrik Furfural.....	11
Gambar 2.2 Tata Letak Pabrik	14
Gambar 3.1 Process Flow Diagram Pembuatan Furfural dari Ampas Tebu	15

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Agroindustri yang terdapat di Indonesia merupakan sektor yang memegang peranan sangat penting dalam industri nasional. Namun, kegiatan setelah panen dan pengolahan hasil pertanian, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang (Harris Hafidhuddin & Fakhrurozi, 2022). Adanya perkembangan dan pertumbuhan industri yang diikuti dengan pertumbuhan ekonomi menuntut penggunaan bahan kimia berbeda dalam jumlah yang banyak. Namun, hingga saat ini Indonesia masih menanggung beban bahan kimia yang diimpor dari luar negeri (Ina, 2022). Pesatnya perkembangan industri seperti minyak dan sayur, cat, pernis, plastik, serat sintetis, obat-obatan dan herbisida tersebut membutuhkan kehadiran senyawa furfural sebagai bahan utamanya karena furfural memiliki banyak manfaat di antaranya ialah sebagai *selective solvent* pada perusahaan pemurnian *butadine*, perusahaan pengelolaan minyak bumi seperti minyak pelumas serta pemurnian *extractive distillation* untuk produksi serat sintesis, sebagai reaktif *solvent* untuk resin pada industri yang memproduksi bahan-bahan plastik yang tahan api maupun korosi, untuk nitroselulosa, selulosa asetat dan bahan kimia lainnya, sebagai bahan baku senyawa *derivate* seperti furfural alkohol, *furoid acid*, *tetrahidrofuran*, dan sebagai resin furan dalam bidang industri farmasi dan pengaplikasian pembuatan pewangi (Angelina & Lerrick, 2017). Oleh karena itu, diperlukan solusi atas permasalahan terkait pengembangan industri, salah satunya dengan menciptakan pengembangan kebutuhan bahan kimia furfural untuk menekan angka impor dan meningkatkan nilai investasi di Indonesia. Pengembangan industri ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi hasil sampingan pengolahan hasil pertanian yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia.

Furfural ($C_5H_4O_2$) atau biasa disebut dengan *2-furankarboksaldehid*, *furanaldehid*, *2-furfuraldehid*, *furaldehid* merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase cair berwarna kuning hingga kecokelatan dengan titik didih sebesar $161,5^{\circ}C$, berat molekul sebesar $96,086 \text{ g/gmol}$, dan densitas pada suhu $20^{\circ}C$ adalah $1,16 \text{ g/cm}^3$ (Andaka, 2011). Furfural merupakan senyawa yang sulit larut dalam air, namun mudah larut dalam senyawa seperti alkohol, eter, dan benzena

(A'an, 2021). Furfural banyak digunakan dalam industri kimia sebagai bahan pembentuk resin pengecoran, sebagai perantara dalam pembuatan *pyrole*, *pyrolidine* dan *pyridin*, sebagai bahan baku pembuatan senyawa furan lainnya seperti furfural alkohol, sebagai pelarut dalam pemurnian industri minyak pelumas, minyak nabati dan hewani, resin dan lilin (Pratama & Amraini, 2021). Furfural sendiri dapat dihasilkan dari biomassa yang mengandung banyak pentosan, hemiselulosa, selulosa, dan lignin seperti pada limbah sekam padi, tongkol jagung, alang alang, kulit kacang tanah, kulit biji gandum, tempurung kemiri, limbah ampas tebu dan lainnya (Angelina & Lerrick, 2017).

Pada ampas tebu mengandung α -selulosa 50%, pentosan 30%, lignin 17,6%, dan abu 2,4% (Balaji et al., 2015). Sehingga ampas tebu merupakan salah satu limbah yang dapat digunakan untuk pembuatan senyawa furfural karena memiliki kandungan pentosan dan merupakan komponen utama dalam proses pembuatan senyawa furfural (Shiami & Mitarlis, 2014). Ampas tebu mengandung polisakarida yang dapat diubah menjadi suatu produk atau senyawa kimia yang dapat digunakan untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang dikandung ampas tebu adalah pentosan. Kandungan pentosan yang tinggi memungkinkan ampas tebu untuk diolah menjadi furfural (Andaka, 2013).

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Senyawa furfural ($C_5H_4O_2$) pertama kali ditemukan pada tahun 1832 oleh seorang ahli kimia asal Jerman bernama Johann Wolfgang Döbereiner saat ia mengalirkan uap air melalui kayu asam. Pada tahun 1845, seorang ahli kimia Prancis bernama Auguste Laurent berhasil mengisolasi furfural dari kulit kayu dan memberinya nama "furfural" yang berasal dari bahasa Latin "*furfur*" yang berarti tepung. Pada awal abad ke-20, furfural menjadi bahan baku penting dalam industri kimia karena dapat digunakan untuk membuat sejumlah senyawa organik, termasuk *furfuryl alcohol*, *furan*, dan *tetrahydrofuran* (Situngkir, 2010). Furfural juga dapat diubah menjadi asam furfural, yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi resin furfural dan sebagai agen pengawet dalam makanan dan minuman. Perkembangan selanjutnya terjadi pada tahun 1920-an ketika petani di Amerika Serikat mulai memproduksi furfural dari jagung sebagai alternatif dari kulit kayu yang semakin sulit diperoleh. Pada tahun 1930-an,

produksi furfural dari jagung menjadi populer di Amerika Serikat dan Eropa, dan teknologi produksinya terus ditingkatkan (Astika, 2021).

Proses yang terjadi pada pembuatan furfural adalah proses hidrolisa. Hidrolisa adalah salah satu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan (Kasmiyatun et al., 2021). Furfural diperoleh dari pencernaan bahan yang mengandung pentosan. Pentosan adalah hemiselulosa yang dihidrolisis menjadi pentosa kemudian pentosa mengalami proses siklodehidrasi menjadi furfural (Rezekinta et al., 2021). Proses pembentukan dilakukan dalam reaktor bertekanan dengan perlakuan asam anorganik kuat. Pada proses pembentukan furfural dapat terjadi reaksi samping yang dapat menurunkan produksi furfural yaitu terbentuknya senyawa resin oleh senyawa antara atau oleh furfural itu sendiri dan penghancuran furfural menjadi senyawa yang lebih ringan akibat kelebihan asam (Harris Hafidhuiddin & Fakhrurozi, 2022).

Pada saat ini, furfural masih digunakan dalam berbagai industri, termasuk industri karet, plastik, tekstil, dan farmasi. Namun, produksinya telah berkurang karena bahan baku yang semakin sulit ditemukan dan harga yang semakin tinggi. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode baru untuk produksi furfural dari bahan baku lain, seperti ampas tebu dan limbah pertanian lainnya, sedang dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan baku kayu dan jagung. Menurut Badan Pusat Statistik (2022) kebutuhan Furfural di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1.1 Perkembangan Impor Furfural di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (ton/tahun)
2016	744,06
2017	332,08
2018	1542,26
2019	1146,69
2020	561,75
2021	1027,15
2022	2261,39

BAB 2 PERENCANAAN PABRIK

2.1 Pemilihan Kapasitas

Dalam industri furfural, perencanaan hendaknya mempertimbangkan peluang pasar, ketersediaan dan kelangsungan pasokan bahan baku. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik furfural adalah sebagai berikut:

1. Berikut data ekspor dan impor furfural di Indonesia

Tabel 2.1 Pertumbuhan Impor dan Ekspor Furfural di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/tahun)		Pertumbuhan	
	Impor	Ekspor	Impor	Ekspor
2018	1542,26	2,69	-	-
2019	1146,69	8,21	-0,2565	2,052
2020	561,75	7,63	-0,5101	-0,0706
2021	1027,15	8,58	0,8285	0,1245
2022	2261,39	9,36	1,2016	0,5492
		Rata – rata	0,3159	0,5492

(Sumber: <https://www.bps.go.id> di akses pada 2023_03_25T04_39_31_687Z)

2. Kapasitas Pabrik Furfural yang Sudah Beroperasi di Dunia

Tabel 2.2 Kapasitas Pabrik Furfural yang sudah Beroperasi di Dunia

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Argentina	E.C. Welbers	14500
	Indunor SA	3000
Austria	Lenzig Aktiengesellse	10000
	Haft	
Brazil	Agroquimica Rafard SA	4000-6000
Cina	-	50000
Republik Dominika	Central Romana Co.	3500
Hungaria	Pet Nitrogen Work	2000
Kenya	Kenya Furfural L.td.	5000

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Polandia	Polimex Cekop	5000
Spanyol	Furfural Espanol SA	4500
Slovenia	State Owned Complex	1500

(Sumber: Vitaloka, I. D., & Sari, D. M. 2020)

Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 merupakan data yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas suatu pabrik. Perhitungan nilai tersebut memerlukan persentase pertumbuhan rata – rata tiap tahun dari masing – masing sektor impor, ekspor, produksi, dan konsumsi. Berdasarkan data dari sektor tersebut nantinya akan dimasukkan ke dalam Persamaan 2.1 sebagai berikut (Choirunnisa & Mustain, 2022):

$$F = P(1 + i)^n \quad (2.1)$$

dimana

- F : Jumlah produk pada akhir tahun (Ton)
 P : Jumlah produk pada tahun pertama (Ton)
 i : Pertumbuhan rata – rata per tahun (%)
 n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung pertumbuhan impor, ekspor, produksi, dan konsumsi pada setiap tahunnya, yaitu :

$$\overline{pn} = \frac{P_n - P_{n-1}}{P_{n-1}} \quad (2.2)$$

dimana

- \overline{pn} : Pertumbuhan produksi pada tahun ke-n
 P_n : Produksi pada tahun ke-n
 P_{n-1} : Produksi pada tahun sebelumnya (n-1)

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan (2.1) diperoleh kebutuhan senyawa furfural dari ampas tebu di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 8838 ton/tahun. Sehingga kapasitas dari pabrik furfural yang didirikan pada tahun 2027 sebesar 8900 ton/tahun karena terjadi peningkatan nilai impor dan ekspor yang cukup pesat di tahun 2022. Pabrik yang akan didirikan kapasitasnya harus melebihi atau sama dengan kapasitas dari pabrik yang sudah beroperasi.

2.2 Pemilihan Proses

Perbandingan proses untuk memproduksi senyawa furfural dapat menggunakan proses *batch* dan proses *kontinyu*. Produksi senyawa furfural menggunakan katalis asam kuat. Perbedaan proses *batch* dan *kontinyu* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Perbedaan Proses *Batch* dan *Kontinyu*

Parameter	Proses <i>Batch</i>	Proses <i>Kontinyu</i>
Umpan	Ampas Tebu	Ampas Tebu
Kondisi Operasi	Atmosferik, 128 - 160°C	Reaktor 1 : 1 atm, 70°C Reaktor 2 : 68 atm, 200 - 300°C
Jumlah Reaktor	1	2
Konversi Reaksi	50%	Reaktor 1 : 90% Reaktor 2 : 85%
Produk Samping	Sedikit	Lebih Sedikit
Waktu Tinggal	5 jam	Reaktor 1 : 1 jam Reaktor 2 : 2 – 5 menit
Pemurnian Furfural	Distilasi Azeotropik	Ekstraksi dan Distilasi
Katalis	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)

(Sumber : Wijanarko dkk, 2006)

Kekurangan dari proses *batch* ialah membutuhkan biaya yang cukup besar serta *steam* yang dibutuhkan juga cukup banyak, waktu tinggal di dalam reaktor selama 5 jam dan konversi pentosan menjadi senyawa furfural hanya 50% (David Tin Win, 2005). Proses *kontinyu* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses *batch*. Adapun keunggulan dari proses *kontinyu* ialah :

1. Konversi pentosan menjadi furfural lebih besar yaitu 85% sedangkan pada proses *batch* konversinya hanya 50%.
2. Pada reaktor waktu tinggal cukup singkat sehingga dapat mengurangi hasil produk samping dikarenakan polimerisasi pentosa.
3. Volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil karena waktu tinggal yang singkat dan menggunakan 2 reaktor untuk proses reaksinya.

Sementara kekurangan proses *kontinyu* adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan asam sulfat yang sangat korosif

2. Biaya yang lebih mahal
3. Membutuhkan bahan baku yang banyak

Berdasarkan perbandingan proses pada Tabel 2.3 maka proses produksi senyawa furfural menggunakan proses *kontinyu*.

2.3 Uraian Proses

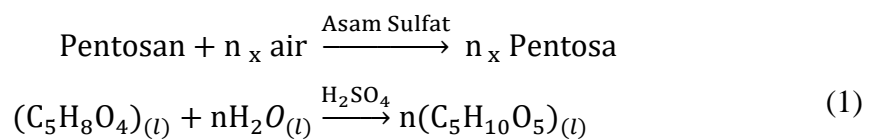
2.3.1 Tahap Perlakuan Awal

Bahan baku yang berupa ampas tebu yang berasal dari gudang penyimpanan (F-110) dibawa ke dalam *Crusher* (C-112) untuk dipotong atau dicacah hingga menghasilkan serbuk ampas tebu dengan ukuran kurang lebih sebesar 3 mm yang diayak dengan menggunakan *screen*. Lalu, hasil potongan tersebut dibawa menuju kolom ekstraktor cair-padat dengan menggunakan *screw conveyor* (J-113). Setelah itu, ampas tebu yang mengandung abu 2,4%, lignin 17,6%, pentosan 30%, selulosa 50% dimasukkan ke dalam kolom ekstraktor (M-140). Setelah itu, ampas tebu diekstraksi dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) untuk memperoleh pentosan yang terkandung didalamnya. Pentosan akan larut dalam asam sulfat dan keluaran dari kolom ekstraktor akan dimasukkan ke dalam *filter press* (H-150) untuk memisahkan sisa potongan ampas tebu dari filtrat pentosan yang larut dalam asam sulfat (H_2SO_4).

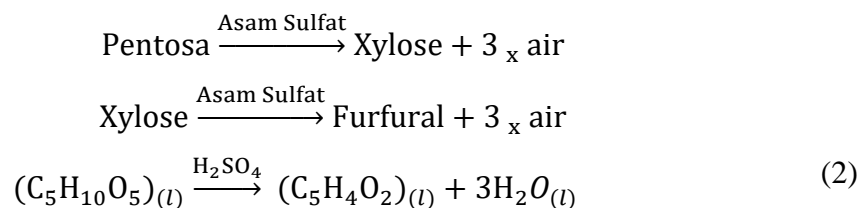
2.3.2 Tahap Reaksi

Setelah dari *filter press* (H-150) kemudian filtrat pentosan dialirkan menuju reaktor, di dalam reaktor I (R-210) terjadi reaksi hidrolisis dan di reaktor II (R-220) terjadi reaksi dehidrasi. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor yaitu sebagai berikut

- Reaksi kimia proses hidrolisis pentosan menjadi pentosa :



- Reaksi kimia proses dehidrasi pentosa menjadi furfural :



(Gebre et al, 2015).

Adapun kondisi operasi reaksi yang terjadi pada reaktor I (R-210) temperatur sebesar 70°C dengan tekanan atmosferik. Sedangkan untuk reaktor II kondisi operasinya yaitu temperatur sebesar 220°C dan tekanannya sebesar 1000 psi dengan waktu tinggal antara 0,5-100 detik (Medeiros, 1985). Reaktor I (R-210) terjadi reaksi hidrolisis yaitu pentosan akan bereaksi menghasilkan pentosa. Reaktor II (R-220) terjadi reaksi dehidrasi yaitu pentosa akan terdehidrasi membentuk senyawa furfural. Pada proses reaksi dehidrasi terdapat penambahan air yang sebelum masuk ke dalam reaktor II (R-220) dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan *heater* (E-221) dengan temperatur 90°C. Keluaran dari reaktor II (R-220) masih mengandung zat pengotor seperti pentosan, sisa pentosa, air, dan asam sulfat. Campuran tersebut harus dimurnikan terlebih dahulu untuk menghilangkan zat – zat pengotornya. Sebelum masuk ke proses pemurnian, filtrat dilewatkan *cooler* (E-223) untuk diturunkan suhunya hingga mencapai titik didih campuran tersebut.

2.3.3 Tahap Pemurnian

Pada tahap *refining* atau pemurnian ini senyawa furfural yang berupa produk utama yang sudah melalui *cooler* (E-223) lalu diumpankan ke dalam kolom ekstraktor (H-310). Pada kolom ekstraktor (H-320) dilakukan penambahan toluena untuk mengikat senyawa furfural dari asam sulfat. Kandungan pengotor lainnya dan air akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Larutan toluena mengikat furfural yang akan dimurnikan dengan menggunakan kolom distilasi (D-330) untuk memisahkan furfural dari toluena. Toluena memiliki titik didih yang lebih rendah dibandingkan dengan furfural. Jadi, toluena akan menjadi produk atas dan menguap lebih dulu. Toluena akan *direct cycle* dan masuk kedalam kolom ekstraksi (H-320). Produk utama keluaran dari kolom distilasi yang berupa furfural tingkat kemurniannya sebesar 98%.

2.4 Spesifikasi Bahan dan Produk

2.4.1 Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1. Ampas Tebu

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan hasil samping dari proses ekstraksi tanaman tebu pada industri gula tebu (*sugar cane*) yang mengandung serat lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ampas tebu yang dihasilkan dari pengolahan tebu sebanyak 32% dari berat tebu giling atau sekitar 10,2 juta ton/tahun (Setiati et

al., 2016). Spesifikasi ampas tebu Tabel 2.7 menunjukkan komposisi kimia dari ampas tebu.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Spesifikasi	Persentase (%)
α -selulosa	50
Pentosan	30
Lignin	17,6
Abu	2,4

(Sumber: Balaji et al., 2015)

2. Asam Sulfat

Tabel 2.5 Spesifikasi Senyawa Asam Sulfat

Spesifikasi	Keterangan
Rumus kimia	H_2SO_4
Wujud	Cair, tidak berwarna, dan berbau
Berat molekul	98,08 g/mol
pH	0,3 pada 49 g/L 25°C
Titik didih	288 °C
Densitas	1,84 g/cm ³ pada 20°C
Viskositas	24 Pa.s pada 20°C

(Sumber: Millipore, 2019)

3. Air

Tabel 2.6 Spesifikasi Senyawa Air

Spesifikasi	Keterangan
Rumus kimia	H_2O
Wujud	Cair, tidak berwarna, dan tidak berbau
Berat molekul	18,02 g/mol
pH	7
Titik didih	100°C
Titik lebur	0°C

Spesifikasi	Keterangan
Densitas	1,00 g/cm ³ pada 20°C
Viskositas	0,952 mPa.s pada 20°C

(Sumber: Millipore, 2015)

4. Toluena

Tabel 2.7 Spesifikasi Senyawa Toluena

Spesifikasi	Keterangan
Rumus kimia	C ₇ H ₈ (C ₆ H ₅ CH ₃)
Wujud	Cair, tidak berwarna, dan bau seperti benze
Berat molekul	92,14 g/mol
pH	Tidak tersedia
Titik didih	110,6°C
Titik lebur	-95°C
Densitas	3,18 g/cm ³ pada 20°C
Viskositas	0,58 mPa.s pada 20°C

(Sumber: Millipore, 2015)

2.4.2 Produk Utama

1. Furfural

Tabel 2.8 Spesifikasi Senyawa Furfural

Spesifikasi	Keterangan
Rumus kimia	C ₅ H ₄ O ₂
Wujud	Cair, berwarna coklat muda
Berat molekul	96,09 g/mol
Titik didih	18,5°C pada 1,33 Hpa
Densitas	1,1563 g/cm ³ pada 25°C
Viskositas	1,49 mPa.s pada 25°C

(Sumber: Millipore, 2006)

2.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak

Keberhasilan dan keberlangsungan kegiatan industri suatu pabrik menyangkut segala faktor produksi dan distribusi produk dipengaruhi oleh letak geografis pabrik. Penentuan lokasi pabrik harus memperhatikan beberapa faktor pertimbangan agar lebih menguntungkan. Lokasi pabrik furfural direncanakan akan di bangun di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, Jawa Timur yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 Faktor utama pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut (Peters, 2003):



Gambar 2.1 Peta Lokasi Pembangunan Pabrik Furfural (Sumber: Google Earth, 2023)

2.5.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang paling penting dalam penentuan lokasi pabrik. Ketersediaan bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat meminimalisir biaya transportasi pengiriman bahan, karena bahan baku bernilai rendah terhadap volume. Semakin besar volume maka besarnya jumlah alat dan biaya untuk transportasi semakin banyak. Bahan baku pembuatan pabrik furfural adalah ampas tebu (*bagasse*) yang diperoleh dari Industri Gula Gempolkrep yang terletak di Kecamatan Gedek, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Pabrik Gula Gempolkrep merupakan salah satu anak perusahaan dari PT. Perkebunan Nusantara X dengan kapasitas produksi tebu giling yang diperkirakan pada Tabel 2.9 Menurut Setiati et al., (2016), potensi *bagasse* yang dihasilkan dari pengolahan tebu sebanyak 32% dari berat tebu giling atau sekitar 10,2 juta ton/tahun. Berdasarkan Tabel 2.9 menunjukkan bahwa sumber bahan baku utama untuk pendirian pabrik furfural sudah

memenuhi. Bahan pendukung berupa asam sulfat dapat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi 1.170.000 ton/tahun.

Tabel 2.9 Perkiraan Jumlah Bagasse dari Pabrik Gula Gempolkrep dan PT. Perkebunan Nusantara X

Bahan	Pabrik Gula Gempolkrep	PT. Perkebunan Nusantara X
Kapasitas		
Produksi Tebu	2.628.000 ton/tahun	3.550.219 ton/tahun
Jumlah <i>bagasse</i>	840.960 ton/tahun	1.136.070 ton/tahun

(Sumber: <http://ptpn10.co.id/>)

2.5.2 Pemasaran Produk

Kemudahan dalam memasarkan produk dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya daya beli, kebutuhan, dan minat masyarakat terhadap suatu produk. Produk furfural dan turunannya (furan, furfural alkohol, dll) banyak digunakan sebagai pelarut dalam industri pengolahan minyak dan pembuatan pelumas pada pembuatan nilon. Kebutuhan furfural di dalam negeri meski tidak terlalu besar namun jumlahnya terus meningkat, sampai saat ini kebutuhan furfural untuk dalam negeri diperoleh dari impor. Impor terbesar diperoleh oleh negara China yang saat ini menguasai 72% pasar furfural dunia (Harris Hafidhuddin & Fakhrurozi, 2022).

2.5.3 Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi alam dan geografis suatu lokasi dapat mempengaruhi kegiatan produksi. Kegiatan produksi harus memperhatikan pengaruh iklim terhadap bahan baku dan kinerja mesin, di mana dengan iklim yang sesuai maka kinerja mesin dapat optimal dan kegiatan produksi dapat meningkat begitu juga sebaliknya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang (2020) Kecamatan Kesamben berada pada ketinggian 34 m di atas permukaan laut dengan iklim tropis dengan curah hujan relatif rendah berkisar antara 1750-2500 mm. Secara umum, iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil dan tidak adanya perubahan signifikan pada suhu, sehingga lokasi pabrik cukup berpotensi di Kecamatan Kesamben.

2.5.4 Sarana Transportasi

Sarana transportasi digunakan untuk pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung, serta distribusi produk yang dihasilkan. Pemilihan lokasi pabrik yang baik

adalah mudah dijangkau oleh beberapa moda transportasi dan dekat dengan jalan raya atau jalan utama. Sebagian besar jalur darat di Kecamatan Kesamben sangat memadai karena didukung dengan jaringan jalan tol Jombang-Mojokerto dan jalan tol Mojokerto-Kertosono yang strategis.

2.5.5 Ketersediaan Utilitas

Unit utilitas merupakan unit yang menunjang kegiatan operasional suatu pabrik. Ketersediaan utilitas meliputi air, energi, dan pengolahan limbah. Kebutuhan air akan dipenuhi dari aliran sungai Brantas yang ada pada Kecamatan Kesamben. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik akan disuplai dari PLN dengan jaringan listrik di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang. Pabrik juga perlu menyiapkan unit generator untuk berjaga-jaga jika terjadi pemadaman. Pengolahan limbah akan dilakukan oleh pabrik dengan membangun instalasi Unit Pengolahan Limbah (UPL).

2.5.6 Ketersediaan Tenaga Kerja

Ditinjau dari data oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2020, Jumlah penduduk Kabupaten Jombang Tahun 2020 diperkirakan mencapai 697.290 jiwa. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Kabupaten Jombang 2020 mencapai 7,48% (52.169 orang) mengalami kenaikan dibanding TPT 2019 yakni sebesar 4,39% (30.286 orang). Berdasarkan berita statistik yang dipublikasikan Badan Pusat Statistik pada 29 Mei 2023, jumlah penduduk angkatan kerja dan bukan angkatan kerja pada tahun 2020 berdasarkan pendidikan tertinggi yang ditamatkan dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut:

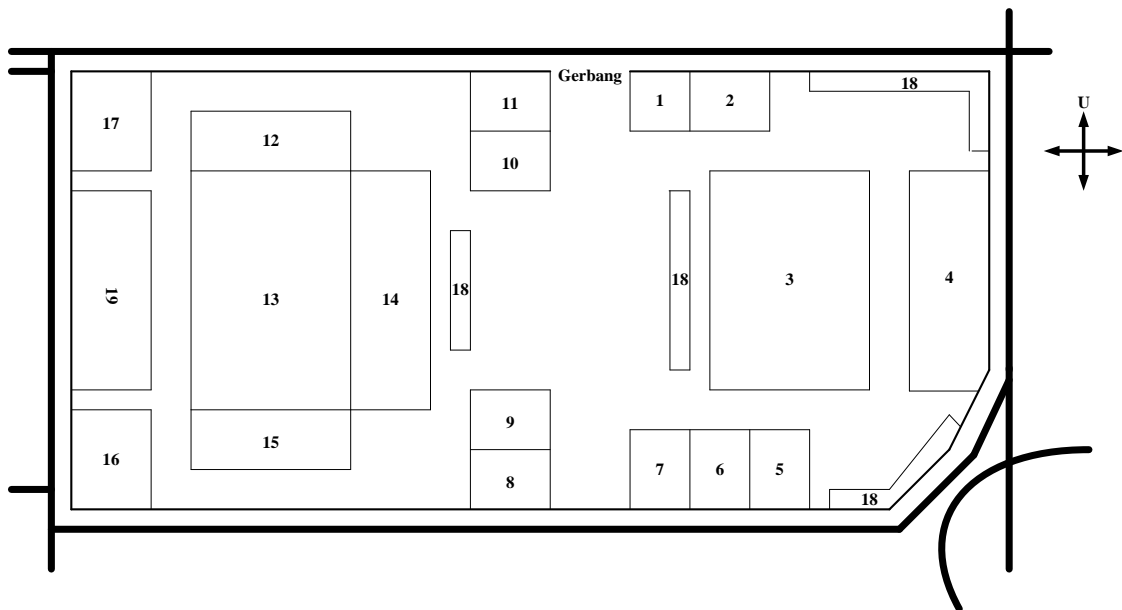
Tabel 2.10 Tingkat Pendidikan Masyarakat di Kabupaten Jombang

Pendidikan Ditamatkan	Jumlah Penduduk (jiwa)					
	Bekerja		Pengangguran		Jumlah	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1. <= SD	212.796	211.564	9.663	12.468	222.459	224.032
2. SMP	163.884	154.949	5.197	13.597	169.081	168.546
3. SMA	120.184	117.176	7.424	11.019	127.608	128.195
4. SMK	104.467	99.426	6.877	12.943	111.344	112.369
5. Diploma I/II/III	9.371	8.766	0	0	9.371	8.766
6. Sarjana	48.130	53.240	1.125	2.142	49.255	55.382

Pendidikan Ditamatkan	Jumlah Penduduk (jiwa)					
	Bekerja		Pengangguran		Jumlah	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Jumlah	658.832	645.121	30.286	52.169	689.118	697.290

(Sumber : BPS Kabupaten Jombang, 2020)

2.5.7 Tata Letak Pabrik



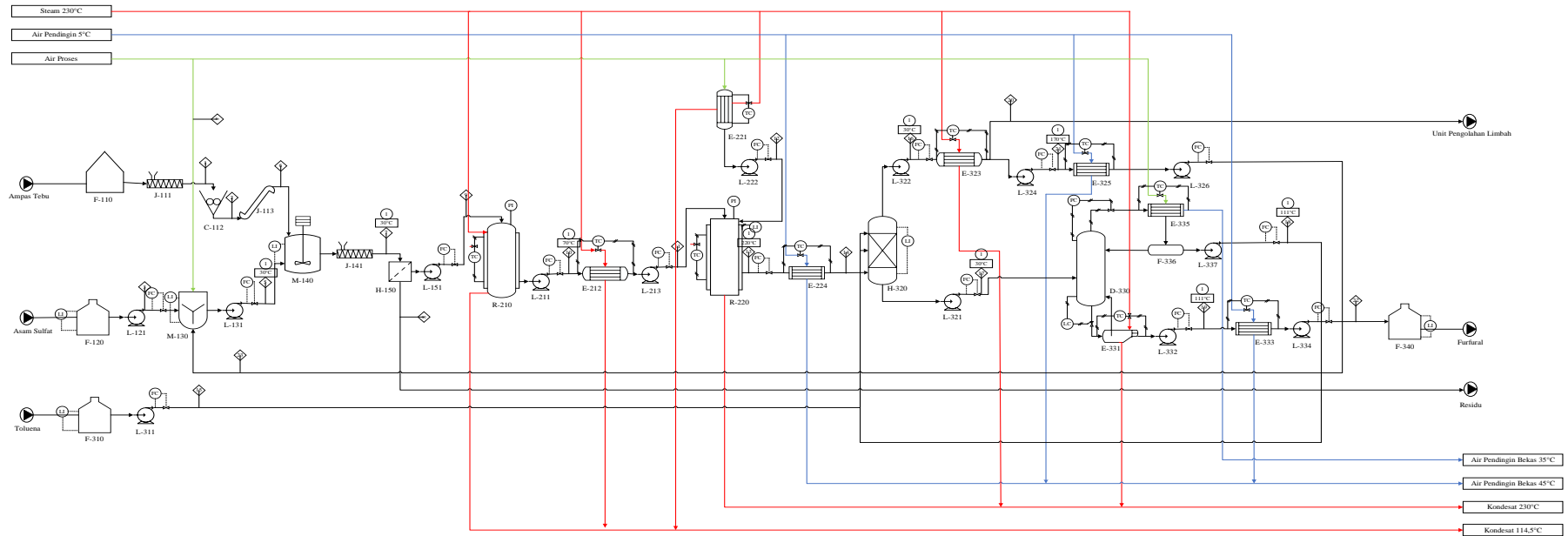
Gambar 2.2 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Pos satpam | 11. Area parkir kendaraan berat |
| 2. Area parkir | 12. <i>Storage</i> bahan baku |
| 3. Lapangan/titik kumpul | 13. Unit Operasi |
| 4. Kantor | 14. <i>Control room</i> |
| 5. Kantin | 15. <i>Storage</i> produk |
| 6. Mushola | 16. Pemadam kebakaran |
| 7. Klinik | 17. Utilitas |
| 8. K3 | 18. Taman |
| 9. Laboratorium | 19. Area perluasan |
| 10. Bengkel | |

BAB 3 NERACA MASSA DAN ENERGI

NERACA MASSA PRA-RANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN KAPASITAS 8.900 TON/TAHUN



kg/jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
Alpha selulosas	27876,6	27876,6				27876,6	27876,6	27876,6																	
Pentosan	16725,9	16725,9				16725,9	26018,1	1821,0	24197,0	22019,0	22019,0		22019,0	22019,0							22019,0				
Lignin	9812,5	9812,5				9812,5	9812,5	9812,5																	
Alu	1338,1	1338,1				1338,1	1338,1	1338,1																	
H ₂ SO ₄			104,5		1492,8		1492,8	104,5	1388,3	1388,3	1388,3		1388,3	1388,3								1388,3		1388,3	
H ₂ O			2565,7	7003,8	9657,8		365,6	25,6	340,0	43,0	43,0	4357,0	5157,3	5157,3	32,5	5189,8					5102,0	88,2		88,2	
C ₆ H ₁₀ O ₂													2474,7	2474,7		371,2	371,2				371,2				
C ₂ H ₄ O ₂													1346,2	1346,2		233,0	1113,3	22,3	1091,0		233,0			1091,0	
C ₂ H ₅ CH ₃															22,3	1593,4	1571,1	22,3						22,3	

kJ/Jam	Reaktor I	Heater I	Heater II	Reaktor II	Cooler I	Kolom Distilasi	Kondensor	Reboiler	Vaporizer	Cooler II	Cooler III
Masuk	3441222157,4	1509360,4	1817497,6	1554987,7	10916965,5	1168334,0	74045,6	452067,7	1069556,7	342525,7	269639,5
Keluar	3441222158,4	1509361,4	1817498,6	1554988,7	10916966,5	1168335,0	74046,6	452068,7	1069557,7	342526,7	269640,5

Kode	Keterangan
F	Tangki
J	Conveyor
C	Crusher
M	Mixer
L	Pompa
H	Ekstraktor
R	Reaktor
E	Heat Exchanger
D	Distilasi

Simbol	Keterangan
LI	Level Indikator
FC	Flow Control
TC	Temperature Control
PC	Pressure Control
PI	Pressure Indikator

PROGRAM STUDI SI TEKNIK KIMIA
 JURUSAN TEKNIK MESIN
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS JEMBER
 2023

Process Flow Diagram :
 PRA-RANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI AMPAS
 TEBU (BAGASSE) KAPASITAS 8.900 TON/TAHUN

Dibuat oleh :
 Sinta Wulandari NIM. 191910401018
 Rizki Mahendra Putra NIM. 191910401031
 Putri Vindianiasari NIM. 191910401039

Dosen Pembimbing Utama :
 Ir. Mera-Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.
 Dosen Pembimbing Anggota :
 Dr. M. Maknum Muharja Al-Fajri, S.T.

Gambar 3.1 Process Flow Diagram Pembuatan Furfural dari Ampas Tebu

Neraca massa pada pabrik furfural dari ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan neraca energi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Kapasitas produksi	: 8.900 ton/tahun
Waktu operasi/basis	: 330 hari/1 jam
Bahan baku	: 46.313 kg/jam

Tabel 3.1 Neraca Massa Total

Nama Alat	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
<i>Cutting Machine</i>	55753,11	55753,11
Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄	11150,62261	11150,62261
Tangki Pencampuran H ₂ SO ₄ dan Ampas Tebu	66903,73564	66903,73564
<i>Filter Press</i>	66903,73564	66903,73564
Reaktor I	25925,2	25925,2
Reaktor II	30282,1775	30282,1775
Kolom Ekstraksi	31908,05186	31908,05186
<i>Vaporizer</i>	29201,43	29201,43
Kolom Distilasi	2706,622	2706,622
Kondensor	2194,758	2194,758
<i>Reboiler</i>	3308,024	3308,024
Total	326237,5	326237,5

Tabel 3.2 Neraca Energi Total

Nama Alat	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Reaktor I	3441222157,4	3441222157,4
<i>Heater I</i>	1509360,4	1509360,4
<i>Heater II</i>	1817497,6	1817497,6
Reaktor II	1554987,7	1554987,7
<i>Cooler I</i>	10916965,5	10916965,5
Kolom Distilasi	1168334,0	1168334,0
Kondensor	74045,6	74045,6

<i>Reboiler</i>	452067,7	452067,7
<i>Vaporizer</i>	1069556,7	1069556,7
<i>Cooler II</i>	342525,7	342525,7
<i>Cooler III</i>	269639,5	269639,5
Total	3460397138	3460397138

BAB 4 SPESIFIKASI ALAT

4.1 Gudang Penyimpanan Ampas

Tebu (*bagasse*)

Tabel 4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Ampas Tebu (*bagasse*)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: F-110
	: Tempat penampungan bahan baku ampas
Fungsi	tebu sebagai persediaan bahan baku produksi furfural
Waktu Tinggal	: 1 minggu
	: <i>Housing</i> dengan fondasi berbentuk persegi panjang dengan atap tertutup
Bahan	: Beton
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 8561 m ³
Luas	: 13164 ft ²
Kebutuhan Tinggi	: 23 ft
Gudung Panjang	: 114 ft
Gudang	

Lebar : 114 ft

Gudang

Harga (\$) : 18.000

4.2 *Screw Conveyor*

Tabel 4.2 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: J-111
	: Transportasi ampas tebu ke <i>cutting machine</i> (C-112)
Fungsi	
Tipe	: <i>Horizontal screw conveyer</i>
Bahan	: Baja karbon
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 34,5421 ft ³ /s
Panjang	: 39 ft
Daya	: 4 Hp
Harga (\$)	: 18.500

4.3 *Cutting Machine*

Tabel 4.3 Spesifikasi *Cutting Machine*

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: C-112
	: Mengecilkan ukuran ampas tebu sebelum
Fungsi	

Spesifikasi	Keterangan
	masuk tangki pencampuran (M-130)
Tipe	: <i>Rotary knife</i>
Bahan	: Baja karbon
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Diameter	: 20 μm
Umpan	
Diamater	: 8 μm
Akhir	
Daya	: 18 Hp
Harga (\$)	: 20.200

4.4 *Bucket Elevator*

Tabel 4.4 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: J-113
Fungsi	: Mengangkut kulit ampas tebu dari <i>cutting machine</i> (C-112) menuju mixer (M-130)
Waktu Tinggal	: 1 hari
Jenis	: <i>Spaced-bucket centrifugal- discharge elevator</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: Baja karbon
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 69 ton/jam
Tinggi	: 25 ft
Elevator	
Ukuran	: 246 in
Jarak Antara	: 12 in
<i>Bucket</i>	
Kecepatan	: 1 m/s
<i>Bucket</i>	
Kecepatan	: 43 rpm
Putaran	
Lebar <i>Belt</i>	: 7 in
Daya	: 4 Hp
Harga (\$)	: 18.800

4.5 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Tabel 4.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: F-120
Fungsi	: Menyimpan asam sulfat untuk kebutuhan 30 hari
Waktu Tinggal	: 1 hari

Spesifikasi	Keterangan
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Konstruksi	: <i>SA-240 steel</i>
Jenis	: <i>Double welded</i>
Sambungan	: <i>butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 705 m ³
Diameter	: 27 ft
Tinggi	: 47 ft
Tangki	
Tebal Shell per course	
<i>Course 1</i>	: 1,45 in
<i>Course 2</i>	: 1,23 in
<i>Course 3</i>	: 0,998 in
<i>Course 4</i>	: 0,77 in
<i>Course 5</i>	: 0,54 in
<i>Course 6</i>	: 0,32 in
Tebal Head Atas	: 0,23 in
Harga (\$)	: 148.600

4.6 Pompa

Tabel 4. 6 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-121
Fungsi	: Memompa asam sulfat dari tangki

Spesifikasi	Keterangan
Tipe	: (F-120) ke mixer (M-130)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	: <i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 3 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 8.100

4.7 Tangki Pengenceran Asam

Sulfat (H₂SO₄)

Tabel 4.7 Spesifikasi Tangki Pengenceran Asam Sulfat (H₂SO₄)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: M-130
Fungsi	: Mencampur asam sulfat dan ampas tebu untuk kebutuhan 1 jam proses berlangsung
Waktu Tinggal	: 1 jam
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Stainless stell</i>
Konstruksi	<i>SA-240</i>
Jenis	: <i>Double welded</i>
Sambungan	<i>butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 12,5 m ³
Diameter	: 6 ft
Tinggi	: 6 ft
Tangki	
Tebal <i>Shell</i>	: 1 in
Tebal <i>Head</i>	: 1 in
Atas	
Jenis	: Turbin daun
Penganduk	enam datar
Jumlah <i>Baffle</i>	: 4 buah
Diameter	: 0,65 m
<i>Impeller</i>	
Tinggi Turbin	: 0,65 in
Panjang	: 0,16 m
<i>Blade</i>	
Lebar <i>Blade</i>	: 0,13 m
Kecepatan	: 10 rps
Pengadukan	
Daya	: 8 Hp
Harga (\$)	: 143.200

4.8 Pompa

Tabel 4.8 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-131

Spesifikasi	Keterangan
	: Memompa asam sulfat (H ₂ SO ₄) dari mixer (M-130) ke mixer (M-140)
Fungsi	
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 6 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 1 Hp
Harga (\$)	: 8.300

4.9 Tangki Pencampuran Asam

Sulfat (H₂SO₄) dan Ampas Tebu (*bagasse*)

Tabel 4.9 Spesifikasi Tangki

Pencampuran Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Ampas Tebu (*bagasse*)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: M-140
Fungsi	: Mencampur asam sulfat dan ampas tebu
Waktu	: 1 jam
Tinggal	
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar

Spesifikasi	Keterangan
	dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Stainless stell</i>
Konstruksi	<i>SA-240</i>
Jenis	: <i>Double welded</i>
Sambungan	<i>butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 278 m ³
Diameter	: 193 ft
Tinggi Tangki	: 184 ft
Tebal <i>Shell</i>	: 1,5 in
Tebal <i>Head</i>	: 1,5 in
Atas	
Jenis	: Turbin daun
Penganduk	enam datar
Jumlah <i>Baffle</i>	: 4 buah
Diameter <i>Impeller</i>	: 20 m
Tinggi Turbin	: 20 in
Panjang <i>Blade</i>	: 5 m
Lebar <i>Blade</i>	: 4 m
Lebar <i>Baffle</i>	: 5 m
Kecepatan Pengadukan	: 10 rps
Daya	: 7 Hp
Harga (\$)	: 116.700

4.10 Screw Conveyor

Tabel 4.10 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: J-141
Fungsi	: Transportasi campuran ampas tebu dan asam sulfat dari <i>mixer</i> (M-140) menuju <i>filter press</i> (H-150)
Tipe	: <i>Horizontal screw conveyer</i>
Bahan	: Baja karbon
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 7,12 ft ³ /s
Panjang	: 39 ft
Daya	: 0,8 Hp
Harga (\$)	: 18.500

4.11 Filter Press

Tabel 4. 11 Spesifikasi *Filter Press*

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: H-150
Fungsi	: Memisahkan ampas tebu dari larutannya

Spesifikasi	Keterangan
Waktu	: 1 jam
Tinggal	
Tipe	: Filter yang dilengkapi plat-plat
Bahan	: <i>Carbon steel SA-</i>
Konstruksi	<i>36</i>
Jumlah	: 1 unit
Jumlah	: 67885 kg/jam
Umpan	
Volume <i>Cake</i>	: 0,64 m ³
Tebal <i>Cake</i>	: 6 cm
Asumsikan	
Luas	: 9,05 m ²
Penyaringan	
Jumlah <i>Plate</i>	: 10 buah
Jumlah	: 10 buah
<i>Frame</i>	
Harga (\$)	: 11.200

4.12 Pompa

Tabel 4.12 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-151
	: Memompa campuran dari
Fungsi	<i>filter press</i> (H-150) ke reaktor I (R-210)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 10 in sch 80
Efisiensi	: 83%
Motor	
Power Motor	: 3 Hp
Harga (\$)	: 11.900

4.13 Reaktor I

Tabel 4.13 Spesifikasi Reaktor I

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: R-210
	: Tempat terjadi reaksi hidrolisis pentosan menjadi pentosa
Fungsi	
	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bentuk	
	: <i>Mixed flow reactor</i>
Tipe	
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Konstruksi	<i>SA-240</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 307 m ³
Diameter	: 17 ft
Tinggi	: 12 ft

Spesifikasi	Keterangan
Tebal Silinder	: 1,125 in
Tebal <i>Head</i>	: 1,125 in
Jenis Penganduk	: <i>Flat 6 blade</i> turbin
Jumlah Turbin	: 2 buah
Kecepatan Putaran	: 60 rpm
Diameter Pengaduk	: 2 m
Panjang <i>Blade</i>	: 0,4 m
Lebar Daun Pengaduk	: 0,2 m
Lebar <i>Baffle</i> Jarak Pengaduk dari Atas Tangki	: 0,4 m
Jarak Pengaduk dari Bawah Tangki	: 2,07 m
Daya Jaket	: 20 Hp
Jarak Jaket	: ½ in
Diameter Dalam	: 5,21 m
Diameter Luar	: 5,24 m

Spesifikasi	Keterangan
Tebal Silinder Jaket	: 1,125 in
Harga (\$)	: 287.900

4.14 Pompa

Tabel 4.14 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-211
Fungsi	: Memompa campuran dari reaktor I (R-210) ke <i>heater</i> I (E-212)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Commercial steel pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 8 in sch 80
Efisiensi Motor	: 83%
Power Motor	: 3 Hp
Harga (\$)	: 10.200

4.15 Heater I

Tabel 4.15 Spesifikasi *Heater* I

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-212
Fungsi	: Menaikkan temperatur air proses sebelum

Spesifikasi	Keterangan
	masuk ke reaktor II (R-220)
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Dipakai	: Pipa 3 × 2 in IPS
Jumlah	: 1 unit
Annulus	
IPS, No	: 3 in sch 40
<i>Schedule</i>	
ID	: 1,57 in
Pipe	
IPS, No	: 2 in sch 40
<i>Schedule</i>	
OD	: 2,38 in
ID	: 2,067 in
Panjang	: 420,274 ft
<i>Hairpins</i>	
Jumlah	: 18 buah
<i>Hairpins</i>	
Area A	: 261,41 ft ²
Panjang Pipa	: 12 ft
Faktor Pengotor	
Rd Ketetapan	: 0,003
Rd Hitung	: 0,004
Harga (\$)	: 33.500

4.16 Pompa

Tabel 4.16 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-213

Spesifikasi	Keterangan
	: Memompa campuran dari heater I (E-212) ke reaktor II (R-220)
Fungsi	
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 8 in sch 80
Efisiensi	: 83%
Motor	
Power Motor	: 4 Hp
Harga (\$)	: 10.200

4.17 Heater II

Tabel 4.17 Spesifikasi Heater II

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-221
	: Meningkatkan temperatur larutan sebelum masuk ke reaktor II (R-220)
Fungsi	
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Dipakai	: Pipa 2 ½ × 1 ¼ in IPS
Jumlah	: 1 unit
Annulus	

Spesifikasi	Keterangan
IPS, No	: 2 ½ in sch 40
<i>Schedule</i>	
ID	: 2,02 in
Pipe	
IPS, No	: 1 ¼ in sch 40
<i>Schedule</i>	
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 172,1 ft
<i>Hairpins</i>	
Jumlah	: 1 buah
<i>Hairpins</i>	
Area A	: 74,88 ft ²
Panjang Pipa	: 15 ft
Faktor Pengotor	
Rd Ketetapan	: 0,003
Rd Hitung	: 0,0033
Harga (\$)	: 6.900

4.18 Pompa

Tabel 4. 18 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-222
	: Memompa campuran dari
Fungsi	<i>heater</i> II (E-221) ke reaktor II (R-220)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 3,5 in sch 40
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 8.100

4.19 Reaktor II

Tabel 4.19 Spesifikasi Reaktor II

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: R-220
	: Tempat terjadinya reaksi dehidrasi
Fungsi	pentosa menghasilkan furfural
	: Silinder vertikal
Bentuk	dengan alas datar dan tutup datar
Tipe	: <i>Plug flow reactor (PFR)</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA-240, grade M,</i>
Konstruksi	<i>tipe : 316</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 883 m ³
Dimensi Shell	

Spesifikasi	Keterangan
Diameter Shell	: 410 in
Tinggi Shell	: 410 in
Tebal Shell	: ¼ in
Tinggi Tutup	: 103 in
Tebal Tutup	: ¼ in
Dimensi Jaket	
Jarak Jaket	: ½ in
Diameter Dalam	: 421 in
Diameter Luar	: 411 in
Tinggi Jaket	: 410 in
Tebal Jaket	: 1 3/8 in
Luas Area Pendingin	: 6,526 m ²
Bahan	: <i>High alloy steel</i>
Konstruksi	316
Harga (\$)	: 258.500

4.20 Cooler I

Tabel 4.20 Spesifikasi Cooler I

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-223
Fungsi	: Menurunkan temperatur larutan sebelum masuk ke ekstraksi (H-320)

Spesifikasi	Keterangan
Jenis	: 2 shell and 4 tube heat exchanger
Dipakai	: 1 ¼ in OD tube 18 BWG
Jumlah	: 1 unit
Tube Side	
OD	: 1 in
Panjang	: 15 ft
BWG	: 18
Pitch	: 1 ¼ in
Jumlah Tube	: 212
Shell Side	
ID	: 23 ¼ in
Baffle Space	: 5 in
Passes	: 2
HE Area	: 832,5 ft ²
Faktor Pengotor	
Rd	: 0,003
Ketetapan	
Rd Hitung	: 0,004
Harga (\$)	: 11.500

4.21 Tangki Penyimpanan Toluena (C₆H₅CH₃)

Tabel 4.21 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Toluena (C₆H₅CH₃)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: F-310

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	: Menyimpan toluena Selama 30 Hari
Waktu Tinggal	: 1 hari
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Konstruksi	
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 370 m ³
Diameter	: 17 ft
Tinggi	: 30 ft
Tangki	
Tebal Shell per course	
<i>Course 1</i>	: 0,38 in
<i>Course 2</i>	: 0,33 in
<i>Course 3</i>	: 0,28 in
<i>Course 4</i>	: 0,22 in
<i>Course 5</i>	: 0,18 in
Tebal Head Atas	: 0,17 in
Harga (\$)	: 230.000

4.22 Pompa

Tabel 4.22 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-311

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	: Memompa toluena dari tangki (F-310) ke ekstraktor (H-320)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 0,75 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 3.400

4.23 Kolom Ekstraksi

Tabel 4.23 Spesifikasi Kolom Ekstraksi

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: H-320
Fungsi	: Mengekstraksi furfural dengan menggunakan toluena
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Waktu Tinggal	: 1 hari

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Stainless stell SA-</i>
Konstruksi	<i>240</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 39 m ³ /jam
Diameter	: 12 ft
Tinggi	: 17 ft
Tebal <i>Shell</i>	: 0,27 in
Jenis	: <i>Flat 6 blade</i>
Penganduk	<i>turbin impeller</i>
Jumlah	: 4 buah
<i>Baffle</i>	
Diameter	: 4 ft
<i>Impeller</i>	
Panjang	: 12 in
<i>Blade</i>	
Lebar <i>Blade</i>	: 10 in
Jarak	: 50 in
<i>Impeller</i>	
Lebar <i>Baffle</i>	: 12 in
Tebal	: 1 in
Pengaduk	
Jumlah	: 1 buah
<i>Impeller</i>	
Daya	: 3 Hp
Harga (\$)	: 164.500

4.24 Pompa

Tabel 4.24 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-321

Spesifikasi	Keterangan
	: Memompa
	campuran dari
Fungsi	kolom ekstraksi
	(H-320) ke <i>heater</i>
	III (E-322)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 3,5 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 8.100

4.25 Pompa

Tabel 4.25 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-323
	: Memompa
	campuran dari
Fungsi	<i>heater</i> III (E-322)
	ke kolom distilasi
	(D-330)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 3,5 in sch 80

Spesifikasi	Keterangan
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 8.100

4.26 Pompa

Tabel 4.26 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-324
	: Memompa campuran dari
Fungsi	kolom ekstraksi (H-320) ke vaporizer (E-325)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 8 in sch 80
Efisiensi	: 83%
Motor	
Power Motor	: 6 Hp
Harga (\$)	: 10.200

4.27 Vaporizer

Tabel 4.27 Spesifikasi Vaporizer

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-325
Fungsi	: Menaikkan temperatur

Spesifikasi	Keterangan
	campuran dan menguapkan komponen campuran
Jenis	: 1 <i>shell and 2 tube heat exchanger</i>
Dipakai	: 1 in OD tube 18 BWG
Jumlah	: 1 unit
Tube Side	
OD	: 1 in
Panjang	: 15 ft
BWG	: 18
<i>Pitch</i>	: 1 ¼ in
<i>Passes</i>	: 4
Jumlah Tube	: 10
Shell Side	
ID	: 17 ¼ in
<i>Baffle Space</i>	: 5 in
<i>Passes</i>	: 2
HE Area	: 39,27 ft ²
Faktor Pengotor	
Rd	: 0,003
Ketetapan	
Rd Hitung	: 0,006
Harga (\$)	: 30.000

4.28 Pompa

Tabel 4.28 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-326
	: Memompa asam sulfat dari
Fungsi	<i>vaporizer</i> (E-325) ke <i>cooler</i> II (E-327)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 2 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 5.900

4.29 Cooler II

Tabel 4.29 Spesifikasi Cooler II

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-327
	: Menurunkan
Fungsi	temperatur asam sulfat
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Dipakai	: Pipa 2 ½ × 1 ¼ in IPS
Jumlah	: 1 unit

Spesifikasi	Keterangan
Annulus	
IPS, No.	: 2 ½ in sch 40
<i>Schedule</i>	
ID	: 2,02 in
Pipe	
IPS, No.	: 1 ¼ in sch 40
<i>Schedule</i>	
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 29,84 ft
<i>Hairpins</i>	
Jumlah	: 1 buah
<i>Hairpins</i>	
Area A	: 12,98 ft ²
Panjang Pipa	: 15 ft
Faktor Pengotor	
Rd	: 0,003
Ketetapan	
Rd Hitung	: 0,003
Harga (\$)	: 8.300

4.30 Pompa

Tabel 4.30 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-328
	: Memompa asam sulfat dari <i>cooler</i>
Fungsi	II (E-327) ke <i>mixer</i> (M-130)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 2 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 5.900

4.31 Kolom Distilasi

Tabel 4.31 Spesifikasi Kolom Distilasi

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: D-330
	Memisahkan
Fungsi	: furfural dari toluena
Jenis	: <i>Sieve tray</i>
	: Silinder vertikal
Bentuk	dengan alat dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-</i>
Konstruksi	<i>283 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Tinggi	: 1 m
Penyangga	
Jumlah <i>plate</i>	: 10
Tinggi	: 4,5 m
Menara	

Spesifikasi	Keterangan
Tinggi	: 5,5 m
Silinder	
Total	
Diameter	: 7,128 in
dalam	
Jarak Tray	
Atas dengan	: 0,3 m
Tutup	
Jarak Tray	
Bawah	
dengan	: 0,4 m
Tutup	
Tinggi 2	: 0,09 m
Tutup	
Tinggi	: 5,29 m
Menara	
Total	
Tebal Korosi	: 0,063 in
Harga (\$)	: 164.500

4.32 Reboiler

Tabel 4.32 Spesifikasi Reboiler

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-331
	: Meningkatkan suhu campuran
Fungsi	furfural dan toluena sebelum dimasukkan

Spesifikasi	Keterangan
	kembali ke kolom distilasi (D-330)
Jenis	: 1 <i>shell and 2 tube heat exchanger</i>
Dipakai	: ¾ in OD tube 18 BWG
Jumlah	: 1 unit
Tube Side	
OD	: ¾ in
Panjang	: 6 ft
BWG	: 18
<i>Pitch</i>	: 1 in
<i>Passes</i>	: 4
Jumlah Tube	: 40
Shell Side	
ID	: 10 in
<i>Baffle Space</i>	: 5 in
<i>Passes</i>	: 4
HE Area	: 45,33 ft ²
Faktor Pengotor	
Rd	: 0,003
Ketetapan	
Rd Hitung	: 0,003
Harga (\$)	: 18.300

4.33 Pompa

Tabel 4.33 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-332

Spesifikasi	Keterangan
	: Memompa furfural dari <i>reboiler</i> (E-331) ke <i>cooler</i> III (E-333)
Fungsi	
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 2 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 5.900

4.34 Cooler III

Tabel 4.34 Spesifikasi Cooler III

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-333
	: Menurunkan temperatur suhu furfural sebelum masuk ke tangki penyimpanan
Fungsi	
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Dipakai	: Pipa 2 ½ × 1 ¼ in IPS
Jumlah	: 1 unit

Annulus

Spesifikasi	Keterangan
IPS, No.	: 2 ½ in sch 40
<i>Schedule</i>	
ID	: 2,02 in
Pipe	
IPS, No.	: 1 ¼ in sch 40
<i>Schedule</i>	
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 58,56 ft
<i>Hairpins</i>	
Jumlah	: 2 buah
<i>Hairpins</i>	
Area A	: 25,48 ft ²
Panjang Pipa	: 15 ft
Faktor Pengotor	
Rd	: 0,003
Ketetapan	
Rd Hitung	: 0,003
Harga (\$)	: 8.000

4.35 Pompa

Tabel 4.35 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-334
	: Memompa
Fungsi	furfural dari <i>cooler</i> III (E-333) ke tangki (F-340)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 2 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 5.900

4.36 Kondensator

Tabel 4.36 Spesifikasi Kondensator

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: E-335
	: Mengubah fase uap campuran
Fungsi	furfural dan toluena menjadi fase cair
Jenis	: 1 <i>shell and 2</i> <i>tube heat</i> <i>exchanger</i>
Dipakai	: 1 in OD <i>tube</i> 18 BWG
Jumlah	: 1 unit
Tube Side	
OD	: 1 in
Panjang	: 8 ft
BWG	: 18
<i>Pitch</i>	: 1 ¼ in
<i>Passes</i>	: 4

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah <i>Tube</i>	: 14
Shell Side	
ID	: 8 in
<i>Baffle Space</i>	: 5 in
<i>Passes</i>	: 4
HE Area	: 14,68 ft ²
Faktor Pengotor	
Rd Ketetapan	: 0,003
Rd Hitung	: 0,003
Harga (\$)	: 28.800

4.37 Akumulator

Tabel 4.37 Spesifikasi Akumulator

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: F-336
	: Menampung
Fungsi	larutan hasil kondensasi
Bentuk	: Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-</i>
Konstruksi	<i>285 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 2,203 m ³
Diameter	: 0,561 m
Silinder	
Tinggi	: 0,982 m
Silinder	

Spesifikasi	Keterangan
Tebal	: 0,038 m
Silinder	
Diameter	: 0,561 m
Tutup	
Tinggi Tutup	: 0,14 m
Tebal Tutup	: 0,038 m
Tinggi	: 0,982 m
Tangki	
Harga (\$)	: 14.000

4.38 Pompa

Tabel 4.38 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: L-337
	: Memompa toluena dari
Fungsi	kondensor (E-335) ke tangki (F-310)
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Konstruksi	<i>pipe</i>
Jumlah	: 1 unit
Ukuran Pipa	: 2,5 in sch 80
Efisiensi	: 80%
Motor	
Power Motor	: 0,5 Hp
Harga (\$)	: 5.900

4.39 Tangki Penyimpanan Furfural (C₅H₄O₂)

Tabel 4.39 Spesifikasi Tangki
Penyimpanan Furfural (C₅H₄O₂)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	: F-340
Fungsi	: Menyimpan furfural untuk kebutuhan 30 hari
Waktu Tinggal	: 1 hari
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-</i>
Konstruksi	<i>285 grade C</i>
Jenis	: <i>Double welded</i>
Sambungan	<i>butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 883 m ³
Diameter	: 29 ft
Tinggi Tangki	: 50 ft
Tebal Shell per course	
<i>Course 1</i>	: 1,05 in
<i>Course 2</i>	: 0,90 in
<i>Course 3</i>	: 0,76 in
<i>Course 4</i>	: 0,61 in
<i>Course 5</i>	: 0,46 in

Spesifikasi	Keterangan
<i>Course 6</i>	: 0,31 in
Tebal <i>Head</i> Atas	: 0,22 in
Harga (\$)	: 152.800

BAB 5 EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi perancangan pabrik furfural dari ampas tebu dilakukan untuk mengetahui kelayakan pendirian pabrik serta mengetahui keuntungan yang dihasilkan. Pabrik dianggap layak didirikan jika dapat beroperasi dengan baik dan memberikan keuntungan. Dalam perancangan pabrik furfural perlu dibuat evaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Lama waktu pengembalian (*Pay Out Time*)
2. Keuntungan (*Profitability*)
3. Total modal akhir (*Total Capital Investment*)
4. Laju pengembalian modal (*Rate of Return*)
5. Titik impas (*Break Event Point/BEP*)

Tabel 5.1 Parameter Kelayakan Pendirian Pabrik Furfural

Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	31,74%	Lebih besar dari bunga bank (12% < ACF)	Pabrik layak didirikan
<i>Pay Out Time</i> (POT)	3,8 tahun	Kurang dari setengah umur pabrik (POT < 5 tahun)	Pabrik layak didirikan
<i>Nett Profit Over</i> <i>Total Lifetime of the</i> <i>Project</i> (NPOTLP)	\$31.267.695,26	Lebih besar dari TCI	Pabrik layak didirikan
<i>Total Capital Sink</i> (TCS)	\$24.649.643,34	Lebih besar dari TCI	Pabrik layak didirikan
<i>Rate of Return</i> (ROR)	23%	Lebih besar dari bunga bank (12% < ROR)	Pabrik layak didirikan
<i>Discounted Cash</i> <i>Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR)	29,58%	Lebih besar dari bunga bank (12% < DCF-ROR)	Pabrik layak didirikan
<i>Break Event Point</i> (BEP)	50%	40% < BEP < 50%	Pabrik layak didirikan

BAB 6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab-bab terdahulu maka dapat diambil kesimpulan dari analisa studi kelayakan baik secara teknis maupun secara ekonomis pada Pra-Perancangan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (*bagasse*) dengan Kapasitas 8.900 Ton/Tahun ini sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik furfural dari ampas tebu (*bagasse*) adalah 8.900 ton/tahun.
2. Kebutuhan bahan baku ampas tebu (*bagasse*) yang diperlukan adalah 488.397 ton/tahun.
3. Proses produksi senyawa furfural menggunakan proses *kontinyu*.
4. Pembangunan pabrik furfural dari ampas tebu (*bagasse*) direncanakan di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, Jawa Timur.
5. Pabrik didirikan dengan tiga unit proses, yaitu tahap perlakuan awal, tahap reaksi, dan tahap pemurnian.
6. Pabrik layak didirikan berdasarkan evaluasi ekonomi meliputi *Annual Cash Flow* (ACF) sebesar 31,74%, *Pay Out Time* (POT) selama 3,8 tahun, *Rate of Return* (ROR) sebesar 23%, dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 50%.

Dari hasil uraian di atas, ditinjau dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan Pabrik Furfural dari Ampas Tebu (*bagasse*) ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A'an, S. (2021). *Pra Rancang Bangun Pabrik Furfural Dari Tongkol Jagung Dengan Kapasitas 1.200 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Reaktor Dehidrasi*.
- Andaka, G. (2011). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 4(2), 180–188.
- Andaka, G. (2013). Optimasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural. *Jurnal Teknologi Technoscience*, 5(2), 152–161.
- Andaka, G. (2016). Sintesis Furfural Dari Kulit Buah Kapuk Randu Dengan Katalisator Asam Khlorida. *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, 9(1).
- Angelina, M., & Lerrick, R. I. (2017). FURFURIC ACID SYNTHESIS OPTIMASATION OVER ACIDIC HYDROLYSIS OF CANDELNUTSHELL (Aleurites Moluccana). *Jurnal Purifikasi*, 17(2), 77–86.
- Astika, D. T. (2021). *Prarancangan Pabrik Furfural dari Tongkol Jagung dengan Proses Quaker Oats Kapasitas 5.000 ton/tahun (Vol. 41)*.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang (2020). *Data Statistik Ketenagakerjaan Kabupaten Jombang 2020*. diakses dari <https://jombangkab.bps.go.id/subject/6/tenaga-kerja>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang (2020). *Data Statistik Iklim dan Cuaca Kabupaten Jombang 2020*. diakses dari <https://jombangkab.bps.go.id/subject/151/iklim>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Tebu Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2022/11/30/6392bf8e4265949485d85e72/statistik-tebu-indonesia-2021.html>
- Badan Pusat Statistik. (2022). Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor - Ekspor 2022. In *Badan Pusat Statistik*.
- Balaji, A., Karthikeyan, B., & Sundar Raj, C. (2015). Bagasse fiber – The future biocomposite material: A review. *International Journal of ChemTech Research*, 7(1), 223–233.
- Dewi, M. P., & Son, S. M. (2022). *Pembuatan Bioetanol dari ampas Tebu(Bagasse) dengan Proses Hidrolisis Thermal*.
- D Q Kern. (1983). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Furans, T., & Raymond, P. E. (1993). *United States Patent (19). 19*.

- Harrishafidhuddin, M., & Fakhrurozi, M. (2022). *Pra Rancangan Pabrik Furfural Dari Bagasse Kapasitas 20000 Ton/Tahun Pra Rancangan Pabrik*. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/39181%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/39181/17521054.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ina, A. T. (2022). *Pra Rancang Bangun Pabrik Furfural Dari Sekam Padi Dengan Kapasitas 1.700 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Reaktor Dehidrasi*.
- Kasmiyatun, M., Zulaidah, A., Rochana, S., & Muryanto, S. (2021). Hidrolisis Sekam Padi Menjadi Furfural Dengan Berbagai Katalisator Asam. *Neo Teknika ; Jurnal Fakultas Teknik*, 7(2), 12–21.
- Millipore (2006) *Lembar Data Keselamatan Furfural*
- Millipore (2015) *Lembar Data Keselamatan Air*
- Millipore (2019) *Lembar Data Keselamatan Asam Sulfat*
- Millipore (2019) *Lembar Data Keselamatan Toluena*
- Peters, M. . (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (1996). Plant Design And Economic For Chemical Engineers. In *Seminars for nurse managers* (Vol. 2, Issue 4).
- Perry, R. H. (1997). PERRY's Chemical Engineering Handbook. *Perrys' Chemical Engineers' Handbook*, 21.
- Pratama, A., & Amraini, S. Z. (2021). Prarancangan Pabrik Furfural Dari Tandan Kosong Sawit Kapasitas 6000 Ton/Tahun Dengan Disain Alat Utama Reaktor Fluidized Bed. *Jom Fteknik*, 8(1).
- PTPN X (2022). *Data Produksi Tebu PTPN X*. diakses dari <http://ptpn10.co.id/page/unit-usaha#uug>
- Ramadhan, R., Bahri, S., Muarif, A., Jalaluddin, & Nurlaila, R. (2022). Pembuatan Furfural Dari Ampas Tebu Dengan Metode Hidrolisis Menggunakan Katalisator Asam Sulfat. *Chemical Engineering Journal Storage (Cejs)*, 3(2), 1–10.
- Rezekinta, F. A. G., Kasim, A., Nazir, N., & Failisnur, F. (2021). Utilization of mensiang (*Actinoscorpis grosus* L.) as a cellulose-rich material for furfural synthesis. *Jurnal Litbang Industri*, 11(2), 117. <https://doi.org/10.24960/jli.v11i2.7212.117-123>
- Robert, B., & Brown, E. B. (2004). Kesehatan dan Keselamatan Kerja., 1–14.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2016). Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *ETHOS (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian)*, September 2018, 257.

<https://doi.org/10.29313/ethos.v0i0.1970>

- Shiami, M. A., & Mitarlis. (2014). Pembuatan Briket Dari Campuran Blotong Dan Limbah Padat Proses Sintesis Furfural Berbahan Dasar Ampas Tebu. *Unesa Journal Of Chemistry*, 3(3), 104–110.
- Situngkir, D. A. (2010). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Furfural Dari Kulit Kapas Dengan Kapasitas 1.000 Ton/Tahun*.
- Vitaloka, I. D., & Sari, D. M. (2020). Prarancangan Pabrik Furfural Dari Tongkol Jagung Dengan Proses Dehidrasi Pentosa Kapasitas 5.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 3(1), 47-51.
- Widjajanti, R. (2013). Netralisasi Pada Pengolahan Limbah. *Buletin Penelitian*, 17(3), 18–23.
- Win, D. T. (2005). Furfural-gold from garbage. *Au J. Technol*, 8(4), 185-190.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill.
- Zeitsch, K. J. (2000). *The Chemistry and Technology of Furfural and its Many By-Products*. Elsevier Inc, United States of America.

LAMPIRAN

https://drive.google.com/drive/folders/1mGKR_xVT0rQLe9r9519IYD-VuCspiVsY