

**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI BIOMASSA TKKS DENGAN
INTEGRASI PROSES *SUPRAYIELD* DAN EKSTRAKTIF *DIVIDING WALL COLUMN*
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**



TUGAS AKHIR

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Khansa Praningdita Sulisty (40040122650019)

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2026

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman: vokasi@liveundip.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PRA-RANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI BIOMASSA TKKS DENGAN
INTEGRASI PROSES *SUPRAYIELD* DAN EKSTRAKTIF *DIVIDING WALL COLUMN*
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi
pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

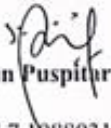
Khansa Praningdita Sulistyono

NIM. 40040122650019

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 6 Mei 2026

Dosen Pembimbing


Anggun Puspiturni Siswanto, S.T., Ph.D.

NIP. H.7.198803152018072001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Khansa Praningdita Sulistyio

NIM : 40040122650019

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Furfural dari Biomassa TKKS dengan Integrasi
Proses *Suprayield* dan Ekstraktif *Dividing Wall Column* Kapasitas
5.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya saya Khansa Praningdita Sulistyio dan Partner Saya Haliza Ramadiani didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 12 Juni 2026



Khansa Praningdita Sulistyio

NIM. 40040122650010

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat serta anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Furfural Dari Biomassa Tkks Dengan Integrasi Proses Suprayield dan Ekstraktif *Dividing Wall Column* Kapasitas 5.000 Ton/Tahun” dengan baik. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, kelancaran, serta kemudahan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Dr. Mohamad Endy Yulianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Universitas Diponegoro.
3. Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., PhD., I.P.P. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penyusunan laporan magang ini.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri atas ilmu dan pembelajaran selama masa perkuliahan.
5. Orang tua, kakak, dan seluruh keluarga penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi kepada penulis.
6. Garinda Aldo Rasyidan, S.Tr.Pas., sebagai pasangan penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Haliza Ramadiani selaku rekan satu kelompok dalam pengerjaan Tugas Akhir ini atas kerja sama, kebersamaan, serta dukungan selama penyusunan tugas akhir.
8. Seluruh rekan Mahasiswa Teknologi Rekayasa Kimia Industri Angkatan 2022 atas dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan.
9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dari awal perkuliahan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan laporan ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Semarang, 15 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Produksi	3
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	16
1.4 Tinjauan Proses.....	23
BAB II	31
DESKRIPSI PROSES	31
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	31
2.2 Konsep Proses.....	38
2.4 Diagram Alir Proses	52
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	53
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	62
BAB III	76
SPESIFIKASI ALAT	76
3.1 Unit Penyimpanan	76
3.2 Unit Reaktor Kimia	78
3.3 Unit Pemisah.....	80
3.4 Unit Pemindah	83
3.5 Unit Penukar Panas.....	85
BAB IV	87
UNIT PENDUKUNG PROSES	87
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	88
4.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	102

4.3	Unit Penyediaan Listrik	102
4.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	109
4.5	Unit Penyediaan Udara Proses dan Instrumentasi	109
4.6	Unit Pengolahan Limbah	110
4.7	Laboratorium	113
4.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	116
BAB V	121
SISTEM MANAJEMEN PERUSAHAAN	121
5.1	Bentuk Perusahaan	121
5.2	Struktur Organisasi Perusahaan	123
5.3	Tugas dan Wewenang	126
5.4	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	133
5.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan	135
5.6	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	136
5.7	Perincian Jumlah Karyawan	143
5.8	Kesejahteraan Karyawan	144
5.9	Sistem Manajemen Rantai Pasok (<i>Supply Chain</i>)	149
5.10	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	150
BAB VI	153
TROUBLESHOOTING	153
6.1	<i>Troubleshooting</i> Pada Unit Penyimpanan	153
6.2	<i>Troubleshooting</i> Pada Unit Pemindah	155
6.3	<i>Troubleshooting</i> Pada Unit Pereaksi	158
6.4	<i>Troubleshooting</i> Pada Unit Pemisah	164
6.5	<i>Troubleshooting</i> Pada Unit Penukar Panas	166
BAB VII	171
ANALISA EKONOMI	171
7.1	Penaksiran Harga Peralatan	171
7.2	Dasar Perhitungan	173
7.3	Perhitungan Biaya	173
7.4	Analisa Kelayakan	178

7.5 Hasil Perhitungan	180
7.6 Pembahasan	185
DAFTAR PUSTAKA	186
LAMPIRAN.....	194
LAMPIRAN NERACA MASSA	194
LAMPIRAN NERACA PANAS	207
LAMPIRAN SPESIFIKASI ALAT	225
LAMPIRAN ANALISA EKONOMI.....	274

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Ekspor dan Impor Furfural di Indonesia (BPS, 2026)	5
Tabel 1.2. Perhitungan kapasitas Furfural menggunakan metode discounted.....	6
Tabel 1.3. Luas tanaman perkebunan tahun 2020-2024 (BPS, 2025)	8
Tabel 1.4. Komponen utama TKKS (Amraini et al., 2023)	9
Tabel 1.5. Perusahaan Kelapa Sawit Besar di Indonesia dan Estimasi Kapasitas Produksi (BPS., 2023).....	11
Tabel 1.6. Data Impor Historis dan Proyeksi Kebutuhan Furfural Negara dalam Satuan Ton (UN Data, 2025).....	12
Tabel 1.7. Daftar perusahaan produsen Furfural di dunia (Elvers et al., 2014).....	13
Tabel 1.8. Daftar konsumen untuk pabrik furfural di Indonesia (Kementerian Perindustrian RI., 2023).....	15
Tabel 1.9. Luas Lahan Menurut Wilayah Pulau Tahun 2024 (BPS, 2024)	17
Tabel 1. 10. Produksi Kelapa Sawit Menurut Wilayah Pulau Tahun 2024 (BPS, 2024)	17
Tabel 1.11. Perbandingan Perhitungan Bahan Baku dan Luas Wilayah (BPS, 2024)	18
Tabel 1.12. Perbandingan proses produksi furfural (Arnold & Buzzard, 2003)	27
Tabel 2.1. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Ganing et al., 2024).....	32
Tabel 2.2. Spesifikasi Air untuk produksi Furfural (Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010; ASTM D1193-06, 2006)	35
Tabel 2.3. Sifat Fisika Furfural (MSDS., 2024)	37
Tabel 2.4. Harga $\Delta H^{\circ}f$ Masing-masing Komponen (Yaws, 1999).....	42
Tabel 2.5. Harga $\Delta H^{\circ}f$ Masing-masing Komponen (Yaws, 1999).....	42
Tabel 2.6. Harga $\Delta G^{\circ}f$ Masing-masing Komponen (Yaws, 1999).....	43
Tabel 2.7. Harga $\Delta G^{\circ}f$ Masing-masing Komponen (Yaws, 1999).....	44
Tabel 2.8. Neraca Massa di Mixer (M-01)	53
Tabel 2.9. Tabel Output Mixer M-01	53
Tabel 2.11. Neraca Massa FT-01	54
Tabel 2.12. Neraca Massa CD-02.....	55
Tabel 2.13. Neraca Massa R-02.....	55
Tabel 2.14. Neraca Massa CD-02.....	55
Tabel 2.15. Neraca Massa D-01	56
Tabel 2.16. Neraca Panas di sekitar Mixer (M-01)	56
Tabel 2.17. Neraca Panas di sekitar Mixer (M-01)	57
Tabel 2.18. Neraca Panas di sekitar Reaktor (R-01)	57
Tabel 2.19. Neraca Panas di sekitar FT-01.....	58
Tabel 2.20. Neraca Panas di sekitar HE-02	59
Tabel 2.21. Neraca Panas di sekitar R-02.....	60
Tabel 2.22. Neraca Panas di sekitar Kondensor (CD-02).....	61
Tabel 2.23. Neraca Panas di sekitar Destilasi (D-01).....	61
Tabel 2.24. Daftar bangunan beserta luas lahan (Penulis, 2026)	65

Tabel 3.1. Spesifikasi Tangki Penyimpanan	77
Tabel 3.2. Spesifikasi Reaktor	79
Tabel 3.3. Spesifikasi Distilasi (D-01)	81
Tabel 3.4. Spesifikasi Pompa Sentrifugal.....	84
Tabel 3.5. Spesifikasi <i>heat exchanger</i> (HE-01).....	85
Tabel 4.1. Syarat Mutu Air Pendingin (ASME Water Quality Standard., 2016).....	94
Tabel 4.2. Kebutuhan Cooling Water Berdasarkan Neraca Panas	95
Tabel 4.3. Perhitungan Kehilangan Air dan Kebutuhan Make Up Water Pendingin.....	95
Tabel 4.4. Persyaratan Kualitas Air Umpan Boiler (Branan, 1976).....	96
Tabel 4.5. Kebutuhan Steam dan Air Umpan Boiler Berdasarkan Neraca Panas	97
Tabel 4.6. Rekapitulasi Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	98
Tabel 4.7. Standar Baku Mutu Air Higiene Sanitasi (Permenkes RI No. 32 Tahun 2017).....	99
Tabel 4.8. Perhitungan Kebutuhan Air Sanitasi/Domestik.....	100
Tabel 4.9. Parameter Desain dan Hasil Perhitungan Sistem Air Hydrant	101
Tabel 4.10. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas	103
Tabel 4.11. Kebutuhan Listrik Utilitas(Penulis, 2026).....	104
Tabel 4.12. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan (Penulis, 2026).....	105
Tabel 4.13. Kebutuhan Ruang untuk AC (Penulis, 2026)	106
Tabel 4.14. Kebutuhan Listrik Total (Penulis, 2026)	107
Tabel 4.15. Jenis APD dan Spesifikasi.....	119
Tabel 5.1. Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	136
Tabel 5.2. Penggolongan Jabatan dan Prasyarat Pendidikan.....	137
Tabel 5.3. Jumlah dan Penggolongan Gaji Karyawan (KGSU, 2021)	139
Tabel 5.4. Perincian Jumlah Karyawan (Penulis, 2026).....	143
Tabel 5.5. Komponen SCM pada Pabrik Furfural.....	150
Tabel 6.1. <i>Troubleshooting</i> pada Unit Penyimpanan (T-06).....	153
Tabel 6.2. <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemisah (P-01)	156
Tabel 6.3. <i>Troubleshooting</i> pada Unit Reaktor Pra-Hidrolisis (R-01)	159
Tabel 6.4. <i>Troubleshooting</i> Pada Unit Pemisah	164
Tabel 6.5. <i>Troubleshooting</i> pada Unit Penukar Panas (HE-01)	166
Tabel 7.1. Indeks CEPCI dari tahun 2000 hingga 2030	172
Tabel 7.2. Total Biaya Physical Plant Cost (PPC).....	180
Tabel 7.3. Biaya <i>Engineering and Construction</i>	180
Tabel 7.4. <i>Fixed Capital Investment</i>	180
Tabel 7.5. <i>Working Capital Investment</i>	181
Tabel 7.6. <i>Total Capital Investment</i>	181
Tabel 7.7. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	181
Tabel 7.8. <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	182
Tabel 7.9. <i>Total Manufacturing Cost</i>	182
Tabel 7.10. <i>General Expense</i>	182
Tabel 7.11. <i>Total Production Cost</i>	183

Tabel 7.12. Analisa Kelayakan Pabrik185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik tren impor Furfural tahun 2020-2024	5
Gambar 1.2. Rencana Lokasi Pendirian Pabrik Furfural di Kawasan Industri.....	23
Gambar 2.1. Mekanisme Pembentukan Furfural (Danon et al., 2014).....	38
Gambar 2.2. <i>Process Flow Diagram</i> Produksi Furfural.....	52
Gambar 2.3. Tata Letak Pabrik.....	66
Gambar 2.4. Tata Letak Peralatan Proses (Penulis, 2026)	69
Gambar 3.1. Tangki Penyimpanan Furfural (T-06).....	76
Gambar 3.2. Reaktor R-01.....	78
Gambar 3.3. Menara Distilasi (D-01).....	80
Gambar 3.4. Pompa H ₂ SO ₄ (P-03)	83
Gambar 4.1. Diagram Alir Sumber Air dan Pengolahan Air	89
Gambar 5.1. Struktur Organisasi Perusahaan	125
Gambar 7.1. Nilai CEPCI Indeks dari tahun 2000-2030	173
Gambar 7.2. Grafik Analisa Kelayakan.....	184

INTISARI

Furfural merupakan senyawa kimia penting yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri resin, pelarut selektif, serta intermediate dalam berbagai proses kimia. Kebutuhan furfural yang terus meningkat mendorong perlunya pendirian pabrik furfural berbasis biomassa sebagai upaya pemanfaatan limbah lignoselulosa. Oleh karena itu, dirancang Pabrik Furfural dengan kapasitas 5.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari per tahun. Proses produksi furfural pada pabrik ini menggunakan bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan bantuan katalis asam sulfat melalui proses hidrolisis dan dehidrasi menggunakan metode *SupraYield*. Proses berlangsung dalam beberapa unit utama, yaitu reaktor pra-hidrolisis, reaktor utama, dan kolom distilasi. Untuk menunjang keberlangsungan proses, diperlukan unit utilitas yang meliputi penyediaan air, steam, listrik, bahan bakar, serta udara tekan. Kebutuhan air pendingin sebesar 12.417,50 m³/hari dengan make-up water 404,81 m³/hari, kebutuhan steam sebesar 16.763,91 kg/jam, serta kebutuhan listrik total sebesar 276,58 kW. Sistem utilitas dirancang terintegrasi untuk menjamin efisiensi dan kontinuitas operasi. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi line and staff yang memungkinkan pembagian tugas yang jelas dan efisien. Berdasarkan analisa ekonomi, diperoleh Total Capital Investment (TCI) sebesar Rp441,86 miliar dan biaya produksi total (Total Production Cost) sebesar Rp94,60 miliar per tahun. Hasil evaluasi kelayakan menunjukkan nilai Return on Investment (ROI) setelah pajak sebesar 32,81%, Pay Out Time (POT) selama 2,67 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 17,16%, Shut Down Point (SDP) sebesar 5,74%, serta Internal Rate of Return (IRR) sebesar 14,21%. Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa Pabrik Furfural dari tandan kosong kelapa sawit dengan kapasitas 5.000 ton/tahun layak untuk didirikan, karena mampu memberikan tingkat pengembalian investasi yang memadai dengan periode pengembalian modal yang relatif singkat.

Kata Kunci: Furfural, TKKS, SupraYield.