

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT DENGAN PROSES SSF (*SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION
AND FERMENTATION*) KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi Pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh :

LONA HAMIDAH IHSANI

40040118650013

PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT DENGAN PROSES SSF (*SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION
AND FERMENTATION*) KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik

Disusun Oleh :

LONA HAMIDAH IHSANI

40040118650013

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 17 Oktober 2022

Dosen Pembimbing



Dr. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng.

NIP.198002202005011001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Penyusun : Lona Hamidah Ihsani

NIM Penyusun : 40040118650013

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Prarancangan Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) Kapasitas 100.000 Ton/Tahun.

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/STr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya Lona Hamidah Ihsani 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 dan tanpa paksaan dari siapapun.

Semarang, 17 Oktober 2022



Lona Hamidah Ihsani

NIM. 40040118650013

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul Prarancangan Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) Kapasitas 100.000 Ton/Tahun yang terselesaikan tepat pada waktunya. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mohamad Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
2. Heny Kusumayanti, S.T., M.T., selaku Dosen Wali Kelas Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri
3. Dr. Fahmi Arifan, S.T, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas bimbingan, dan dorongan motivasinya selama ini hingga terselesaikannya laporan tugas akhir (skripsi) ini dengan baik.
4. Para Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri atas bimbingan, dorongan dan ilmu yang tak ternilai harganya.
5. "Papa, Mama, Abang Aji, Vila, Kekasih, serta teman-teman tersayang", sebagai penyemangat bagi saya. Terima kasih atas doa, dukungan, cinta dan kasih sayangnya.
6. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dari awal kuliah hingga terselesainya laporan tugas akhir (skripsi) ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan semua pihak yang memerlukannya.

Semarang, 24 Maret 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
INTISARI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	3
1.2.1 Alasan Pendirian Pabrik.....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.3 Penentuan Kapasitas.....	6
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik.....	9
1.4. Tinjauan Proses.....	11
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	20
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	20
2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	20
2.1.2. Spesifikasi Produk.....	23
2.2. Konsep Proses.....	25
2.2.1. Dasar Reaksi.....	25
2.2.2. Tinjauan Termodinamika.....	26
2.2.3. Tinjauan Kinetika.....	29
2.3. Langkah Proses.....	31
2.3.1. Tahap Persiapan Bahan Baku.....	31
2.3.2. Tahap Sakarifikasi dan Fermentasi.....	33
2.3.3. Tahap Pemurnian Bioetanol.....	33
2.4. Diagram Alir.....	34
2.5. Neraca Massa dan Neraca Panas.....	36
2.5.1. Neraca Massa.....	36
2.5.2. Neraca Panas.....	49
2.6. Tata Letak Pabrik dan Peralatan Proses.....	58

2.6.1. Lay Out Pabrik.....	58
2.6.2. Lay Out Peralatan Proses	61
BAB III SPESIFIKASI ALAT	65
3.1 Unit Pretreatment.....	65
3.2 Unit Reaktor Kimia	66
3.3 Unit Pemisahan.....	67
3.4 Unit Penukar Panas.....	69
3.5 Unit Pemindahan	70
3.6 Unit Penyimpanan	70
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS).....	72
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	72
4.1.1 Unit Pengolahan Air	72
4.1.2 Unit Penyediaan Air.....	75
4.2 Unit Pengadaan Listrik	82
4.3 Unit Pengadaan Bahan Bakar	82
4.4 Unit Pengadaan Steam.....	82
4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan	84
4.6 Laboratorium	84
4.7 Unit Pengolahan Limbah.....	85
4.7.1 Limbah Padat	86
4.7.2 Limbah Cair	86
4.7.3 Emisi Gas	86
4.8 Instrumentasi	87
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	90
5.1 Bentuk Perusahaan	90
5.2 Struktur Organisasi	90
5.3 Tugas dan Wewenang.....	93
5.3.1 Pemegang Saham.....	93
5.3.2 Dewan Komisaris.....	93
5.3.3 Dewan Direksi	93
5.3.4 Staff Ahli	94
5.3.5 Kepala Bagian.....	94
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	95
5.4.1 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	96

5.5	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	97
5.5.1	Jumlah Karyawan dan Gaji.....	99
5.6	Kesejahteraan Sosial Karyawan	102
5.7	Corporate Social Responsibility (CSR).....	103
BAB VI TROUBLESHOOTING		105
6.1	Unit Penyimpanan	105
6.2	Unit Pemindahan	106
6.3	Unit Reaktor	107
6.4	Unit Pemisahan.....	109
6.5	Unit Penukar Panas.....	110
6.6	Emergency Shut Down System (ESDS).....	110
BAB VII ANALISIS EKONOMI		112
7.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	112
7.2	Dasar Perhitungan	113
7.2.1	Penaksiran Modal Industri (Total Capital Investment)	114
7.3	Penentuan Biaya Produksi (Production Cost)	115
7.3.1	Biaya Produksi (Manufacturing Cost).....	115
7.3.2	General Expense	117
7.4	Analisa Kelayakan.....	117
7.4.1	Percent Profit on Sales (POS).....	118
7.4.2	Percent Return on Investment (ROI)	118
7.4.3	Pay Out Time (POT).....	118
7.4.4	Break Even Point (BEP)	119
7.4.5	Shut Down Point (SDP).....	119
7.4.6	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)	120
7.5	Hasil Perhitungan	121
DAFTAR PUSTAKA		122
LAMPIRAN A		127
LAMPIRAN B		160
LAMPIRAN C		203
LAMPIRAN D		277

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Produksi BBM 3 Periode	3
Tabel 1.2. Hasil Pendapatan Indonesia dari Ekspor Migas dan Non Migas Tahun 2022	4
Tabel 1.3. Pabrik Bioetanol di Indonesia	5
Tabel 1.4. Produksi Kelapa Sawit	5
Tabel 1.5. Data Impor Bioetanol di Indonesia	7
Tabel 1.6. Data Ekspor Bioetanol di Indonesia	7
Tabel 1.7. Metode Pretreatment Biomassa Lignoselulosa	12
Tabel 2.1. Komposisi Kimia TKKS	20
Tabel 2.2. Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol	24
Tabel 2.3. Perubahan Entalpi Pembentukan Standar masing-masing komponen	26
Tabel 2.4. Perubahan Energi Gibbs Pembentukan Standar	27
Tabel 2.5. Neraca Massa Silo	37
Tabel 2.6. Neraca Massa di Tangki Pretreatment	38
Tabel 2.7. Neraca Massa Heat Exchanger 1	39
Tabel 2.8. Neraca Massa Filter Press	39
Tabel 2.9. Neraca Massa Tangki Pencucian	40
Tabel 2.10. Neraca Massa Filter Press	41
Tabel 2.11. Neraca Massa Reaktor SSF	42
Tabel 2.12. Neraca Massa Decanter Centrifuge	43
Tabel 2.13. Neraca Massa Heater	44
Tabel 2.14. Neraca Massa Menara Destilasi 1	44
Tabel 2.15. Neraca Massa Menara Destilasi 2	45
Tabel 2.16. Neraca Massa Membran Pervaporasi	45
Tabel 2.17. Neraca Massa Kondensor	46
Tabel 2.18. Neraca Massa Cooler	46
Tabel 2.19. Neraca Massa Overall	47
Tabel 2.20. Neraca Panas Tangki Pretreatment	49
Tabel 2.21. Neraca Panas Heat Exchanger 1	50
Tabel 2.22. Neraca Panas Filter Press	50
Tabel 2.23. Neraca Panas Tangki Pencucian	51
Tabel 2.24. Neraca Panas Filter Press	52
Tabel 2.25. Neraca Panas Reaktor SSF	52
Tabel 2.26. Neraca Panas Decanter	54

Tabel 2.27. Neraca Panas Heat Exchanger 2	55
Tabel 2.28. Neraca Panas Distilasi 1	55
Tabel 2.29. Neraca Panas Distilasi 2	56
Tabel 2.30. Neraca Panas Membran Pervaporasi	57
Tabel 2.31. Neraca Panas Kondenser	57
Tabel 2.32. Neraca Panas Cooler	58
Tabel 2.33. Luas Tanah Bangunan	63
Tabel 3.1. Ringkasan Spesifikasi Tangki Pretreatment	65
Tabel 3.2. Ringkasan Spesifikasi Reaktor	66
Tabel 3.3. Ringkasan Spesifikasi Menara distilasi	67
Tabel 3.4. Ringkasan Spesifikasi Heat Exchanger	69
Tabel 3.5. Ringkasan Spesifikasi Pompa	70
Tabel 3.6. Ringkasan Spesifikasi Tangki Etanol	70
Tabel 4.1. Kualitas Air Proses	75
Tabel 4.2. Parameter Air Pendingin	75
Tabel 4.3. Syarat Air Umpan Boiler	76
Tabel 4.4. Kebutuhan Air	77
Tabel 4.5. Kebutuhan Air untuk Steam	77
Tabel 4.6. Daya yang dibutuhkan untuk peralatan proses	78
Tabel 4.7. Daya yang dibutuhkan untuk pengolahan air	79
Tabel 4.8. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Indoor	79
Tabel 4.9. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Outdoor	80
Tabel 4.10. Luas bangunan yang memerlukan AC	81
Tabel 4.11. Total Kebutuhan Listrik	81
Tabel 4.12. Baku mutu limbah cair untuk industri ethanol	85
Tabel 4.13. Baku mutu gas emisi untuk ketel uap	86
Tabel 5.1. Pembagian Shift Kerja di Bulan Januari - Maret	97
Tabel 5.2. Pembagian Shift Kerja di bulan April - Juni	97
Tabel 5.3. Jabatan dan Pendidikan	98
Tabel 5.4. Rincian Jumlah Karyawan	99
Tabel 5.5. Rincian Karyawan Berdasarkan Jabatan	100
Tabel 6.1 Troubleshooting Unit Penyimpanan	105
Tabel 6.2. Troubleshooting pada Unit Pemindahan	106
Tabel 6.3. Troubleshooting pada Unit Reaktor	107

Tabel 6.4. Troubleshooting pada Unit Pemisahan	109
Tabel 6.5. Troubleshooting pada Unit Penukar Panas	110
Tabel 7.1. Kebutuhan Bahan Baku dan Produk	113
Tabel 7.2. Physical Plant Cost (PPC).....	114
Tabel 7.3. Direct Manufacturing Cost.....	115
Tabel 7.4. Indirect Manufacturing Cost	116
Tabel 7.5. Fixed Manufacturing Cost.....	116
Tabel 7.6. Total Manufacturing Cost	117
Tabel 7.7. Total General Expense	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Sebaran Perkebunan Sawit Provinsi Riau (WWF-Indonesia).....	10
Gambar 1.2. Skema Pretreatment dari Biomassa Lignoselulosa	11
Gambar 1.3. Skema Diagram Proses Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)	14
Gambar 1.4. Skema Diagram Proses SSF	15
Gambar 1.5. Skema Diagram Proses Distilasi Azeotrope.....	16
Gambar 2. 1 Diagram Alir Prarancangan Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 100.000 Ton/Tahun	35
Gambar 2. 2 Diagram Alir Neraca Massa Overall	36
Gambar 2.3. Blok Diagram Neraca Massa pada Silo.....	37
Gambar 2.4. Blok Diagram Neraca Massa pada Tangki Pretreatment.....	38
Gambar 2.5. Blok Diagram Neraca Massa pada Heat Exchanger	38
Gambar 2.6. Blok Diagram Neraca Massa pada Filter Press	39
Gambar 2. 7 Blok Diagram Neraca Massa pada Tangki Pencucian	40
Gambar 2. 8 Blok Diagram Neraca Massa pada Filter Press 2	40
Gambar 2. 9 Blok Neraca Massa Reaktor SSF	41
Gambar 2. 10 Blok Neraca Massa Decanter Centrifuge	42
Gambar 2. 11 Blok Neraca Massa Heater	43
Gambar 2. 12 Blok Neraca Massa Menara Distilasi 1	44
Gambar 2. 13 Blok Neraca Massa Menara Distilasi 2	45
Gambar 2. 14 Blok Neraca Massa Membran Pervaporasi	45
Gambar 2. 15 Blok Neraca Massa Kondensor	46
Gambar 2. 16 Blok Neraca Massa Cooler.....	46
Gambar 2. 17 Blok Diagram Neraca Panas pada Tangki Pretreatment	49
Gambar 2. 18 Blok Diagram Neraca Panas pada Heat Exchanger 1	49
Gambar 2. 19 Blok Diagram Neraca Panas pada Filter Press	50
Gambar 2. 20 Blok Diagram Neraca Panas pada Tangki Pencucian	51
Gambar 2. 21 Blok Diagram Neraca Panas pada Filter Press	51
Gambar 2. 22 Blok Diagram Neraca Panas pada Reaktor SSF.....	52
Gambar 2. 23 Blok Diagram Neraca Panas pada Decanter.....	54
Gambar 2. 24 Blok Diagram Neraca Panas pada Heat Exchanger 2	54
Gambar 2. 25 Blok Diagram Neraca Panas pada Distilasi 1	55
Gambar 2. 26 Blok Diagram Neraca Panas pada Distilasi 2.....	56
Gambar 2. 27 Blok Diagram Neraca Panas pada Membran Pervaporasi.....	56
Gambar 2. 28 Blok Diagram Neraca Panas pada Kondenser.....	57
Gambar 2. 29 Lay Out Pabrik	64
Gambar 4. 1 Bagan Pengolahan dan Distribusi Air	74
Gambar 5. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	92
Gambar 7. 1 Grafik analisis kelayakan ekonomi	121

INTISARI

Bioetanol adalah perusahaan berbentuk PT (Perseroan Terbatas) dengan status perusahaan terbuka yang mengolah bioetanol dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan kapasitas produksi 100.000 Ton/Tahun. Pabrik Bioetanol didirikan pada tahun 2026. Pabrik Bioetanol direncanakan akan didirikan di daerah Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Karena daerah ini memiliki potensi bahan baku kelapa sawit yang sangat besar. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi ini sangat strategis untuk mendapatkan jaminan ketersediaan bahan baku serta dapat mengurangi ongkos transportasi bahan baku yang akan digunakan. Proses produksi yang diterapkan pada pabrik Etilen Oksida ini merupakan proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*). Alat utama yang digunakan dalam proses produksi antara lain Tangki Pretreatment, Reaktor, Menara Destilasi, Cooler, Pompa dan Tangki Penyimpanan Bioetanol. Neraca massa total dari unit proses sebesar 269212,622, sedangkan neraca panasnya sebesar 62337871,18. Unit utilitas yang digunakan sebagai fasilitas penunjang salah satunya pada perancangan pabrik bioetanol kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) dan generator set (genset) sebagai cadangan. Kebutuhan listrik di pabrik ini diperuntukkan pada keperluan proses dan utilitas, penerangan, AC, laboratorium dan instrumentasi. Berdasarkan evaluasi ekonomi pabrik ini diketahui *Persen Return on Investment* sebelum pajak adalah 20,762 % sedangkan setelah pajak 14,53 %. Batas ROI untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimal 11 %. Pay Out Time sebesar 4 tahun 9 bulan. *Break Event Point* pabrik ini adalah 29,1 %, sehingga masih memenuhi syarat *Break Event Point* untuk mendapat kredit dari bank. *Shut Down Point* adalah 8,937 %, artinya jika pabrik memproduksi kurang dari nilai SDP maka operasi harus dihentikan. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (IRR) pabrik ini adalah 21 %, sedangkan bunga deposito di bank hanya sekitar 9–12 %.