

PRARENCANA PABRIK

**PRODUKSI 5-HIDROKSIMETILFURFURAL
(5-HMF) DARI BAHAN BAKU TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT DENGAN KAPASITAS
20 TON/TAHUN**



Diajukan oleh:

Dwiyana Novianti Tanjung	NRP: 5203017001
Erliana Chandra	NRP: 5203017004

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

Nama mahasiswa : Dwiyana Novianti Tanjaya

NRP : 5203017001

telah diselenggarakan pada tanggal 20 Januari 2021 karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

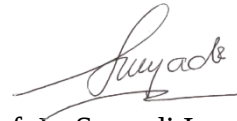
Surabaya, 20 Januari 2021

Pembimbing I,



Ir. Shella Permatasari Santoso,
S.T., Ph.D. IPM.
NIK. 521.17.0971

Pembimbing II,



Prof. Ir. Suryadi Ismadji, MT.,
Ph.D., IPM. ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

Ketua



Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM.
NIK. 521.18.1010

Sekretaris



Shella Permatasari Santoso, Ph.D.
NIK. 521.17.0971

Anggota



Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.
NIK. 521.20.1227

Anggota



Christian Julius Wijaya, S.T., M.T.
NIK. 521.17.0948

Mengetahui

Fakultas Teknik

Dekan



Prof. Ir. Suryadi Ismadji, MT.,
Ph.D., IPM. ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia



Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPM.
NIK. 521.99.0401

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

Nama mahasiswa : Erliana Chandra

NRP : 5203017004

telah diselenggarakan pada tanggal 20 Januari 2021 karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

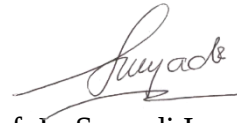
Surabaya, 20 Januari 2021

Pembimbing I,



Ir. Shella Permatasari Santoso,
S.T., Ph.D. IPM.
NIK. 521.17.0971

Pembimbing II,



Prof. Ir. Suryadi Ismadji, MT.,
Ph.D., IPM. ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

Ketua



Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM.
NIK. 521.18.1010

Sekretaris



Shella Permatasari Santoso, Ph.D.
NIK. 521.17.0971

Anggota



Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.
NIK. 521.20.1227

Anggota



Christian Julius Wijaya, S.T., M.T.
NIK. 521.17.0948

Mengetahui

Fakultas Teknik
Dekan



Prof. Ir. Suryadi Ismadji, MT.,
Ph.D., IPM. ASEAN Eng.
NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia



Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPM.
NIK. 521.99.0401

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik**.

Surabaya, 14 Januari 2021

Mahasiswa,



Dwiyana Novianti Tanjaya

5203017001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik**.

Surabaya, 14 Januari 2021

Mahasiswa,



Erliana Chandra

5203017004

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya:

Nama : Dwiyana Novianti Tanjaya

NRP : 5203017001

Menyetujui tugas akhir saya :

Judul :

Produksi 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 20 Ton/Tahun

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta. Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 Januari 2021

Yang menyatakan,



Dwiyana Novianti Tanjaya

5203017001

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya:

Nama : Erliana Chandra

NRP : 5203017004

Menyetujui tugas akhir saya :

Judul :

Produksi 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 20 Ton/Tahun

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta. Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 Januari 2021

Yang menyatakan,



Erliana Chandra

5203017004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kedua penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Pengasih dan Pengampun atas segala berkat, rahmat, dan kemurahan hati-Nya untuk kedua penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarencana Pabrik yang memiliki judul “Prarencana Pabrik 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kapasitas 20 Ton/Tahun” dengan baik. Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat penting untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1) Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis merasa bersyukur dan sadar dalam proses perhitungan dan penulisan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, Kedua penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Shella Permatasari Santoso, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan;
2. Prof. Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D., IPM. ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing II dan Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk diskusi dan memberikan bimbingan dan arahan.
3. Sandy Budi Hartono, S.T. M.Phil., Ph.D. selaku Ketua Jurusan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik , Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, terutama yang telah memberikan pengajaran yang bermanfaat bagi penulisan Tugas Akhir kepada kedua penulis selama tiga setengah tahun terakhir. Semoga ilmu yang telah diajarkan bermanfaat untuk masa depan kedua penulis.
5. Seluruh staf Fakultas Teknik yang secara langsung dan tidak langsung telah banyak berkontribusi dalam membantu kedua penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Orang tua kedua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara material maupun non-material sehingga penulis dapat menjalani perkuliahan sampai tahap akhir dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kolega seangkatan, senior, maupun junior sesama mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan dukungan moral dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, kedua penulis berharap dengan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini dapat bermanfaat dan memiliki sumbangsih terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama bidang teknik dan ekonomi industri terkait. Semoga bermanfaat dan membuka wawasan bagi para pembaca sekalian.

Surabaya, 14 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iv
Lembar Publikasi	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiii
Intisari	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1. Latar Belakang.....	I-1
I.2. Sifat-sifat Bahan Baku Utama dan Produk.....	I-2
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk	I-4
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar	I-5
BAB II URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES	II-1
II.1. Beberapa Pilihan Proses yang Tersedia	II-1
II.2. Pemilihan Proses	II-5
II.3. Uraian Proses	II-8
BAB III NERACA MASSA	III-1
III.1. Neraca massa pada Rotary cutter & Vibrate screen	III-1
III.2. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi steam explosion	III-2
III.3. Neraca massa pada Separator I	III-3
III.4. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi alkali	III-4
III.5. Neraca massa pada Separator II.....	III-4
III.6. Neraca massa pada Reaktor hidrolisis	III-5
III.7. Neraca massa pada Separator III	III-6
III.8. Neraca massa pada Reaktor isomerisasi	III-6
III.9. Neraca massa pada Reaktor dehidrasi	III-7
III.10. Neraca massa pada Tangki ekstraksi	III-7
III.11. Neraca massa pada Separator IV	III-8
III.12. Neraca massa pada Flash tank	III-8
III.13. Neraca massa pada Reaktor dehidrasi	III-7
III.14. Neraca massa pada Tangki ekstraksi	III-7
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
BAB VI LOKASI, TATA LETAK PABRIK & ALAT, INSTRUMENTASI DAN SAFETY.....	VI-1
VI.1. Lokasi Pabrik.....	VI-1
VI.2. Tata Letak Pabrik.....	VI-5
VI.3. Tata Letak Alat Proses.....	VI-10
VI.4. Instrumentasi	VI-12
VI.5. Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan	VI-14
VI.6. <i>Hazard and Operability Studies (HAZOP)</i>	VI-17

BAB VII	UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	VII-1
VII.1.	Unit Penyedia Air.....	VII-1
VII.2.	Unit Pengolahan Air.....	VII-8
VII.3.	Unit Penyedia Listrik	VII-98
VII.4.	Unit Pengolahan Limbah.....	VII-105
VII.5.	Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan.....	VII-14
VII.6.	<i>Hazard and Operability Studies (HAZOP)</i>	VII-17
BAB VIII	DESAIN PRODUK DAN KEMASAN.....	VIII-1
VIII.1.	Desain Produk.....	VIII-1
VIII.2.	Desain Kemasan.....	VIII-1
VIII.3.	Desain Logo	VIII-3
BAB IX	STRATEGI PEMASARAN	IX-1
IX.1.	Strategi Pemasaran	IX-1
IX.2.	Aplikasi di Industri	IX-4
BAB X	STRUKTUR ORGANISASI	X-1
X.1.	Struktur Umum	X-1
X.2.	Bentuk Perusahaan.....	X-1
X.3.	Struktur Organisasi	X-2
X.4.	Pembagian Tugas dan Tanggung jawab	X-4
X.5.	Pembagian Kerja.....	X-13
X.6.	Kesejahteraan Karyawan	X-16
BAB XI	ANALISA EKONOMI.....	XI-1
XI.1.	Penentuan <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	XI-1
XI.2.	Penentuan <i>Total Production Cost (TPC)</i>	XI-3
XI.3.	Analisa Ekonomi dengan Metode <i>Discounted Cash Flow</i>	XI-5
XI.4.	<i>Rate of Return Investment (ROR)</i>	XI-10
XI.5.	Perhitungan <i>Rate of Equity Investment (ROE)</i>	XI-11
XI.6.	<i>Pay Out Time (POT)</i>	XI-12
XI.7.	<i>Break Even Point (BEP)</i>	XI-13
XI.8.	<i>Minimum Acceptable Rate of Return (MARR)</i>	XI-14
XI.9.	Analisa sensitivitas	XI-15
BAB XII	DISKUSI DAN KESIMPULAN	XII-1
XII.1.	Diskusi.....	XII-1
XII.2.	Kesimpulan.....	XII-3
	DAFTAR PUSTAKA	DP-1
	LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	A-1
	LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS	B-1
	LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	C-1
	LAMPIRAN D PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1. Struktur kimia 5-HMF	I-4
Gambar I. 2. Perkembangan Luas Areal & Produksi Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 4014-2018* (SKSI, 2018)	I-7
Gambar II. 1. Hidrolisis selulosa (Jahnavi et al. 2017).....	II-2
Gambar II. 2. Hidrolisis hemiselulosa (Jahnavi et al. 2017).....	II-2
Gambar II. 3. Reaksi isomerisasi (Lutong Jiao, Siyu Sun 2019).....	II-4
Gambar II. 4. Mekanisme reaksi dehidrasi fruktosa - 5-HMF (Wang et al. 2019)..	II-4
Gambar VI. 1. Lokasi Pendirian Pabrik 5-HMF.....	VI-1
Gambar VI. 2. Jarak lokasi pabrik dengan Kebun & Pabrik Kelapa Sawit	VI-2
Gambar VI. 3. Jarak Pabrik 5-HMF dengan PLN Dumai	VI-3
Gambar VI. 4. Jarak pabrik 5-HMF dengan Pelabuhan Wilmar	VI-4
Gambar VI. 5. Tata Letak Pabrik 5-HMF (Skala 1:1250)	VI-9
Gambar VI. 6. Tata Letak Aat Proses	VI-11
Gambar VII. 1. Blok Diagram Unit Pengolahan Air	VII-9
Gambar VII. 2. Flowsheet Unit Pengolahan Air	VII-10
Gambar VII. 3. Skema Aliran Pompa I	VII-12
Gambar VII. 4. Skema Aliran Pompa II	VII-19
Gambar VII. 5. Skema Aliran Pompa III.....	VII-30
Gambar VII. 6. Skema Tangki <i>Sand Filter</i>	VII-37
Gambar VII. 7. Skema Aliran Pompa IV.....	VII-42
Gambar VII. 8. Skema Tangki <i>Kation Exchanger</i>	VII-57
Gambar VII. 9. Skema Aliran Pompa V	VII-62
Gambar VII. 10. Skema Aliran Pompa VI.....	VII-81
Gambar VII. 11. Skema Aliran Pompa VII	VII-91
Gambar VII. 12. Tangki Fonton Pengolah Limbah	VII-107
Gambar VII. 13. Skema Aliran Pompa Limbah Cair	VII-112
Gambar VIII. 1. Kemasan 5-HMF Menggunakan Botol Kaca Coklat	VIII-1
Gambar VIII. 2. Kemasan 5-HMF Menggunakan Drum HDPE	VIII-2
Gambar IX. 1. Kemasan 5-HMF (a) Drum (b) Botol Kaca Coklat	IX-2
Gambar X. 1. Struktur Organisasi PT. DeEr ChemIndo	X-3
Gambar XI. 1. Hubungan antara Kapasitas Produksi dan Laba Sesudah Pajak ...	XI-14
Gambar D. 1. Grafik hubungan antara tahun dengan <i>cost index</i>	D-2

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1. Sifat Fisika TKKS (Eka, 2000)	I-3
Tabel I. 2. Komposisi Kimia TKKS (Richana et al., 2011).....	I-3
Tabel I. 3. Sifat Fisika dan Kimia 5-HMF (Andreia et al., 2011).....	I-4
Tabel I. 4. Data Produksi CPO Setiap Provinsi di Indonesia (SKSI, 2018)	I-6
Tabel II. 1. Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan 5-HMF.....	II-7
Tabel III. 1. Komposisi TKKS.....	III-1
Tabel III. 2. Neraca massa pada Rotarry cutter & Vibrate screen	III-2
Tabel III. 3. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi steam explosion	III-3
Tabel III. 4. Neraca massa pada Separator I	III-3
Tabel III. 5. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi alkali	III-4
Tabel III. 6. Neraca massa pada Separator II.....	III-5
Tabel III. 7. Neraca massa pada Reaktor hidrolisis	III-5
Tabel III. 8. Neraca massa pada Separator III	III-6
Tabel III. 9. Neraca massa pada Reaktor isomerisasi	III-6
Tabel III. 10. Neraca massa pada Reaktor dehidrasi	III-7
Tabel III. 11. Neraca massa pada Tangki ekstraksi	III-7
Tabel III. 12. Neraca massa pada Separator IV	III-8
Tabel III. 13. Neraca massa pada Flash tank	III-8
Tabel IV. 1. Neraca panas pada Reaktor delignifikasi steam explosion.....	IV-1
Tabel IV. 2. Neraca panas pada Separator I	IV-1
Tabel IV. 3. Neraca panas pada Tangki pelarutan NaOH 1%	IV-2
Tabel IV. 4. Neraca panas pada Reaktor delignifikasi alkali.....	IV-2
Tabel IV. 5. Neraca panas pada Separator II	IV-3
Tabel IV. 6. Neraca panas pada Reaktor hidrolisis.....	IV-4
Tabel IV. 7. Neraca panas pada Separator III.....	IV-5
Tabel IV. 8. Neraca panas pada Reaktor isomerisasi.....	IV-5
Tabel IV. 9. Neraca panas pada Reaktor dehidrasi.....	IV-6
Tabel IV. 10. Neraca panas pada Tangki ekstraksi.....	IV-6
Tabel IV. 11. Neraca panas pada Separator IV.....	IV-7
Tabel IV. 12. Neraca panas pada Flash tank.....	IV-7
Tabel IV. 13. Neraca panas pada Coller I.....	IV-8
Tabel IV. 14. Neraca panas pada Coller II	IV-8
Tabel V. 1. Spesifikasi Warehouse TKKS	V-1
Tabel V. 2. Spesifikasi Warehouse $H_3PW_{12}O_{40}$	V-1
Tabel V. 3. Spesifikasi Warehouse TiO_2	V-2
Tabel V. 4. Spesifikasi Belt conveyor	V-2
Tabel V. 5. Spesifikasi Rotarry cutter.....	V-3
Tabel V. 6. Spesifikasi Vibrate screen.....	V-3
Tabel V. 7. Spesifikasi Bucket elevator I	V-4
Tabel V. 8. Spesifikasi Reaktor delignifikasi steam explosion	V-4
Tabel V. 9. Spesifikasi Separator I	V-5

Tabel V. 10. Spesifikasi Bucket elevator II	V-5
Tabel V. 11. Spesifikasi Reaktor delignifikasi alkali	V-6
Tabel V. 12. Spesifikasi Separator II	V-7
Tabel V. 13. Spesifikasi Bucket elevator III	V-7
Tabel V. 14. Spesifikasi Reaktor hidrolisis	V-8
Tabel V. 15. Spesifikasi Separator III	V-9
Tabel V. 16. Spesifikasi Reaktor isomerisasi	V-9
Tabel V. 17. Spesifikasi Reaktor dehidrasi	V-10
Tabel V. 18. Spesifikasi Tangki ekstraksi	V-11
Tabel V. 19. Spesifikasi Separator IV	V-12
Tabel V. 20. Spesifikasi Flash tank	V-12
Tabel V. 21. Spesifikasi Coller I	V-13
Tabel V. 22. Spesifikasi Coller II	V-13
Tabel V. 23. Spesifikasi Tangki produk 5-HMF	V-14
Tabel V. 24. Spesifikasi Tangki NaOH 1%	V-14
Tabel V. 25. Spesifikasi Tangki DCM	V-15
Tabel V. 26. Spesifikasi Pompa I	V-15
Tabel V. 27. Spesifikasi Pompa II	V-16
Tabel V. 28. Spesifikasi Pompa III	V-16
Tabel V. 29. Spesifikasi Pompa IV	V-17
Tabel V. 30. Spesifikasi Pompa V	V-17
Tabel V. 31. Spesifikasi Pompa VI	V-18
Tabel V. 32. Spesifikasi Pompa VII	V-18
Tabel V. 33. Spesifikasi Pompa VIII	V-19
Tabel V. 34. Spesifikasi Pompa IX	V-19
Tabel V. 35. Spesifikasi Pompa X	V-20
Tabel V. 36. Spesifikasi Pompa X1	V-20
Tabel V. 37. Spesifikasi Pompa XII	V-21
Tabel V. 38. Spesifikasi Pompa XIII	V-21
Tabel V. 39. Spesifikasi Belt conveyor II	V-22
Tabel V. 40. Spesifikasi Belt conveyor III	V-22
Tabel VI. 1. Dimensi dan Luasan Area Pabrik 5-HMF	VI-8
Tabel VI. 2. Keterangan Alat di Area Proses	VI-12
Tabel VI. 3. Instrumentasi pada Alat Proses	VI-14
Tabel VII. 1. Kebutuhan Air Proses	VII-3
Tabel VII. 2. Kebutuhan Air Pendingin	VII-4
Tabel VII. 3. Data Massa <i>Saturated Steam</i>	VII-6
Tabel VII. 4. Data Kode Alat dan Keterangan Alat	VII-11
Tabel VII. 5. Kebutuhan <i>Power</i> Peralatan Proses	VII-99
Tabel VII. 6. Kebutuhan <i>Power</i> Peralata Utilitas	VII-100
Tabel VII. 8. Kebutuhan Lumen dan <i>Power</i> Lampu	VII-103
Tabel VII. 9. Komponen masuk Bak Penampung Limbah	VII-106
Tabel X. 1. Perincian Jumlah Karyawan	X-13
Tabel X. 2. Jadwal Kerja Karyawan Shift	X-15

Tabel XI. 1. Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	XI-3
Tabel XI. 2. Depresiasi Alat dan Bangunan	XI-4
Tabel XI. 3. Perhitungan Total Production Cost (TPC)	XI-5
Tabel XI. 4. Keterangan kolom <i>cash flow</i>	XI-6
Tabel XI. 5. <i>Cash Flow</i>	XI-8
Tabel XI. 6. Rate of Return Investment (ROR) Sebelum Pajak	XI-10
Tabel XI. 7. Rate of Return Investment (ROR) Sesudah Pajak.....	XI-11
Tabel XI. 8. Rate of Equity Investment (ROE) Sebelum Pajak	XI-11
Tabel XI. 9. Rate of Equity Investment (ROE) Sesudah Pajak	XI-12
Tabel XI. 10. Pay Out Time (POT) Sebelum Pajak.....	XI-12
Tabel XI. 11. Pay Out Time (POT) Sesudah Pajak	XI-13
Tabel XI. 12. <i>Minimum Acceptable Rate of Return</i> (MARR)	XI-14
Tabel XI. 13. Hubungan Kenaikan Persentase Harga Utilitas terhadap ROR, ROE, POT, MARR dan BEP.....	XI-15
Tabel A. 1. Neraca massa pada Rotary cutter & Vibrate screen	A-4
Tabel A. 2. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi steam explosion	A-6
Tabel A. 3. Neraca massa pada Separator I	A-7
Tabel A. 4. Neraca massa pada Reaktor delignifikasi alkali	A-9
Tabel A. 5. Neraca massa pada Separator II.....	A-11
Tabel A. 6. Neraca massa pada Reaktor hidrolisis	A-13
Tabel A. 7. Neraca massa pada Separator III	A-15
Tabel A. 8. Neraca massa pada Reaktor isomerisasi	A-16
Tabel A. 9. Neraca massa pada Reaktor dehidrasi	A-17
Tabel A. 10. Neraca massa pada Tangki ekstraksi	A-19
Tabel A. 11. Neraca massa pada Separator IV	A-20
Tabel A. 12. Neraca massa pada Flash tank	A-22
Tabel B. 1. Data Konstanta Persamaan Kapasitas Panas Fase Gas (Yaws,1999) ...	B-1
Tabel B. 2. Data Konstanta Persamaan Kapasitas Panas Fase Cair (Yaws,1999)...	B-2
Tabel B. 3. Tabel Kopps Rule komponen (Husrt J.E, Keith Harrison., 1991)	B-2
Tabel B. 4. Tabel Entalpi Pembentukan	B-6
Tabel B. 5. Data Konstanta Persamaan Panas Laten Penguapan (Yaws, 1999).....	B-6
Tabel B. 6. Panas Bahan Masuk Reaktor delignifikasi steam explosion.....	B-7
Tabel B. 7. Panas Bahan Keluar Reaktor delignifikasi steam explosion.....	B-8
Tabel B. 8. Hasil Perhitungan $Q_{in(463)}$	B-10
Tabel B. 9. Neraca panas Reaktor delignifikasi steam explosion.....	B-13
Tabel B. 10. Panas Bahan Masuk Centrifuge Separator I	B-14
Tabel B. 11. Panas Bahan Keluar Centrifuge Separator I	B-15
Tabel B. 12. Neraca Panas Centrifuge Separator I	B-16
Tabel B. 13. Panas Bahan Masuk Tangki Pelarutan NaOH 1%	B-17
Tabel B. 14. Neraca Panas Tangki Pelarutan NaOH 1%.....	B-19
Tabel B. 15. Panas Bahan Masuk Reaktor delignifikasi alkali.....	B-20
Tabel B. 16. Panas Bahan Keluar Reaktor delignifikasi alkali.....	B-21

Tabel B. 17. Hasil Perhitungan $Q_{in(373)}$	B-23
Tabel B. 18. Neraca panas Reaktor delignifikasi alkali.....	B-27
Tabel B. 19. Panas Bahan Masuk Centrifuge Separator II	B-28
Tabel B. 20. Panas Bahan Keluar Centrifuge Separator II	B-29
Tabel B. 21. Neraca Panas Centrifuge Separator II.....	B-30
Tabel B. 22. Panas Bahan Masuk Reaktor hidrolisis.....	B-31
Tabel B. 23. Panas Bahan Keluar Reaktor hidrolisis.....	B-32
Tabel B. 24. Hasil Perhitungan $Q_{in(443)}$	B-34
Tabel B. 25. Neraca panas Reaktor hidrolisis.....	B-38
Tabel B. 26. Panas Bahan Masuk Centrifuge Separator III.....	B-39
Tabel B. 27. Panas Bahan Keluar Centrifuge Separator III.....	B-40
Tabel B. 28. Neraca Panas Centrifuge Separator III.....	B-41
Tabel B. 29. Panas Bahan Masuk Reaktor isomerisasi.....	B-42
Tabel B. 30. Panas Bahan Keluar Reaktor isomerisasi.....	B-43
Tabel B. 31. Hasil Perhitungan $Q_{in(443)}$	B-44
Tabel B. 32. Neraca panas Reaktor isomerisasi.....	B-46
Tabel B. 33. Panas Bahan Masuk Reaktor dehidrasi	B-47
Tabel B. 34. Panas Bahan Keluar Reaktor dehidrasi	B-48
Tabel B. 35. Hasil Perhitungan $Q_{in(443)}$	B-49
Tabel B. 36. Neraca panas Reaktor dehidrasi	B-51
Tabel B. 37. Panas Bahan Masuk Tangki ekstraksi.....	B-52
Tabel B. 38. Panas Bahan Keluar Tangki ekstraksi.....	B-53
Tabel B. 39. Neraca Panas Tangki ekstraksi	B-55
Tabel B. 40. Panas Bahan Masuk Centrifuge Separator IV.....	B-56
Tabel B. 41. Panas Bahan Keluar Centrifuge Separator IV	B-57
Tabel B. 42. Neraca Panas Centrifuge Separator IV	B-58
Tabel B. 43. Panas Bahan Masuk Flash tank.....	B-59
Tabel B. 44. Panas Bahan Keluar Flash tank.....	B-60
Tabel B. 45. Panas penguapan pada Flash tank.....	B-61
Tabel B. 46. Neraca panas Reaktor Flash tank	B-62
Tabel B. 47. Panas Bahan Masuk Cooler I	B-63
Tabel B. 48. Panas Bahan Keluar Cooler I.....	B-64
Tabel B. 49. Panas kondensasi pada Cooler I.....	B-65
Tabel B. 50. Neraca panas Reaktor Cooler I	B-66
Tabel B. 51. Panas Bahan Masuk Cooler II.....	B-67
Tabel B. 52. Panas Bahan Keluar Cooler II.....	B-68
Tabel B. 53. Panas kondensasi pada Cooler II	B-69
Tabel B. 54. Neraca panas Reaktor Cooler II	B-70

Tabel D. 1. <i>Cost Index</i> tahun 1991-2006	D-1
Tabel D. 2. Estimasi Data <i>Cost Index</i> Tahun 2009-2023	D-2
Tabel D. 3. Harga Peralatan Proses	D-3
Tabel D. 4. Biaya Peralatan Utilitas	D-4
Tabel D. 5. Biaya Bahan Baku	D-5
Tabel D. 6. Biaya Bahan Pendukung	D-5
Tabel D. 7. Biaya Prngolahan Air Utilias	D-6
Tabel D. 8. Biaya Listrik Alat Proses	D-8
Tabel D. 9. Biaya Listrik Alat Utilitas	D-9
Tabel D. 10. Biaya Listrik Penerangan	D-10
Tabel D. 11. Harga Jual Produk 5-HMF	D-12
Tabel D. 12. Perhitungan Gaji Karyawan	D-12
Tabel D. 13. Perhitungan Harga Bangunan	D-14

INTISARI

Penipisan cadangan minyak bumi, pemanasan global dan tingginya angka penggunaan minyak bumi, menjadi dorongan dalam upaya pengembangan bahan bakar alternatif dari sumber yang terbarukan. Penggunaan bahan bakar terbarukan menawarkan beberapa keuntungan yaitu adanya potensi pengembangan produk baru (misalnya bahan kimia), emisi polusi yang lebih rendah, dan ketersediaan bahan baku yang berlimpah di alam. Salah satu sumber biomassa yang terdapat dalam jumlah melimpah dan berpotensi sebagai bahan baku untuk bahan bakar adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Hingga saat ini pemanfaatan TKKS belum optimal, dimana umumnya TKKS dibiarkan membusuk menjadi kompos atau dijadikan arang. Pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) dapat memberikan nilai tambah yang sangat signifikan bagi limbah ini. Selain itu TKKS memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan dapat dikonversi menjadi 5-HMF.

Proses produksi 5-HMF dari TKKS adalah delignifikasi *steam explosion*, delignifikasi alkali, hidrolisis, isomerisasi, dan dehidrasi. Proses delignifikasi *steam explosion* menggunakan *steam* dengan temperatur 190 °C selama 15 menit yang bertujuan untuk memisahkan kandungan hemiselulosa menjadi xilosa. Kemudian proses alkaline delignifikasi dengan menggunakan larutan NaOH 1% dengan temperatur 100 °C selama 1 jam bertujuan untuk memecah lignin menjadi p-kumaril-Na, koniferil-Na, dan sinapil-Na. Kemudian proses hidrolisis dilakukan dengan katalis $H_3PW_{12}O_{40}$ untuk memecah selulosa menjadi glukosa pada temperatur 170 °C selama 2 jam. Kemudian dilakukan proses isomerisasi dengan katalis TiO_2 untuk mengubah glukosa menjadi fruktosa pada temperatur 100 °C selama 1 jam. Dan proses terakhir adalah proses dehidrasi dengan katalis TiO_2 untuk menghilangkan air sehingga menghasilkan 5-HMF, dengan temperatur 165 °C selama 1 jam.

Proses pembuatan 5-HMF dengan bahan baku TKKS menawarkan beberapa keuntungan yaitu: proses yang ramah lingkungan dan biaya bahan baku yang rendah. Produk 5-HMF sendiri dapat dikatakan memiliki banyak kelebihan karena produk ini dapat dikonversi lebih lanjut menjadi berbagai bahan kimia bernilai tinggi. Adanya rencana pengembangan berupa perluasan area produksi dan peningkatan kapasitas produksi dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat setiap tahunnya menjadi salah satu langkah positif menuju pembangunan berkelanjutan. Pabrik yang direncanakan ini memiliki keunggulan antara lain proses yang ramah lingkungan, penggunaan bahan baku yang ekonomis (TKKS), produk 5-HMF dengan harga yang bersaing dan biaya produksi yang rendah.

Prarencana pabrik 5-HMF berbahan baku TKKS memiliki rincian sebagai berikut :

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Pabrik	: 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF)
Kapasitas	: 20 ton/tahun
Bahan baku	: Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)
Sistem operasi	: Kontinyu

Utilitas

- Air Sungai : 854,7315 m³/hari
- Listrik : 1.258,6014 kW
- Jumlah tenaga kerja : 103 orang
- Lokasi pabrik : Kawasan Industri Dumai, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai, Provinsi Riau

Analisa ekonomi dengan Metode *Discounted Flow*

- *Rate of Return* (ROR) sebelum pajak : 23,78 %
- *Rate of Return* (ROR) sesudah pajak : 16,73 %
- *Rate of Equity* (ROE) sebelum pajak : 37,28 %
- *Rate of Equity* (ROE) sesudah pajak : 30,01 %
- *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak : 3 tahun 11 bulan 3 hari
- *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak : 4 tahun 10 bulan 20 hari
- *Break Even Point* (BEP) : 45,11 %
- *Minimum Acceptable Rate of Return* (MARR) : 14,83 %

Berdasarkan Analisa ekonomi, dengan penjualan kemasan 5-HMF 2,5L dengan harga Rp6.357.600,00/ton dan kemasan 5-HMF 20L dengan harga Rp11.584.960,00/ton, pabrik ini layak didirikan.