

SKRIPSI

Rancang Bangun Reaktor Tunggal *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) Sebagai *Upgrading* Alat Produksi Bioetanol



**Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah
Skripsi dan Publikasi Ilmiah Program Sarjana Terapan (IV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi DIV Teknik Energi**

**OLEH :
Muhamad Marwansyah
062240412428**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN REAKTOR TUNGGAL *SIMULTANEOUS*
SACCHARIFICATION AND FERMENTATION (SSF) SEBAGAI
UPGRADING ALAT PRODUKSI BIOETANOL**

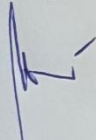
OLEH:

**Muhamad Marwansyah
0622 4041 2428**

Palembang, Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,



**Prof. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NUPTK 0355749650130103**

Pembimbing II,



**Ir. Iriani Reka Septiana, S.ST., M.T.
NUPTK 5254769670230293**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Kimia**



**Tahdid, S.T., M.T.
NIP 197201131997021001**

**Koordinator Program Studi
DIV Teknik Energi**



**Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T
NIP 197804032012122002**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ENERGI

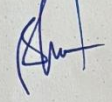
Jalan Sriwaja Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp.0711-353414, Laman : <http://polsri.ac.id>, Pos El : d4energi@polsri.ac.id.

Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
Di Program Diploma IV –Teknik Energi
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
pada Tanggal Rabu, 01 Juli 2026

Tim Penguji:

1. Zurohaina, S.T., M.T.
NUPTK 4050745646230103
2. Idha Silviyati, S.T., M.T.
NUPTK 1061753654230083
3. Boni Junita, S.ST., M.Tr.T.
NUPTK 8853771672230242

Tanda Tangan

()
()
()

Palembang, Juli 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknik Energi



Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NIP. 197804032012122002





KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139 Telp (0711) 353414
Fax. 0711-355918, Email : kimia@polsri.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Marwansyah
NIM : 062240412428
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : DIV Teknik Energi

Menyatakan bahwa dalam penelitian tugas akhir dengan judul Rancang Bangun Reaktor Tunggal *Simultaneous Sacchrification And Fermentation* (SSF) Sebagai Upgrading Alat Produksi Bioetanol, tidak mengandung unsur 'PLAGIAT' sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2026
Penulis,

Pembimbing I,

Prof. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NUPTK 0355749650130103

Muhamad Marwansyah
NIM 062240412428

Pembimbing II,

Ir. Iriani Reka Sepriana, S.ST., M.T.
NUPTK 5254769670230293



ABSTRAK

Rancang Bangun Reaktor Tunggal *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) Sebagai *Upgrading* Alat Produksi Bioetanol

(Muhamad Marwansyah, 2026 : 68 Halaman, 17 Tabel, 59 Gambar)

Peningkatan kebutuhan energi global dan keterbatasan bahan bakar fosil mendorong pengembangan bioetanol sebagai energi terbarukan, di antaranya dari sabut kelapa yang melimpah di Indonesia dan memiliki kandungan selulosa 21,07% serta lignin 29,23%. Penelitian ini bertujuan merancang dan memodifikasi reaktor bioetanol sistem Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF) eksisting menjadi reaktor tunggal sistem *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) dengan pemanas, mengevaluasi kestabilan sistem kontrol suhu Proportional Integral Derivative (PID), serta menganalisis kadar etanol yang dihasilkan dibandingkan metode SHF dan standar mutu SNI 7390:2008. Reaktor dirancang berupa tabung silinder vertikal berbahan stainless steel SS 304 food-grade dengan kapasitas kerja sekitar 7 liter, dilengkapi pengaduk multi-impeller, sensor thermocouple tipe-K, dan kontroler PID ($K_p = 4,2$; $K_i = 0,5$; $K_d = 2,2$). Hasil pengujian menunjukkan sistem PID mampu menaikkan suhu dari 28°C menuju setpoint 35°C dalam waktu 8 menit, dengan overshoot maksimum 2°C (5,71%) dan deviasi suhu rata-rata $\pm 1,0^\circ\text{C}$ setelah kondisi stabil. Proses SSF dengan variasi waktu fermentasi 3, 4, dan 6 hari menghasilkan kadar etanol berturut-turut 16%, 24%, dan 32%, lebih tinggi dibandingkan metode SHF referensi (11–16%) pada rentang waktu yang relatif sama. Hasil analisis GC-MS pada sampel terbaik (hari ke-6) menunjukkan kadar etanol 40,16%. Namun, seluruh parameter mutu produk masih belum memenuhi syarat SNI 7390:2008, terutama akibat kadar air yang masih tinggi, sehingga diperlukan tahap pemurnian lanjutan seperti dehidrasi atau adsorpsi molecular sieve agar mendekati standar bioetanol bahan bakar.

Kata kunci: bioetanol, sabut kelapa, *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF), kontrol suhu PID, SNI 7390:2008

ABSTRAK

Design and Construction of a Single-Reactor Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) System for Upgrading Bioethanol Production Equipment

(Muhamad Marwansyah, 2026 : 68 Pages, 17 Tables, 59 Figures)

The increasing global demand for energy and the depletion of fossil fuel resources have encouraged the development of bioethanol as a renewable energy source. One promising feedstock is coconut coir, which is abundantly available in Indonesia and contains 21.07% cellulose and 29.23% lignin. This study aimed to design and modify an existing Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF) bioethanol reactor into a single-reactor Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) system equipped with a heating unit, evaluate the stability of a Proportional–Integral–Derivative (PID) temperature control system, and analyze the ethanol concentration produced in comparison with the SHF method and the quality requirements of SNI 7390:2008. The reactor was designed as a vertical cylindrical vessel made of food-grade SS 304 stainless steel with an effective working capacity of approximately 7 L. It was equipped with a multi-impeller agitator, a Type-K thermocouple sensor, and a PID controller with parameters of $K_p = 4.2$, $K_i = 0.5$, and $K_d = 2.2$. Experimental results showed that the PID control system successfully increased the reactor temperature from 28°C to the setpoint of 35°C within 8 minutes, with a maximum overshoot of 2°C (5.71%) and an average temperature deviation of $\pm 1.0^\circ\text{C}$ under steady-state conditions. The SSF process, conducted with fermentation periods of 3, 4, and 6 days, produced ethanol concentrations of 16%, 24%, and 32%, respectively, which were higher than those obtained using the reference SHF method (11–16%) over a comparable fermentation period. GC–MS analysis of the best-performing sample (6-day fermentation) revealed an ethanol concentration of 40.16%. However, the resulting bioethanol did not yet satisfy all quality requirements specified in SNI 7390:2008, primarily due to its high water content. Therefore, further purification processes, such as dehydration or molecular sieve adsorption, are required to produce fuel-grade bioethanol that complies with the national standard.

Keywords: *bioethanol, coconut coir, Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF), PID temperature control, SNI 7390:2008.*

MOTTO

Allah memang tidak menjajikan hidupmu akaan selalu mudah tapi dua kali allah berjanji bahwa “ *fa inna ma’al – insri yusra, inna ma’al – usri yusra* ”

“Setiap kesulitan pasti ada kemudahan”

(Qs. Al-insyirah 94:5-6)

“Jalanmu kan sepanjang niatmu”

(Perunggu)

“Aku di lahirkan untuk hal-hal yang besar”

(Muhamad Marwansyah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi tepat pada waktunya. Laporan akhir ini ditulis berdasarkan hasil dari pelaksanaan skripsi mulai dari Studi literatur hingga persiapan perancangan alat dengan judul “Rancang Bangun Reaktor Tunggal *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) Sebagai *Upgrading* Alat Produksi Bioetanol “ . Penyusunan Proposal skripsi ini untuk memenuhi persyaratan seminar hasil akhir skripsi Jurusan Teknik Kimia Program Studi D-IV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam melaksanakan skripsi dan penulisan proposal ini, penulis telah banyak menerima arahan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Dr. Yusri, M.Pd. Wakil Direktur 1 Bidang Akademik Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Lety Trisnaliani, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi DIV Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Prof. Dr. Yohandri Bow, S.T., MS. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah bersedia membimbing selama pelaksanaan Tugas Akhir dan Pengerjaan Proposal Skripsi.
7. Ir. Iriani Reka Septiana, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 dan Pembimbing Akademik yang telah bersedia membimbing selama pelaksanaan Tugas Akhir dan Pengerjaan Proposal Skripsi.
8. Seluruh dosen beserta staf Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

9. Orang tua, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk kelancaran dan kesuksesan pelaksanaan skripsi.
10. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya Cut Diramti Selaku Patner yang telah berkontribusi banyak selama proses perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini, memberikan dukungan baik tenaga, waktu maupun materil. Terimakasih telah menjadua bagian dalam proses ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi
11. Rekan-rekan seperjuangan Tim Penelitian Bioetanol skripsi yang telah bersama-sama saling mendukung dan membantu selama skripsi.
12. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2022 khususnya kelas 8 EGM yang telah memberikan dukungan dan membantu selama skripsi.
13. Teman-teman kos yuk yanti dan Mabes kuto yang telah memberikan semangat dan dukungan selama pengerjaan laporan.
14. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari pembaca, yang tentunya akan mendorong penulis untuk berkarya lebih baik lagi pada kesempatan yang akan datang. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2026

Muhamad Marwasnyah

DAFTAR ISI

ABSTRAK	V
ABSTRAK	VI
MOTTO	VII
KATA PENGANTAR.....	VIII
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biomassa	4
2.2 Sabut Kelapa	4
2.3 Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)	5
2.4 Rancang Bangun Reaktor Bioetanol Sistem SSF.....	6
2.5 Sistem Kontrol Suhu PID pada Bioreaktor	7
2.6 Bioetanol	9
2.7 Proses Pembuatan Bioetanol dari Biomassa Lignoselulosa.....	11
2.8 Metode SHF dan SSF pada Produksi Bioetanol	13
2.9 Parameter Mutu Bioetanol	14
2.10 Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Pendekatan Desain Fungsional	18
3.2 Pendekatan Desain Struktural	20
3.3 Pertimbangan Percobaan.....	23
3.4 Prosedur Percobaan.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil Rancang Bangun Reaktor Bioetanol Sistem SSF	28
4.2 Kinerja Sistem Kontrol Suhu (PID Controller).....	34
4.3 Hasil Produksi Bioetanol Metode SSF dari Sabut Kelapa	37
4.4 Perbandingan Efisiensi Waktu dan Kualitas Produk: SSF vs. SHF	41
4.5 Analisis Kualitas Bioetanol Berdasarkan SNI 7390:2008	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2. 1 Limbah Sabut Kelapa.....	4
2. 2 Diagram Alir Proses Pembuatan Bioetanol.....	10
2. 3 Perbedaan Metode Pembuatan Bioetanol SSF dan SHF	13
3. 1 Desain Reaktor 2 Dimensi	20
3. 2 Desain Reaktor 3 Dimensi	21
3. 3 Rancangan Desain Seperangkat Alat Bioetanol 2D.	22
3. 4 Desain Seperangkat Alat Bioetanol 3D	22
3. 5 Diagram Alir penelitian.....	24
4. 1 Desain reaktor SSF hasil rancang bangun.....	32
4. 2 <i>Foto reaktor SSF hasil rancang bangun</i>	32
4. 3 <i>Foto Sistem Kontrol reaktor SSF hasil rancang bangun</i>	32
4. 4 Foto seperangkat alat bioetanol SSF secara keseluruhan.....	33
4. 5 Grafik respon suhu terhadap waktu pada pengujian sistem PID.....	36
4. 6 Grafik respon P,I, dan D terhadap waktu pada pengujian sistem PID	36
4.7 Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap kadar etanol (%)	39
4. 8 Perbandingan Kandungan Standar Etanol Dengan hasil data Produk Etanol.....	44
4. 9 Perbandingan Titik Nyala Standar Dengan hasil data Produk Etanol.....	44
4. 10 Perbandingan Kadar Air Etanol Dengan hasil data Produk Etanol.....	44
4. 11 Perbandingan Viskositas Etanol Dengan hasil data Produk Etanol	45
4. 12 Perbandingan Desintas Standar Etanol Dengan hasil data Produk Etanol....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2. 1 Komposisi Sabut Kelapa	5
2. 2 Syarat Mutu Bioetanol Berdasarkan SNI 7390:2008.....	15
4. 1 Perbandingan Spesifikasi	28
4. 2 Data Hasil Pengamatan Pid.....	30
4. 3 Hasil Pengujian Respon Sistem Kontrol Suhu PID	30
4. 4 Data Hasil Pengamatan Kadar Etanol Metode SSF	30
4. 5 Data kadar glukosa sisa pada setiap variasi waktu proses SSF.....	31
4. 6 Perbandingan Kualitas Produk Bioetanol SSF vs. SHF	31
4. 7 Perbandingan Kualitas Bioetanol Hasil Penelitian dengan.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
A DATA PENGAMATAN.....	54
B PERHITUNGAN.....	57
C DOKUMENTASI	67
D SURAT-MENYURAT	71