

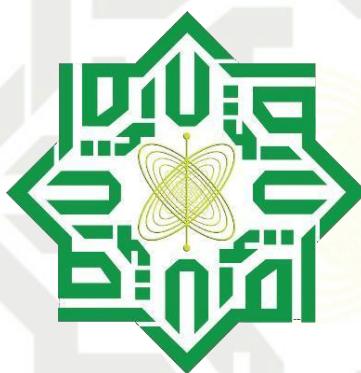


UIN SUSKA RIAU

**ANALISIS PEMANFAATAN BONGGOL JAGUNG MENJADI  
BIOETHANOL UNTUK ENERGI ALTERNATIF**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains Dan Teknologi



**Oleh :**

**SATRIA SANDORIS**  
**11850510521**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

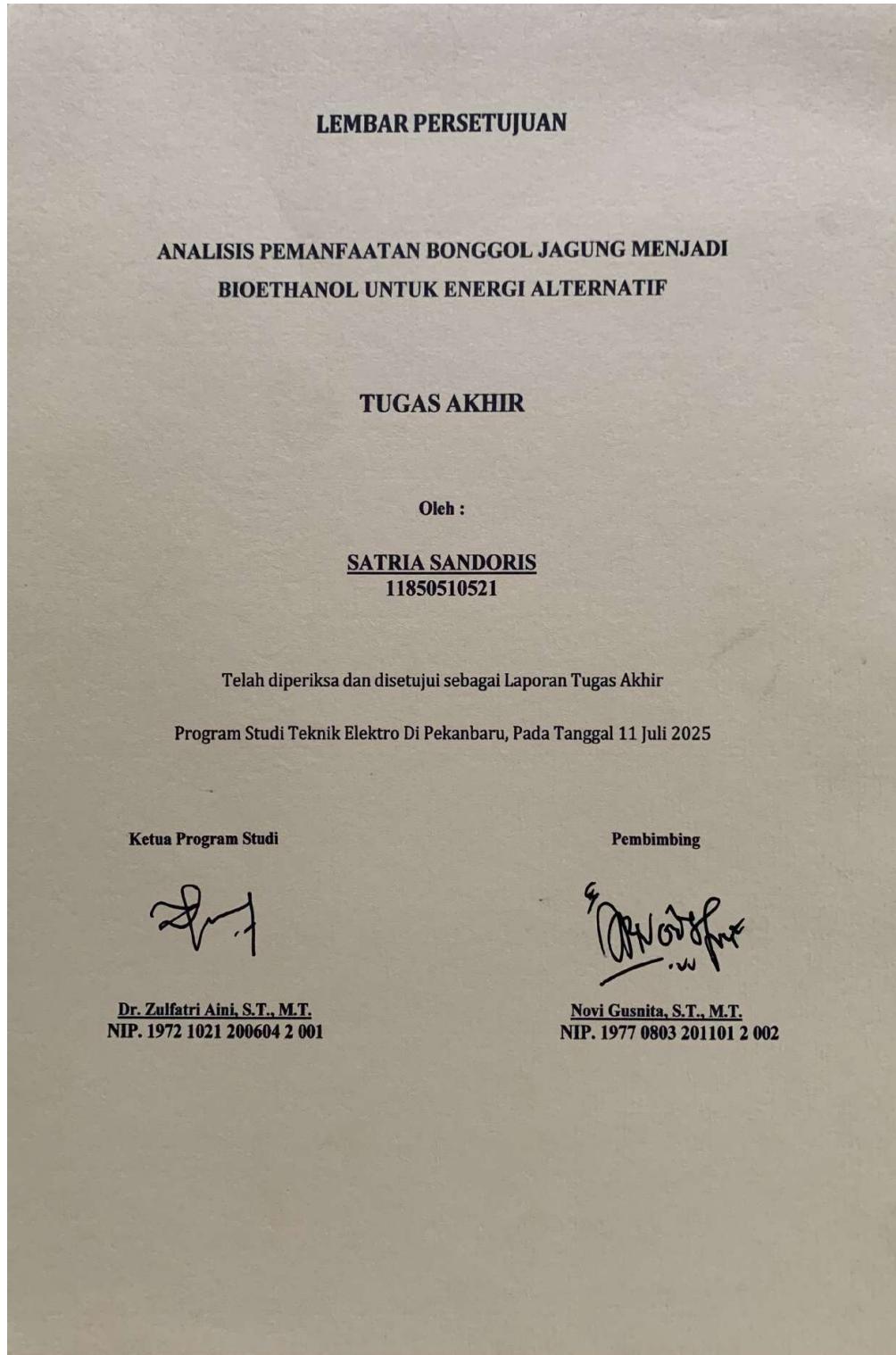


© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

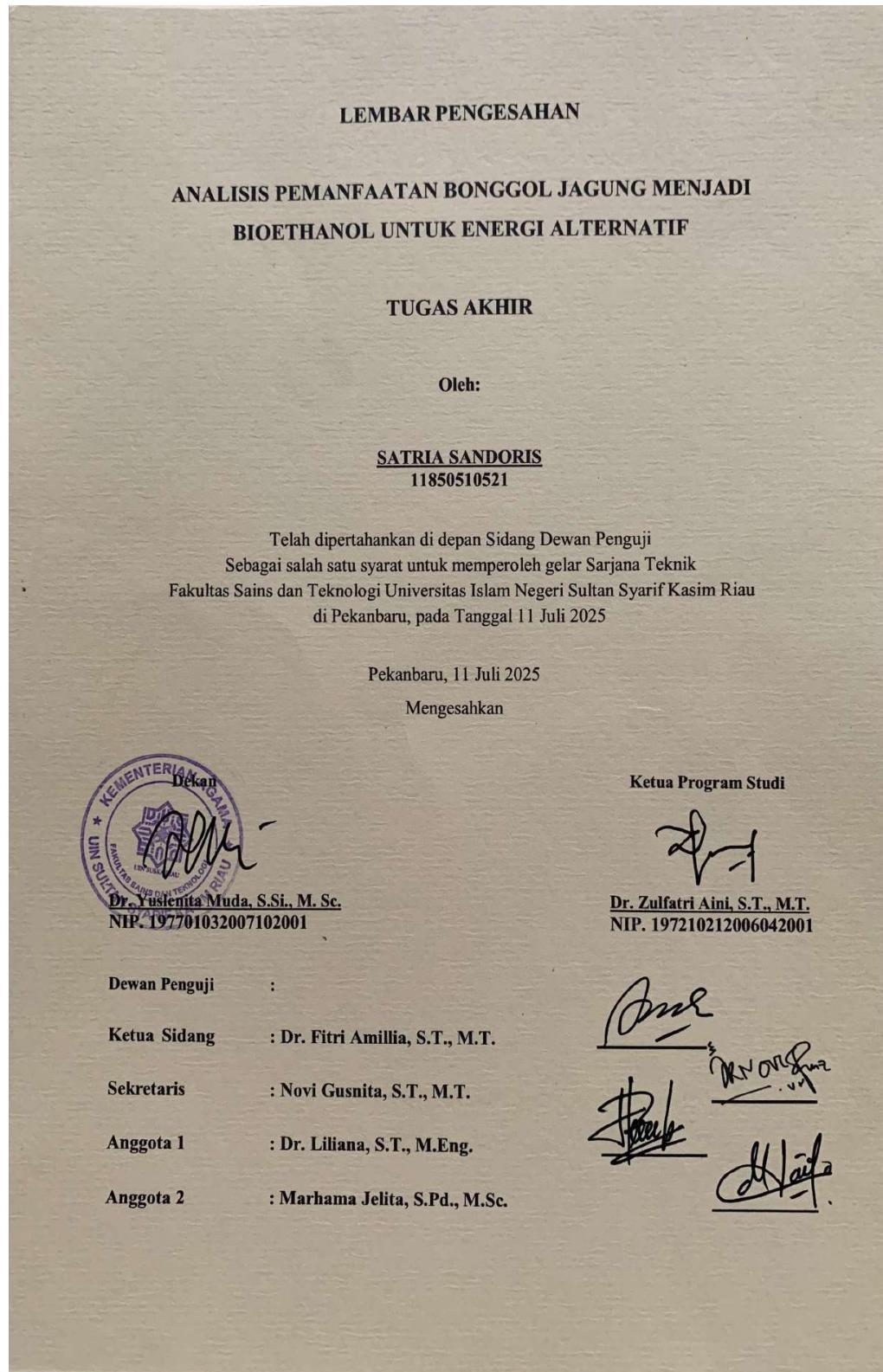


## © Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Satria Sandoris

NIM : 11850510521

Tempat/Tgl. Lahir : Desa Balai Gadang / 28 September 1999

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Artikel : **ANALISIS PEMANFAATAN BONGGOL JAGUNG MENJADI BIOETHANOL UNTUK ENERGI ALTERNATIF**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Artikel dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada Karya Tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Artikel saya ini sah, saya nyatakan bebas dari plagiasi.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Artikel saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan akal sehat tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, 17 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,

  
**SATRIA SANDORIS**  
NIM. 11850510521



## LEMBAR ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dihindungi Undang-Undang

Tugas Akhir ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan hak cipta pada penulis. Referensi keperstakaan diperkenankan, dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan sejauh penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# Analisis Pemanfaatan Bonggol Jagung Menjadi Bioethanol Untuk Energi Alternatif

Satria Sandoris<sup>1</sup>, Novi Gusnita<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas No. KM. 15, Kota Pekanbaru, 28293

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: [satriasandoris99@gmail.com](mailto:satriasandoris99@gmail.com)

**Abstract –** Corn production produces waste in the form of corn cobs that have not been optimally utilized, even though they contain complex carbohydrates that can be converted into bioethanol. The problem faced is the cessation of the use of agricultural waste as an alternative energy source, especially in the context of direct conversion into electrical energy. This study aims to analyze the potential for converting corn cob waste into bioethanol and then calculate the potential electrical energy that can be generated from a mixture of bioethanol and gasoline (E0, E10, E15, E20) through simulation using Aspen Plus V10 software. The results show that from 825 kg of corn cob waste per ton of plant, 58.5684 L/hour of bioethanol can be produced, with the highest electrical energy potential of 542.42 kWh in the E20 mixture. Utilization of corn cob waste as bioethanol offers an environmentally friendly and sustainable renewable energy solution.

**Abstrak** – Produksi jagung menghasilkan limbah berupa bonggol yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, padahal mengandung karbohidrat kompleks yang dapat dikonversi menjadi bioetanol. Permasalahan yang dihadapi adalah kurangnya pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif, terutama dalam konteks konversi langsung menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi konversi limbah bonggol jagung menjadi bioetanol dan selanjutnya menghitung potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari campuran bioetanol dan bensin (E0, E10, E15, E20) melalui simulasi menggunakan perangkat lunak Aspen Plus V10. Hasil menunjukkan bahwa dari 825 kg limbah bonggol jagung per ton tanaman, dapat dihasilkan 58,5684 L/jam bioetanol, dengan potensi energi listrik tertinggi sebesar 542,42 kWh pada campuran E20. Pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai bioetanol menawarkan solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## **Keywords – Bioethanol, Corn Humps, Energy, Fermentation**

## PENDAHULUAN

Jagung adalah makanan pokok ketiga di Asia dan kedua di Indonesia setelah padi, dengan peran penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan gizi masyarakat [1]. Kandungan karbohidrat yang tinggi serta manfaat nutrisinya menjadikan jagung sebagai komoditas strategis di sektor pertanian. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) [2], produksi jagung di Provinsi Sumatera Barat menunjukkan peningkatan signifikan dari tahun 2019 hingga 2022, dengan hasil produksi masing-masing sebesar 28.651 ton/ha pada 2019, 30.870

ton/ha pada 2020, 32.850 ton/ha pada 2021, hingga mencapai 35.723 ton/ha pada 2022.

Tanaman jagung menghasilkan biji jagung bernilai ekonomi tinggi, juga menyisakan limbah berupa bonggol jagung (tongkol jagung) dengan berat rata-rata mencapai 250 gram per bonggol. Limbah ini sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal dan hanya menjadi residu yang menumpuk. Padahal, bonggol jagung memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi, sehingga berpotensi diolah menjadi bioetanol.

[3]menemukan bahwa limbah tongkol jagung di Kecamatan Wuluh, Kabupaten Jember, memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bioetanol. Studi ini menekankan pentingnya pengolahan limbah

menjadi energi terbarukan untuk mendukung ketahanan energi ramah lingkungan. [4] menunjukkan bahwa formulasi konsentrasi ragi 10% dan periode fermentasi selama 5 hari dapat menghasilkan kadar bioetanol hingga 34,57%, yang memenuhi standar mutu bioetanol. Meskipun demikian, studi ini terbatas pada laboratorium tanpa kajian lebih dalam mengenai implementasi di skala yang lebih besar. Proses fermentasi bioetanol dengan *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan kadar bioetanol yang belum memenuhi standar energi terbarukan. Hal ini menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut pada variabel fermentasi ditemukan oleh [5]. [5] berhasil menemukan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam ( $H_2SO_4$ ) dan jumlah ragi yang digunakan, semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Studi ini berkontribusi pada pemahaman mekanisme hidrolisis dan fermentasi. [6] menemukan bahwa konsentrasi asam sulfat 1 N dan waktu fermentasi 3 hari menghasilkan kadar glukosa dan etanol optimal.

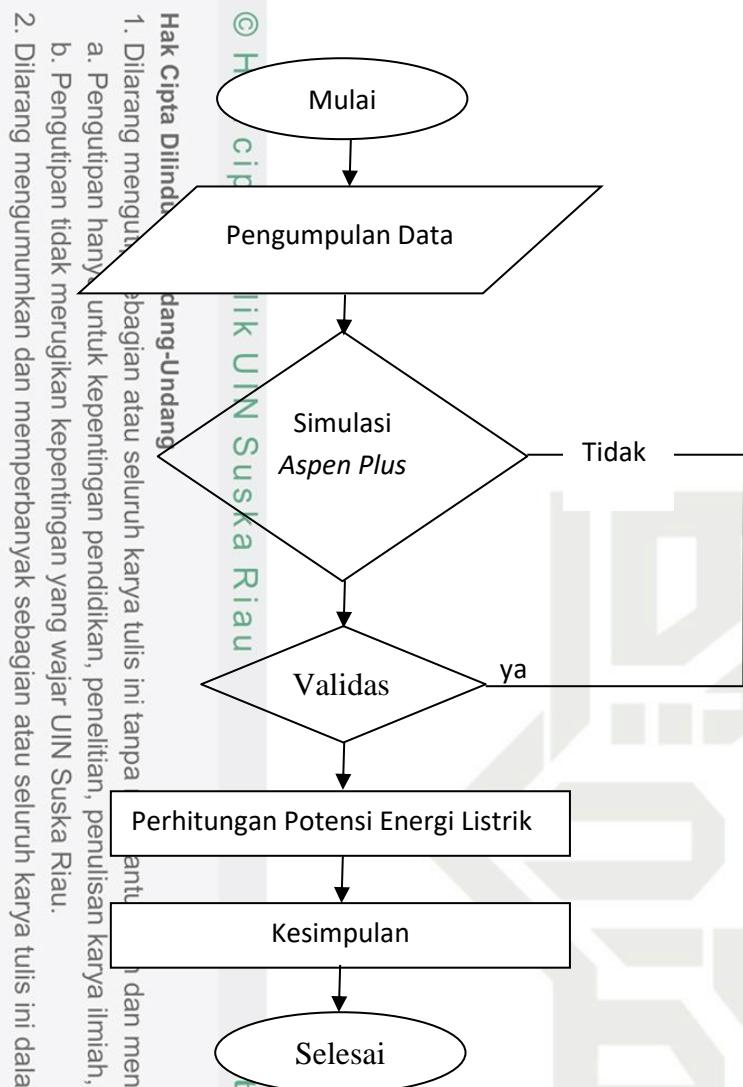
Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengubah limbah bonggol jagung menjadi bioetanol, serta potensi bioetanol yang dihasilkan tetapi kajian potensi bioetanol dari limbah bonggol jagung menjadi listrik masih terbatas dilakukan. Potensi bioetanol dan energi listrik dari limbah bonggol jagung akan dilakukan pada kajian ini. Potensi bioethanol dikaji menggunakan metode fermentasi karena metode ini memberikan pendekatan yang ramah lingkungan, ekonomis, dan efisien dalam mengolah limbah bonggol jagung, sehingga metode ini menjadi metode yang sangat efektif dalam mengubah limbah bonggol jagung menjadi bioethanol dan dilakukan dengan menggunakan software aspen plus. Aspen Plus V10 adalah perangkat lunak simulasi proses yang unggul dalam menghitung potensi bioetanol secara akurat melalui pemodelan alur proses lengkap, mulai dari *pretreatment* hingga *distilasi* [7]. Perangkat lunak simulasi yang efektif untuk menghitung potensi bioetanol dengan memodelkan proses secara detail, mulai dari tahap awal hingga akhir produksi. Pemanfaatan limbah bonggol jagung menjadi bioetanol dan potensi energi listrik yang dihasilkan merupakan kajian yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah belum termanfaatkannya limbah bonggol jagung yang melimpah sebagai bahan baku energi terbarukan, khususnya bioetanol, serta belum adanya kajian menyeluruh terkait konversinya menjadi energi listrik dalam satu alur sistematis. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah:

Menganalisis potensi produksi bioetanol dari limbah bonggol jagung melalui proses fermentasi. Menghitung dan mengevaluasi potensi energi listrik yang dihasilkan dari bioetanol yang dihasilkan menggunakan campuran E0–E20 dan menyimulasikan proses konversi tersebut menggunakan perangkat lunak Aspen Plus V10 sebagai pendekatan numerik.

Hubungan antara bonggol jagung dan energi listrik dijembatani oleh tahap produksi bioetanol dari kandungan karbohidratnya, yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui pembakaran atau teknologi pembangkit energi lainnya.

## METODE



Gambar 1. Alur Penelitian [8]

Objek riset dari penelitian ini adalah limbah bonggol jagung sebagai bahan baku sumber energi alternatif yang dapat digunakan secara efektif dan berkelanjutan sebagai solusi atau pelengkap sumber daya konvensional.

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jenis data sekunder yang diperoleh dari dokumen atau data yang berkaitan dengan penelitian yang meliputi data limbah tongkol jagung, luas panen, dan data komposisi pada tongkol jagung.

### Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan cara yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang sesuai dengan tujuan penelitian.

penelitian atau analisis. 1 ton tanaman jagung akan di analisis pada penelitian ini yang tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Data Potensi Bonggol Jagung [6]

Tanaman Jagung (Ton)	Limbah Tongkol Jagung (kg)
1	825

Tabel 2. Kandungan Bonggol Jagung [6]

Kandungan	Jumlah
Air	13.5%
Protein	10.0%
Minyak/lemak	4.0%
Karbohidrat	72,5%
Abu	0,4%

Tabel 1 menunjukkan potensi limbah tongkol jagung sebanyak 825 kg dari 1 ton tanaman jagung. Data kandungan bonggol jagung dapat dilihat pada tabel 2. Data tabel 1 dan 2 digunakan untuk menghitung potensi bioetanol dari bonggol jagung.

Tabel 3. Data Perbandingan Nilai Low Heating Value [9]

Bahan Bakar	Kadar (BTU/gal)
Gasoline (E0)	115.400
Gasoline (E10)	114.300
Gasoline (E15)	118.200
Gasoline (E20)	119.700
Diesel	128.700
Biodiesel (B100)	117.100
Etanol (E100)	75.700

Tabel 3. menyajikan informasi tentang kadar kalori (dalam BTU per galon) dari berbagai jenis bahan bakar yang umum digunakan. BTU (British Thermal Unit) adalah satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah energi yang terkandung dalam bahan bakar. Secara keseluruhan, bahan bakar diesel memiliki kadar kalori tertinggi, sementara etanol murni (E100) memiliki kadar kalori terendah. Campuran etanol dalam bensin (seperti E10, E15, dan E20) menunjukkan variasi kadar kalori yang bergantung pada persentase etanol yang dicampurkan. Pemilihan bahan bakar yang tepat

tergantung pada efisiensi energi yang diinginkan dan pertimbangan lingkungan [9].

Tabel 4. Nilai Karakteristik Bahan Bakar Campuran [9]

Fuel % Composition By Volume	LHV (KJ/Kg)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
0% etanol + 100% gasoline	43.340	0,832
5% etanol + 85% gasoline	8.063,38	0,7354
10% etanol + 80% gasoline	5.118,38	0,7384
10% etanol + 90% gasoline	41.381,95	0,7154
100% etanol + 0 % gasoline	26.950	0,7190

4. yang diberikan menunjukkan informasi tentang *Lower Heating Value* (LHV) dan densitas dari berbagai campuran bahan bakar etanol dan bensin. LHV (dalam KJ/kg) mengukur jumlah energi yang dapat diperoleh dari bahan bakar per satuan massa, sementara densitas (dalam g/cm<sup>3</sup>) menggambarkan kerapatan bahan bakar tersebut, yang mempengaruhi volume yang diperlukan untuk menghasilkan jumlah energi tertentu. Secara keseluruhan, bensin murni memiliki nilai LHV tertinggi dan densitas terbesar, yang menjadikannya bahan bakar yang efisien dalam hal energi per kilogram [9]. Sementara itu, campuran etanol dan bensin menunjukkan penurunan LHV seiring dengan peningkatan kadar etanol, meskipun densitasnya juga cenderung menurun, yang berarti lebih banyak volume bahan bakar diperlukan untuk jarak tempuh yang sama. Etanol murni memiliki LHV dan densitas yang lebih rendah, sehingga meskipun lebih ramah lingkungan, efisiensinya dalam hal energi per massa lebih rendah dibandingkan dengan bensin [9].

Energi listrik juga akan dikaji pada penelitian ini dari potensi bioetanol yang dihasilkan. Energi listrik yang dikaji akan membandingkan E0, E10, E15 dan E20. E0 sendiri adalah bahan bakar yang terdiri sepenuhnya dari gasoline murni tanpa campuran ethanol, E10 adalah campuran yang terdiri dari 10% ethanol dan 90% gasoline, E15 adalah campuran

yang terdiri dari 15% ethanol dan 85% gasoline, dan E20 adalah campuran yang terdiri dari 20% ethanol dan 80% gasoline.

### Alur Pembuatan Bioetanol Bonggol Jagung dengan Aplikasi Aspen Plus V10

Dalam studi ini, potensi produksi bioetanol dihitung melalui proses fermentasi dan destilasi, yang kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak Aspen Plus V10. Berikut komponen yang digunakan untuk menghasilkan simulasi:

#### Penghancuran Starch (Amilum)

Bonggol jagung terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, serta sedikit amilum (karbohidrat) [10]. Langkah pertama adalah mengubah karbohidrat yang ada menjadi gula yang lebih sederhana, yang dapat difерментasi oleh mikroorganisme. Proses ini memerlukan langkah hidrolisis, yang biasanya dilakukan dengan menggunakan enzim amilase. Reaksi: Amilum (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> + H<sub>2</sub>O → Glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

#### Hidrolisis Selulosa

Selulosa yang ada pada bonggol jagung harus diubah menjadi gula yang dapat digunakan dalam fermentasi. Ini dilakukan dengan menggunakan enzim selulase, yang memecah selulosa menjadi glukosa dan oligosakarida.

Reaksi: (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> + nH<sub>2</sub>O → nC<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>

#### Fermentasi Anaerob

Setelah gula, baik dari amilum maupun selulosa, terlepas, tahap selanjutnya adalah fermentasi anaerob, yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* (ragi). Dalam kondisi anaerob, ragi mengubah glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida.

Reaksi kimia fermentasi: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> → 2C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (etanol) + 2CO<sub>2</sub> (karbon dioksida)

#### Faktor Penghambat atau Kendala Fermentasi

Faktor-faktor penghambat dalam proses fermentasi bioetanol dari bonggol jagung meliputi:

Kandungan lignin yang tinggi: Lignin menghambat akses enzim terhadap selulosa dan hemiselulosa, sehingga mengurangi efisiensi hidrolisis dan

fermentasi. Proses delignifikasi menjadi tahap krusial untuk meningkatkan hasil fermentasi [11].

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- a. Efisiensi enzim yang belum optimal: Penggunaan enzim seperti amilase dan selulase bisa terhambat oleh kondisi suhu, pH, dan waktu reaksi yang tidak sesuai [6].

### Pemisahan dan Pemurnian Bioetanol

Setelah fermentasi selesai, campuran hasil fermentasi terdiri dari bioetanol dan air, serta beberapa senyawa lainnya. Untuk memperoleh bioetanol yang murni, dilakukan proses distilasi untuk memisahkan etanol dari campuran tersebut.

### ASPEN PLUS V10

Aspen Plus adalah perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk simulasi dan analisis proses rekayasa kimia dan proses industry [12]. Aplikasi ini dibuat oleh *Aspen Technology*, perusahaan terkemuka yang menyediakan perangkat lunak untuk industri energi, kimia, dan teknik. Aspen Plus digunakan untuk merancang, mengoptimalkan, dan menganalisis berbagai jenis proses kimia, termasuk pemisahan, reaksi, distilasi, dan proses-proses lainnya.

Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan aliran material dan energi, menghitung parameter proses, serta mengevaluasi efisiensi dan kinerja suatu proses. Aspen Plus dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya yang unggul dalam memodelkan proses kimia secara menyeluruh, mulai dari reaksi, pemisahan, hingga evaluasi energi. Dibandingkan perangkat lunak lain seperti SuperPro Designer atau HYSYS, Aspen Plus menawarkan fleksibilitas tinggi untuk simulasi proses fermentasi dan distilasi, dengan akurasi prediksi termodinamika yang baik dan dukungan terhadap sistem non-ideal [12]. Meskipun antarmukanya kurang intuitif dan memerlukan keahlian teknis, fitur library komponen biomassa yang lengkap dan visualisasi aliran energi yang detail menjadikan Aspen Plus sangat sesuai untuk studi konversi biomassa menjadi bioetanol.

Tabel 5. Komponen Simulasi Software Aspen Plus V10

Komponen	Keterangan
RStoic	komponen yang tempat terjadinya proses pembentukan bioetanol
Pump	Berfungsi sebagai menyalurkan bioetanol ke proses selanjutnya
Destilasi	Komponen yang berfungsi untuk memurnika kadar ethanol

RStoic	komponen yang tempat terjadinya proses pembentukan bioetanol
Pump	Berfungsi sebagai menyalurkan bioetanol ke proses selanjutnya
Destilasi	Komponen yang berfungsi untuk memurnika kadar ethanol

Perhitungan potensi bioetanol dari limbah bonggol jagung dengan menggunakan perangkat lunak aspen plus V10 adalah sebagai berikut:

### Definisikan Komponen dan Properti

Dalam proses produksi bioetanol dari bonggol jagung, bahan baku yang digunakan terdiri atas komponen-komponen utama seperti air, protein, minyak atau lemak, karbohidrat, dan abu, dengan nilai komposisinya dapat dilihat pada Tabel 2. Produk utama yang dihasilkan dari proses ini meliputi etanol ( $C_2H_5OH$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), dan air ( $H_2O$ ). Untuk mendukung proses hidrolisis, digunakan enzim seperti selulase dan amilase, terutama apabila tahap tersebut dimasukkan dalam model simulasi. Selain itu, pemilihan model properti termodinamika juga menjadi aspek penting dalam simulasi proses, di mana model seperti NRTL (Non-Random Two-Liquid) atau UNIQUAC (Universal Quasi-Chemical) umumnya digunakan untuk sistem air-ethanol [13].

### Desain Aliran Proses (*Flowsheet*)

Proses awal dalam produksi bioetanol dari bonggol jagung dimulai dengan tahap penghancuran dan penggilingan, dimana bonggol jagung dipecah menjadi partikel-partikel kecil guna memperluas permukaan kontak dengan enzim pada tahap berikutnya. Proses ini dapat dimodelkan menggunakan unit operasi seperti crusher atau milling. Setelah itu, karbohidrat kompleks yang terkandung dalam bonggol jagung, seperti amilum dan selulosa, perlu dipecah menjadi gula sederhana seperti glukosa. Proses ini dilakukan melalui reaksi hidrolisis menggunakan enzim, dan dalam simulasi dapat direpresentasikan menggunakan unit operasi *reactor* atau *enzyme hydrolysis*. Tahap selanjutnya adalah fermentasi anaerob, yang dilakukan dalam

bioreaktor menggunakan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Pada tahap ini, glukosa akan diubah menjadi etanol dan karbon dioksida melalui reaksi:



Setelah proses fermentasi selesai, etanol yang terbentuk dipisahkan dari campuran menggunakan metode distilasi. Unit operasi *distillation column* digunakan untuk memisahkan etanol dari air dan produk samping lainnya seperti karbon dioksida, sehingga diperoleh bioetanol dengan kemurnian yang lebih tinggi.

### Menentukan Input Aliran Material dan Kondisi Operasi

Dalam simulasi proses produksi bioetanol dari bonggol jagung, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan aliran material yang masuk. Hal ini mencakup penetapan laju massa dan komposisi bahan baku, termasuk kandungan karbohidrat, kadar air, serta unsur kimia lainnya yang terkandung dalam bonggol jagung. Jumlah bahan baku yang digunakan per satuan waktu harus disesuaikan dengan kapasitas proses yang diinginkan. Selanjutnya, perlu ditetapkan kondisi operasi untuk setiap unit proses yang terlibat, seperti suhu, tekanan, laju aliran, dan waktu tinggal dalam reaktor. Sebagai contoh, proses fermentasi umumnya dilakukan pada suhu 30–35°C dengan tekanan atmosferik.

### Penentuan Parameter Reaksi

1. Reaksi Hidrolisis (Pengolahan Karbohidrat): Tentukan parameter kinetika reaksi untuk proses hidrolisis karbohidrat (amilum dan selulosa) yang dikatalisis oleh enzim. Ini termasuk laju reaksi dan efisiensi konversi.

2. Reaksi Fermentasi: Tentukan parameter kinetika untuk fermentasi anaerob, misalnya laju pertumbuhan mikroorganisme (ragi), laju produksi etanol, dan laju konsumsi glukosa.

### Validasi Simulasi Software

Penelitian ini divalidasi dengan membandingkan penelitian sebelumnya yang juga membahas penggunaan limbah bonggol jagung dengan simulasi penggunaan superpro designer untuk menghitung jumlah bioetanol yang dapat dihasilkan.

Tabel 6. Validasi Simulasi Limbah Tongkol

Parameter	Jagung [11]	
	Penelitian (kmol/hr)	Validasi (kmol/hr)
Bahan Dasar	Bonggol Jagung	Bonggol Jagung
Nilai Input	Glucose	Glucose
	85.000	85.000
	Water	Water
	255.000	255.000
Nilai Ouput	510	496,5

Dari hasil validasi simulasi yang merujuk pada penelitian [1], [3], [4], [5], [6], [11], [14], [15], [16], [17] dengan bahan utama berupa bonggol jagung dan memiliki nilai inputan yang sama. Simulasi dalam kajian ini menghasilkan bioetanol sebesar 496,5 L/ton, yang sedikit lebih rendah dibandingkan nilai 510 L/ton yang dilaporkan dalam penelitian [9]. Dari simulasi tersebut dapat diartikan bahwa kandungan ethanol memiliki nilai *error* 2,71%, sehingga penelitian ini dinyatakan valid dikarenakan nilai *error* pada penelitian ini tidak melebihi dari 10% [15]. Selain validasi berdasarkan literatur lama, hasil ini juga sejalan dengan kajian lebih mutakhir oleh [11] yang menekankan potensi bioetanol dari limbah pertanian sebagai solusi energi berkelanjutan, khususnya di negara berkembang. Teknologi fermentasi dan distilasi kini semakin dioptimalkan dengan bantuan kecerdasan buatan dan enzim rekayasa.

### Perhitungan Potensi Energi Listrik

Energi listrik yang dihasilkan oleh bonggol jagung di analisis berdasarkan gas methana yang dihasilkan dari software Aspen Plus V10, yaitu menggunakan persamaan 2.1. Persamaan Energi Listrik menyatakan bahwa energi listrik yang dihasilkan atau digunakan sebanding langsung dengan volume bahan bakar atau sumber energi yang digunakan, dan nilai kalor (LHV) dari bahan bakar tersebut. Dengan kata lain, semakin besar volume bahan bakar yang digunakan dan semakin tinggi nilai LHV dari bahan bakar tersebut, maka semakin banyak energi listrik yang dapat dihasilkan. Potensi energi listrik yang dihasilkan dari bioetanol dari limbah bonggol jagung, dalam penelitian ini akan membandingkan E0, E5, E10 dan E20. E0 adalah bahan bakar yang terdiri sepenuhnya dari gasoline murni tanpa campuran ethanol, E10 adalah campuran yang terdiri

dari 10% ethanol dan 90% gasoline, E15 adalah campuran yang terdiri dari 15% ethanol dan 85% gasoline, dan E20 adalah campuran yang terdiri dari 20% ethanol dan 80% gasoline.

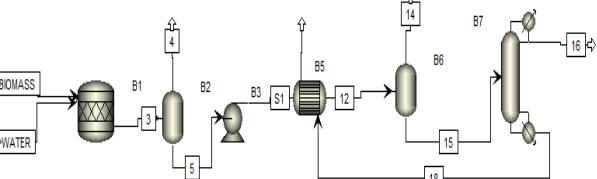
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- b. Pengutipan tidak merujuk dan mengutip hak cipta milik UIN Suska Riau.
- Perhitungan potensi energi listrik menggunakan persamaan 2.1 [9]:

$$\text{Energi listrik} = \text{volumetric flow} \times LHV \quad (1)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Potensi dari Bioetanol Bonggol Jagung

Limbah bonggol jagung yang selama ini sering dianggap sebagai sampah pertanian memiliki potensi besar sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol melalui proses fermentasi [17]. Hasil yang diperoleh memberikan gambaran tentang efisiensi konversi, parameter yang memengaruhi proses, serta potensi bioetanol dari pemanfaatan bonggol jagung.



Gambar 2. Rangkaian Simulasi Aspen Plus

Hasil dan pembahasan memaparkan hasil penelitian ataupun analisis yang diperoleh. Pada tahap RStoic bahan utama berupa bonggol jagung dicampur dengan air. Pada RStoic ini terdapat proses Delignifikasi, hidrolisis, dan fermentasi. Proses Delignifikasi yang berfungsi untuk memutuskan ikatan lignin dan proses hidrolisis terjadi terbentuk glukosa atau dextrose [18]. Kemudian proses fermentasi yang merupakan proses yang bertujuan mengubah bahan dasar menjadi suatu produk oleh masa sel mikroba [19]. Pada proses ini ethanol yang diperoleh melalui perubahan dari bentuk glukosa menjadi alcohol dengan bantuan mikroba. Hasil produk disimpan pada storage yang kemudian akan dialirkan ke heat exchange. Produk hasil dari RStoic yang kemudian akan disulang pada komponen destilasi yang berungsi untuk memisahkan kandungan serat dan air menjadi ethanol. Setiap tahapan proses dalam konversi bonggol jagung

menjadi bioetanol melalui simulasi Aspen Plus memberikan gambaran yang sistematis mengenai transformasi biomassa menjadi energi.

Efisiensi proses fermentasi dalam penelitian ini dihitung melalui simulasi menggunakan Aspen Plus V10, yang memodelkan seluruh tahapan dari pretreatment, hidrolisis, hingga fermentasi dan distilasi. Berdasarkan simulasi tersebut, diperoleh efisiensi konversi sebesar 68,9%, yang menunjukkan tingkat efisiensi yang cukup baik. Penggunaan Aspen Plus memudahkan dalam analisis variabel seperti suhu, waktu reaksi, serta laju aliran, sehingga memungkinkan optimasi proses secara virtual sebelum implementasi nyata. Hal ini juga menunjukkan bahwa perangkat lunak dapat memperkirakan dan meningkatkan efisiensi fermentasi melalui simulasi yang detail dan terkalibrasi [11], [12].

Efisiensi proses fermentasi dapat dihitung sebagai rasio antara total glukosa yang tersedia dari hasil hidrolisis terhadap jumlah etanol yang dihasilkan pada akhir proses fermentasi [20]. Berdasarkan simulasi menggunakan Aspen Plus V10, efisiensi konversi bioetanol mencapai sekitar 68,9%. Dari 825 kg limbah bonggol jagung, diperoleh 58,5 liter bioetanol, nilai ini sesuai dengan rata-rata efisiensi konversi biomassa lignoselulosa yang dilaporkan dalam literatur internasional [24]. Nilai ini menunjukkan bahwa proses fermentasi yang disimulasikan cukup optimal, meskipun masih terdapat potensi peningkatan efisiensi melalui optimasi enzim, pH, dan waktu fermentasi.

Pada tahap pertama, hidrolisis dilakukan terhadap karbohidrat kompleks dalam bonggol jagung, seperti selulosa dan hemiselulosa, yang dipecah menjadi glukosa dengan bantuan enzim amilase dan selulase. Proses ini bertujuan menghasilkan substrat yang lebih sederhana untuk fermentasi. Tahap selanjutnya adalah fermentasi anaerob, di mana glukosa difерментasi oleh mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol dan karbon dioksida. Fermentasi ini disimulasikan pada suhu optimal 30–35 °C dan tekanan atmosferik untuk menjaga efisiensi mikroba. Setelah fermentasi, campuran etanol dan air yang dihasilkan diproses melalui

distilasi menggunakan kolom pemisah untuk memperoleh bioetanol dengan tingkat kemurnian tinggi. Berdasarkan hasil simulasi, *output* bioetanol yang diperoleh mencapai 58,5684 liter. Bioetanol ini kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui nilai kalor rendahnya (LHV) dan dikonversi menjadi energi listrik. Hasil analisis menunjukkan bahwa campuran E20 (20% etanol dalam bensin) menghasilkan energi tertinggi, yakni sebesar 542,42 kWh dibandingkan campuran lainnya seperti E0, E10, dan E15.

Berdasarkan hasil simulasi, potensi bioetanol yang dapat dihasilkan dari bonggol jagung mencapai sebesar 58,5684 kg/jam untuk komponen ETOH-01 (etanol). Selain itu, terdapat pula fraksi karbohidrat (CARBO-01) sebesar 4.587,8 kg/jam yang berperan sebagai sumber bahan baku dalam proses produksi bioetanol. Nilai-nilai ini mencerminkan kapasitas produksi dalam skala waktu per jam dan menunjukkan bahwa bonggol jagung memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan baku bioetanol.

Dari 1 ton tanaman jagung yang menghasilkan 825 kg bonggol jagung, dapat diperoleh 58.5684 liter bioetanol melalui proses konversi karbohidrat yang terdapat pada bonggol tersebut. Bonggol jagung mengandung selulosa dan hemiselulosa yang dapat diubah menjadi glukosa melalui hidrolisis enzimatik, yang kemudian diperlakukan oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol [21]. Meskipun demikian, efisiensi konversi bahan baku menjadi etanol masih cukup rendah, mengingat hanya sebagian kecil dari karbohidrat yang terkonversi menjadi etanol. Faktor-faktor seperti kualitas bahan baku, efisiensi enzim, dan kondisi fermentasi mempengaruhi hasil akhir. Namun, pemanfaatan bonggol jagung sebagai sumber bioetanol memiliki potensi besar, baik untuk mengurangi limbah pertanian maupun untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, meskipun efisiensi dan biaya operasional masih perlu ditingkatkan.

Tabel 7. Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan dari Bioetanol Bonggol Jagung

Parameter	Energi Listrik
-----------	----------------

maupun masalah.

Etanol 0	522,93 kWh
Etanol 10	517,95 kWh
Etanol 15	535,62 kWh
Etanol 20	542,42 kWh

Meskipun energi listrik tertinggi dihasilkan oleh E20 (542,42 kWh), perlu dicatat bahwa nilai LHV dari E20 lebih rendah dibandingkan gasoline murni, sehingga volume bahan bakar yang dibutuhkan lebih banyak. Namun, etanol memiliki pembakaran yang lebih bersih dan membantu mengurangi emisi karbon. Ini konsisten dengan hasil [22] yang menunjukkan bahwa efisiensi thermal meningkat pada campuran E15–E20 untuk mesin modern, serta membantu mengurangi emisi CO dan HC. Untuk dapat digunakan bahan bakar sebaiknya melakukan pencampuran dengan gasoline, jika dilihat dari potensi energi listrik yang dihasilkan maka pada kadar etanol 0%, potensi energi listrik yang dihasilkan sebesar 522,93 kWh. Ketika kadar etanol meningkat menjadi 10%, potensi energi sedikit menurun menjadi 517,95 kWh. Namun, pada kadar etanol 15%, potensi energi kembali meningkat menjadi 535,62 kWh, dan mencapai nilai tertinggi pada kadar etanol 20%, dengan potensi energi sebesar 542,42 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada fluktuasi energi yang dihasilkan pada kadar etanol yang lebih rendah, peningkatan kadar etanol cenderung memberikan peningkatan potensi energi listrik, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Peningkatan potensi energi ini mengindikasikan bahwa produksi bioetanol dengan kandungan etanol yang lebih tinggi berpotensi lebih efisien dalam menghasilkan energi listrik.

## KESIMPULAN

Dari hasil yang ditemukan tersebut, disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode fermentasi dan destilasi serta simulasi Aspen Plus, dari 1 ton tanaman jagung yang menghasilkan 825 Kg limbah bonggol jagung, dapat diperoleh 58.5684 liter bioetanol melalui proses konversi karbohidrat yang terdapat pada bonggol tersebut. Hasil ini menunjukkan efisiensi konversi yang cukup baik, meskipun masih rendah bila dibandingkan dengan potensi maksimum karbohidrat yang ada. Efisiensi dipengaruhi oleh kondisi fermentasi, jenis enzim, dan keefektifan delignifikasi. Menurut [11], efisiensi

proses konversi lignoselulosa dapat meningkat jika dilakukan pre-treatment termokimia dan penggunaan enzim mix. Selain itu, kondisi optimal suhu ( $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ ) dan pH (4,5–5,5) terbukti signifikan dalam memaksimalkan etanol. Potensi energi listrik dari E0, E10, E15, E20 berturut-turut adalah 522,93 kWh, 517,95 kWh, 535,62 kWh, dan 542,42 kWh. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kadar ethanol berhubungan dengan peningkatan potensi energi listrik yang dihasilkan. Potensi energi listrik yang tertinggi adalah E20 yaitu 542,42 kWh.

## REFERENSI

- [1] T. Sopandi, "Pertumbuhan Dan Hasil Panen Tanaman Jagung (Zea Mays) Varietas Lokal Dan Hibrida Yang Di Infeksi Cendawan Fusarium Sp," *Stigma*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik, *hasil-pencacahan-lengkap-sensus-pertanian-2023---tahap-i-provinsi-sumatera-barat*, 1st ed. 2023.
- [3] A. Prastika and Q. A'yun, "Rancangan Pengolahan Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember," *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 81–91, 2022.
- [4] R. Ruhibnur, N. Aida, A. Susanto, T. Kurniawan, and R. Rosmalinda, "Optimalisasi Limbah Tongkol Jagung pada Pembuatan Bioetanol dan Karakteristiknya dengan Perlakuan Periode Fermentasi dan Konsentrasi Ragi," *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 81–91, 2019.
- [5] U. Kalsum, "Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol," *Jurnal Distilasi*, vol. 2, no. 1, pp. 46–54, 2017.
- [6] C. M. J. Kiswanto and L. Rubianto, "Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Terhadap Kadar Glukosa Pada Pembuatan Bioetanol Dari Tongkol Jagung," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 4, pp. 765–770, 2023.
- [7] J. Haydary, *Chemical Process Design and Aspen Plus and Aspen HYSYS Applications*. 2019.
- [8] G. P. Rajabaya and N. Gusnita, "Analysis of the Utilization of Tofu Liquid Waste as a Biogas Electricity Power Plant," *Jurnal Ecotipe*, vol. 10, no. 1, pp. 78–85, 2023.
- [9] N. M. Mugandi and M. Jelita, "Utilisation Of Cassava Peel Waste Into Bioethanol Fuel ( Case Study : Pika Cassava Chips Business in Pekanbaru City )," *Indonesian Journal Of Electrical Engineering and Renewable Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 58–69, 2023.
- [10] R. M. A. Dwipa, R. A. Permana, A. N. Ramadhan, and T. K. Arifin, *Analisis Campuran Bahan Bakar Dan Bioetanol Tongkol Jagung Terhadap Performa Kerja Mesin*. 2023. doi: 10.31219/osf.io/skryx.
- [11] H. Zabed, J. N. Sahu, A. Sueley, A. N. Boyce, and G. Faruq, "Bioethanol production from renewable sources : Current perspectives and technological progress," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 71, pp. 475–501, May. 2017.
- [12] E. Sarah Yadav, T. Indiran, D. Nayak, C. Aditya Kumar, and M. Selvakumar, "Simulation study of distillation column using Aspen plus," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, pp. 330–337, 2019.
- [13] D. Hartanto and D. B. Triwibowo, "Review Model dan Parameter Interaksi pada Korelasi Kesetimbangan Uap-Cair dan Cair-Cair Sistem Etanol (1) + Air (2) + Ionic Liquids (3) dalam Pemurnian Bioetanol," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2014.

- [14] C. S. Praharsiwi, "Pengolahan Limbah Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Jurnal Atma Inovasia*, vol. 2, no. 2, pp. 177–181, 2022.
- [15] S. Haluti, "Pemanfaatan Potensi Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bioethanol Melalui Proses Fermentasi Di Wilayah Provinsi Gorontalo," *Jurnal Technopreneur*, vol. 4, no. 1, pp. 28–31, Mei. 2016.
- [16] A. Bin Arif, A. Budiyanto, W. Diyono, M. Hayuningtyas, N. Richana, and T. Marwati, "PENGARUH KONSENTRASI NaOH DAN ENZIM SELULASE: XILANASE TERHADAP PRODUKSI BIOETANOL DARI TONGKOL JAGUNG," *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, vol. 13, no. 3, p. 107, 2018.
- [17] Supriadi, L. Izhar, and O. I. Safitri, "Potensi Ketersediaan Hijauan Pakan Limbah Tanaman Jagung Manis Di Provinsi Kepulauan Riau," *Prosiding Seminar Nasional Membangun Pertanian Modern dan Inovatif Berkelanjutan dalam Rangka Mendukung MEA*, pp. 710–716, 2016.
- [18] A. Wahyudi and M. Jelita, "Analisis Potensi Energi Listrik dan Biaya Limbah Rumen Sapi Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 263, 2022.
- [19] N. Hayati and I. Ibrahim, "PEMBUATAN GLUKOSA DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH BONGGOL JAGUNG," *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, Mei. 2022.
- [20] M. A. Hasani and A. P. Siswanto, "Effect of Delignification Process on Cellulose, Hemicellulose, and Lignin Content on Liquid Glucose Production from a Mixture of Corn Cobs (*Zea mays*) and Sugar Cane Bagasse (*Saccharum officinarum*)," *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, vol. 7, no. 1, p. 23, Mar. 2023.
- [21] R. Sharma, P. Garg, P. Kumar, S. K. Bhatia, and S. Kulshrestha, "Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods," *MDPI AG*, Dec. 2020.
- [22] S. M. Rezk Khattab and T. Watanabe, "Efficient conversion of glycerol to ethanol by an engineered *Saccharomyces cerevisiae* strain," *Appl Environ Microbiol*, vol. 87, no. 23, Nov. 2021.
- [23] M. G. Ntunka, S. M. Khumalo, T. P. Makhathini, S. Mtsweni, M. M. Tshibangu, and J. K. Bwapwa, "Valorization of Lignocellulosic Biomass to Biofuel: A Systematic Review," *ChemEngineering*, vol. 9, no. 3, p. 58, May. 2025.
- [24] A. Topaloğlu, Ö. Esen, B. Turanlı-Yıldız, M. Arslan, and Z. P. Çakar, "From *Saccharomyces cerevisiae* to Ethanol: Unlocking the Power of Evolutionary Engineering in Metabolic Engineering Applications," *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, Oct. 2023.
- [25] Y. Wang, Z. Wen, J. Yao, and C. Doh Dinga, "Multi-objective optimization of synergic energy conservation and CO<sub>2</sub> emission reduction in China's iron and steel industry under uncertainty," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 134, Dec. 2020.

## Surat Keterangan Artikel Diterima

Nomor: 010/A-01.01/UAI/V/2025

Jakarta, 25 Juni 2025

Yth. 1. Satria Sandoris

2. Novi Gusnita

di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

*Assalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarakatuh*

Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, bersama ini menyampaikan bahwa artikel saudara, yang berjudul;

### **Analisis Pemanfaatan Bonggol Jagung Menjadi Bioethanol Untuk Energi Alternatif**

Telah melalui proses review mitra bestari dan editor, Artikel tersebut dinyatakan DITERIMA untuk dipublikasikan di Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, Vol. 10, No 3, September 2025.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dimanfaatkan dengan sebagaimana mestinya.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarakatuh*

Chief Editor



Dr. Dewi Elfidasari, S.Si., M. Si,