

OPTIMALISASI LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis L.f.*) MENJADI BIOETANOL

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
dalam Ilmu Kimia



Oleh:

FATIYYA AZZAMUNA

NIM : 1908036005

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

**OPTIMALISASI LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*Tectona grandis L.f.*) MENJADI BIOETANOL**

SKRIPSI

Oleh

FATIYYA AZZAMUNA

1908036005

**Disusun untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 dalam Ilmu Kimia**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatiyya Azzamuna
NIM : 1908036005
Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini yang berjudul:

**OPTIMALISASI LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*Tectona grandis L.f.*) MENJADI BIOETANOL**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 12 Juni 2024
Pembuat Pernyataan,

Fatiyya Azzamuna
NIM:1908036005



PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Optimalisasi Limbah Serbuk Kayu Jati
(*Tectona grandis L.f.*) menjadi Bioetanol

Penulis : Fatiyya Azzamuna

NIM : 1908036005

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu Kimia.

Semarang, 3 September 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, ST, M.Pd, M.T
NIP: 198704152009122006

Sekretaris Sidang

Zidni Azfzati, M.Sc
NIP: 199011172018012001

Penguji I

Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si
NIP: 197407162009112001



Penguji II

Kholidah, M.Sc
NIP: 198508112019032008

Pembimbing I

Mulyaton, M.Si.
NIP: 198305042011012008

NOTA DINAS

Semarang, 12 Juni 2024

Kepada

Yth. Ketua Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Optimalisasi Limbah Serbuk Kayu
Jati (*Tectona grandis L.f.*) Menjadi
Bioetanol

Penulis : Fatiyya Azzamuna

NIM : 19080360005

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Mulyatun, M.Si.

NIP. 198305042011012008

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan energi mendorong pengembangan sumber energi terbarukan seperti bioetanol dari biomassa. Bioetanol, energi alternatif berbasis selulosa, dapat diproduksi dari kayu jati yang melimpah di Indonesia. Limbah serbuk kayu jati dari industri dan mebel seringkali tidak dimanfaatkan, sehingga jumlahnya meningkat. Penelitian ini bertujuan menguji karakteristik bioetanol dari limbah serbuk kayu jati melalui tahapan: 1) preparasi limbah, 2) ekstraksi selulosa, 3) pembuatan bioetanol, 4) pengukuran kadar etanol, dan 5) uji karakteristik bioetanol. Uji karakteristik mencakup: 1) kadar etanol, 2) kadar air, 3) densitas, 4) *specific gravity* dan *API gravity*, serta 5) nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bioetanol mendekati standar mutu dengan densitas dan *specific gravity* 0,8825 g/mL pada ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari. Nilai kalor mencapai 429,14 kkal/kg pada ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari. Kadar etanol tertinggi sebesar 1,423% dan kadar air terendah sebesar 53,26% diperoleh pada fermentasi 2 hari.

Kata Kunci: Bioetanol dan Limbah Serbuk Kayu Jati.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. W b

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini sebagaimana mestinya. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Skripsi dengan judul "**OPTIMALISASI LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis L.f.*) MENJADI BIOETANOL**" disusun untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi tentunya tidak lepas dari dukungan, arahan, bimbingan, serta motivasi dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Nizar, M. Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

2. Prof. Dr. H. Musahadi M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Mulyatun M. Si selaku Ketua Jurusan Kimia.
4. Ika Nur Fitriani, M. Si selaku dosen pembimbing awal saya dan juga wali dosen saya yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, saran dan masukan serta dukungan kepada penulis.
5. Mulyatun, M.Si, selaku dosen pembimbing pengganti saya yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, pengalaman, saran dan masukan, serta dukungan kepada penulis selama penulisan skripsi.
6. Seluruh dosen Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman berharga kepada penulis.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Mohammad Sahil, SH dan Ibu Neneng Asmarawati, SE serta keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan moril dan materil, serta doa sepanjang hari.
8. Kakak tercinta saya Bunga, yang selalu menerima keluhan saya, menasehati saya, menghibur saya dan selalu menemani saya dalam segala keadaan.
9. Nisfakh Tri Oktaviani, Tara Aghnia, Sulistyaningsih, Aryzka Maharani Putri, Allyza Putri, Try Aisyah, Syahla Cahya, Suci Wulandari, Hervintari Gebi, Anisa Fitria, Maya Susilowati yang selalu menemani dan

menyemangati serta menghibur penulis selama perkuliahan.

10. Teman-teman pengurus HMJ Kimia mulai dari masa bakti 2020 – 2021 yang selalu kebersamai penulis selama perkuliahan.
11. Teman-teman pengurus DEMA FST masa bakti 2022 yang juga selalu kebersamai penulis selama perkuliahan.
12. Teman-teman Kimia 2019 A yang selalu kebersamai, dan menyemangati penulis selama perkuliahan.
13. Rekan seperjuangan mahasiswa Kimia terkhusus angkatan 2019 yang telah menemani dan berjuang bersama selama penulis berkuliah di UIN Walisongo Semarang.
14. Semua pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap memperoleh saran dan masukkan dari semua pihak sehingga penulis dapat memperbaiki dalam penulisan berikutnya. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi orang lain tidak hanya untuk penulis, *Aamiin Aamiin Ya Rabbal 'Alamin*.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Semarang, 12 Juni 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fatiyya Azzamuna', with a long horizontal line underneath.

Fatiyya Azzamuna
NIM:1908036005

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iii
ABSTRAK	5
KATA PENGANTAR	6
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR TABEL	5
DAFTAR LAMPIRAN	6
BAB I	7
PENDAHULUAN	7
A. Latar Belakang	7
B. Rumusan Masalah.....	14
C. Tujuan Penelitian.....	14
D. Manfaat Penelitian.....	15
BAB II	16
LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	16
A. Landasan Teori	16
1. Kayu Jati (<i>Tectona grandis</i> L.f)	16
2. Bioetanol	21
3. Maserasi.....	29
4. Destilasi.....	31
5. Kromatografi Gas	32
B. Kajian Pustaka.....	36

1. Kajian Riset Terdahulu	36
2. Hipotesis	42
BAB III.....	43
METODE PENELITIAN	43
A. Alat dan Bahan	43
B. Prosedur Kerja	44
1. Preparasi Serbuk Kayu Jati	44
2. Ekstraksi Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Jati	44
3. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati	45
4. Tahap Pengujian Karakteristik Bioetanol	47
BAB IV.....	51
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
A. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati..	51
B. Pengujian Karakteristik Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati.....	53
1. Analisis Kadar Air.....	53
2. Analisis Densitas	57
3. Analisis Nilai Kalor	63
4. Analisis Kadar Bioetanol.....	66
BAB V	73
PENUTUP	73
A. Kesimpulan.....	73
B. Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	75

LAMPIRAN	82
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kayu Jati.....	16
Gambar 2. 2 Serbuk Gergaji Kayu Jati	21
Gambar 2. 3 Rangkaian Alat Destilasi	32
Gambar 2. 4 Instrumen Kromatografi Gas.....	34
Gambar 4. 1 Kromatogram Ragi 9 gram dengan Fermentasi 2 Hari.....	70
Gambar 4. 2 Kromatogram Etanol Standar	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Kayu Jati	19
Tabel 2. 2 Standar dan Mutu Biofuel Jenis Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif yang Dipasarkan di dalam Negeri.....	28
Tabel 3. 1 Variasi Ragi dan Waktu Fermentasi.....	46
Tabel 4. 1 Volume Bioetanol Sebelum Destilasi	54
Tabel 4. 2 Volume Bioetanol Setelah Destilasi.....	54
Tabel 4. 3 Analisis Kadar Air.....	56
Tabel 4. 4 Analisis Densitas.....	57
Tabel 4. 5 Analisis Spesific Gravity (sg)	61
Tabel 4. 6 Analisis API Gravity (G).....	62
Tabel 4. 7 Analisis Nilai Kalor	64
Tabel 4. 8 Analisis Nilai Kadar Bioetanol.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Prosedur Kerja	82
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	87
Lampiran 3 Analisis Perhitungan	89
Lampiran 4 Hasil Pengujian GC.....	103

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi adalah salah satu hal terpenting di dunia. Energi telah menjadi jiwa bagi suatu negara. Jika sumber energi habis, negara tersebut pasti akan tidak bernyawa. Saat ini, sumber energi utama umat manusia adalah bahan bakar fosil. Permasalahan saat ini adalah bahan bakar fosil merupakan sumber daya yang tidak terbarukan dan pada akhirnya akan habis (Yanuar & Amrullah, 2015).

Berkurangnya pasokan energi fosil mendukung penelitian untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang berasal dari sumber daya alam terbarukan. Salah satu jenis energi terbarukan adalah biomassa. Biomassa berawal dari bahan-bahan organik dan diproduksi dengan tahapan termodinamika yang diakibatkan dari beberapa pengaruh diantaranya suhu dan volume. Bentuk dari konversi biomassa antara lain biogas, biodiesel, dan bioetanol. Biomassa ialah sarana penghasil energi bagi Indonesia. Persediaan sumber daya biomassa Indonesia direncanakan mencapai 49.810 MW dari tumbuhan dan limbah. Saat ini, potensi biomassa yang tersedia untuk produksi energi ialah

limbah dari limbah perkebunan layaknya limbah tebu, buah kelapa maupun kelapa sawit, dan juga hasil hutan layaknya limbah dari penggergajian maupun produksi kayu.

Perhatian khusus diberikan pada bahan baku selulosa, dan upaya dilakukan untuk menggunakan pemrosesan energi alternatif yang menghemat biaya produksi karena harganya terjangkau. Selulosa ditemukan di kayu oleh karena itu, penelitian ini menggunakan bahan utama yang mengandung selulosa yaitu kayu. Menurut Winarni & Bardant (2018), Indonesia merupakan negara dengan industri pengolahan kayu yang berkembang pesat. Produk akhir dari proses penggergajian kayu yaitu adanya limbah industri yang berupa serutan gergaji yang menumpuk dan kurang dimanfaatkan sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, mendaur ulang limbah kayu menjadi bioetanol merupakan salah satu cara untuk mengurangi limbah kayu. Pemanfaatan limbah kayu untuk menghasilkan bioetanol dapat menghasilkan nilai ekonomi dengan mengubah limbah kayu menjadi produk bermanfaat yang dapat menjadi sumber energi alternatif ramah lingkungan untuk masa depan. Teknologi daur ulang sampah diharapkan dapat

mencegah pencemaran lingkungan akibat penumpukan sampah (Pratama et al., 2021).

Salah satu produk kayu yang paling banyak dimanfaatkan yaitu kayu jati. Jati merupakan jenis kayu yang banyak digunakan di sebagian besar wilayah Indonesia. Jenis kayu ini cepat tumbuh dan mempunyai nilai jual yang cukup tinggi sehingga menjadi tanaman yang banyak ditanam orang. Jati sering digunakan sebagai bahan bangunan rumah dan sebagai bahan dasar kursi, meja, dan lemari. Penggunaan kayu jenis ini sangat tinggi sehingga berdampak pada penumpukan limbah kayu seperti serbuk gergaji. Serbuk gergaji merupakan produk limbah yang dihasilkan saat menggergaji kayu. Serbuk gergaji banyak ditemukan hampir di semua perusahaan pengolahan kayu dan pertanian. Sebelumnya serbuk gergaji hanya digunakan sebagai media nutrisi untuk budidaya jamur porcini dan pembuatan briket serta *chipboard* (Trisanti et al., 2018). Selain itu, serbuk gergaji seringkali dibuang, ditimbun, dibusukkan atau dibakar sehingga berdampak sangat negatif terhadap lingkungan (Leto, 2021).

Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol atau etil alkohol

(C₂H₅OH) merupakan cairan bening yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzena, dan semua pelarut organik, memiliki bau khas alkohol serta terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Bioetanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida (CO₂) dan air. Sifat-sifat kimia dan fisis bioetanol sangat tergantung pada gugus hidroksil. Pada tekanan >0,114 bar (11,5 kPa) etanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop. Bioetanol dapat digunakan untuk bermacam macam aplikasi tergantung kadar bioetanolnya. Kadar bioetanol yang masih rendah minimal 1% secara umum banyak digunakan sebagai pelarut, germisida, minuman, bahan anti beku, bahan bakar, dan senyawa antara untuk sintesis senyawa-senyawa organik lainnya. Bioetanol juga dapat digunakan sebagai pelarut karena bioetanol adalah pelarut yang menawarkan banyak keuntungan dari segi lingkungan, kesehatan, dan keberlanjutan sehingga menjadikannya pilihan yang lebih baik dalam banyak aplikasi industri, komersial dan resin maupun laboratorium. Sedangkan kadar bioetanol dengan nilai tinggi mencapai 90% ke atas dapat digunakan sebagai

energi alternatif pengganti bahan bakar (Wulandari et al., 2023).

Bioetanol merupakan salah satu alkohol jenis etanol yang didapatkan dari proses fermentasi glukosa (gula) menggunakan ragi, khususnya spesies *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi ini diproduksi secara komersial dalam skala besar untuk membuat roti dengan merek Fermipan. Durasi fermentasi harus diatur dengan tepat untuk memastikan produksi bioetanol optimal, karena terlalu singkat atau terlalu lama waktu fermentasi dapat mempengaruhi efisiensi konversi dan kualitas produk akhir bioetanol. Bioetanol yang dihasilkan kemudian dipisahkan melalui destilasi (Sulaiman, 2021).

Firman Allah tertuang dalam Qs. Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “telah tampak kerusakan di darat dan di laut yang disebabkan oleh perbuatan tangan manusia: Allah SWT menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Ayat tersebut menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi di alam juga disebabkan oleh ulah tangan manusia. Bencana atau musibah yang ada dan terjadi di muka bumi merupakan kehendak Allah SWT, maka dari itu tugas manusia adalah menjaga kelestarian di bumi dan tidak merusak bumi. Salah satu upaya untuk menjaga kelestarian alam adalah dengan memanfaatkan kembali limbah atau sampah. Limbah ini akan memiliki nilai ekonomi jika kita mengelolanya dengan baik. Memperbaiki perilaku manusia memerlukan waktu, apalagi ada orang-orang zalim yang sengaja membuang sampah sembarangan tanpa menyadari bahwa perilaku tersebut menimbulkan dosa yang kecil. Pengelolaan sampah merupakan strategi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat agar dapat bersahabat dengan sampah dan memperoleh manfaat ekonomi langsung dari sampah. Pentingnya menjaga lingkungan dan meningkatkan perekonomian masyarakat melalui pemanfaatan sampah sehingga menciptakan lingkungan yang bersih dan nyaman (Leto, 2021).

Pratama *et al* (2021) telah melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa nilai volume tertinggi bioetanol hasil fermentasi dari limbah serbuk gergajian kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

yaitu pada pemberian massa ragi 12 gram dengan lama fermentasi 4 hari sebesar 11,091 mL dan volume terendah pada pemberian massa ragi 4 gram dengan lama fermentasi 4 hari sebesar 5,243 mL dengan nilai rata-rata yaitu 8,191 mL sedangkan nilai kadar bioetanolnya berkisar antara 7,185 % - 9,896 % dengan kombinasi pemberian massa ragi 4 gram dengan lama fermentasi 6 hari memiliki nilai kadar bioetanol terendah dan pada pemberian massa ragi 12 gram dengan lama fermentasi 4 hari memiliki nilai kadar bioetanol tertinggi sehingga didapat nilai rata-rata sebesar 8,690% dan disimpulkan bahwa lamanya fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan sedangkan banyaknya ragi berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.

Uraian yang telah dikemukakan menjadi latar belakang penelitian yang dilakukan dalam memanfaatkan limbah serbuk kayu dalam hal ini adalah limbah serbuk kayu jati menjadi bioetanol. Inovasi terbaru yang dilakukan terdapat pada bahan baku yang digunakan di mana dalam penelitian sebelumnya limbah serbuk kayu jati ini belum pernah digunakan. Inovasi lainnya yaitu digunakannya instrumen kromatografi gas

untuk menguji kadar bioetanolnya dengan referensi dari penelitian yang dilakukan oleh Kolo et al (2021) dan dari Sulaiman (2021) terkait uji karakteristiknya karena kromatografi gas memiliki akurasi tinggi, dapat memisahkan bioetanol dari komponen lain dengan baik, mampu mendeteksi bioetanol pada konsentrasi rendah, proses analisis yang cepat dan efisien. Tujuan dari penelitian ini selain mengubah serbuk kayu jati menjadi bioetanol yaitu untuk mengetahui kadar yang dihasilkan juga untuk mengetahui karakteristik bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu jati.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu jati ?
2. Bagaimana karakteristik bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu jati ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu jati.

2. Untuk mengetahui karakteristik bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu jati.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat :

1. Sebagai salah satu upaya dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah.
2. Sebagai energi alternatif terbarukan bahan bakar minyak (BBM).
3. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya untuk memperdalam penelitian di bidang kimia.

BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f)

Jati (*Tectona grandis* L. f.) merupakan salah satu jenis kayu yang paling banyak diminati sejak dahulu karena memiliki corak yang unik dan elegan, kuat, awet, stabil, dan mudah dikerjakan. Akibat semakin terbatasnya ketersediaan kayu jati berkualitas di pasaran sejak 510 tahun terakhir ini para pengrajin terpaksa untuk menggunakan kayu jati unggul, yaitu kayu jati cepat tumbuh yang banyak ditanam oleh masyarakat, dan berasal dari pohon muda (dibawah 10 tahun) sebagai bahan baku (Wahyudi et al., 2014). Pada gambar 2.1 menunjukkan gambar dari kayu jati.



Gambar 2. 1 Kayu Jati

Klasifikasi tanaman jati (*Tectona grandis L.f*)

menurut Purwanta (2015) sebagai berikut:

- a. Kingdom : *Plantae*
- b. Subkingdom : *Tracheobionta*
- c. Superdivisi : *Spermatophyta*
- d. Subdivisi : *Angiospermae*
- e. Kelas :
Dicotyledoneae/Magnoliophyta
- f. Subkelas : *Asteridae*
- g. Ordo : *Lamiales*
- h. Famili : *Verbenaceae*
- i. Genus : *Tectona*
- j. Spesies : *Tectona grandis L.f*

Pohon jati tumbuh baik pada tanah sarang, terutama tanah berkapur pada ketinggian 0 sampai 700 m, pada daerah dengan musim kemarau dan curah hujan tahunan rata-rata 1200 sampai 2000 mm. Banyak di antaranya berada di Jawa, Sumatera, Nusa Tenggara Barat, Maluku, dan Lampung. Pohon jati tumbuh setinggi 45 meter, panjang batang tanpa cabang 15-20 meter, diameter batang 50-220 mm, dengan bentuk batang tidak beraturan beralur. (Erawati et al., 2014).

Ciri khas kayu jati adalah seratnya yang tipis, awalnya berwarna abu-abu kecokelatan dan lama kelamaan berubah menjadi coklat karena lama terkena sinar matahari dan udara. Serat kayu memiliki orientasi lurus dan terkadang menyatu, dengan panjang serat rata-rata 1316 μm , diameter 24,8 μm , dan ketebalan dinding 3,3 μm . Struktur pori sebagian besar berbentuk lingkaran dan terisolasi, dengan diameter 20–40 μm dan frekuensi 3–7 per mm^2 (Erawati et al., 2014).

Jati merupakan kayu berbobot sedang yang sangat lembut dan memiliki tampilan yang sangat unik. Kayunya jika disentuh terasa berminyak, berbau tanin, dan mudah luruh. Lingkaran pohon terlihat jelas pada bidang melintang dan radial dan sering kali menghasilkan gambar dan pola yang indah. Pori-pori pada kayu jati sebagian besar atau hampir seluruhnya berbentuk diskrit dan tersusun melingkar. Kayu jati mempunyai berat jenis 0,67 kg/m^3 dan termasuk kelas kuat II dan kelas tahan lama II (NOVENDRA, 2008). Sifat-sifat kayu jati ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Kayu Jati

Sifat	Satuan	Nilai
Berat jenis	kg/m ³	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
Kadar selulosa	%	47,5
Kadar lignin	%	29,9
Modulus elastis	mg/mm ³	127700
Kadar pentosa	%	14,4
Kadar abu	%	1,4
Kadar silica	%	0,4
Serabut	%	66,3
Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
Kelarutan dalam air panas	%	11,1
Kadar air saat titik jenuh serat	kal/g	5081
Kerapatan	kal/g	0,44
Nilai kalor	kal/g	5081

Serbuk gergaji merupakan butiran kayu yang dihasilkan pada saat penggergajian (Setiyono, 2004). Serbuk gergaji ini dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain limbah pertanian dan limbah pengerjaan kayu. Jumlah serbuk gergaji yang dihasilkan dari pengembangan/pemanenan dan pengolahan kayu gelondongan sangat besar. Total produksi kayu Indonesia mencapai 2,6 juta m³ per tahun dengan asumsi timbulan sampah sebesar 54,24% dari total produksi. Artinya, 1,4 juta m³ limbah

penggergajian kayu dihasilkan setiap tahunnya. Jumlah ini sangat besar karena menyumbang sekitar setengah dari produksi penggergajian kayu (April, 2002). Menurut data pabrik penggergajian kayu di Sumatera dan Kalimantan serta Balai Penelitian Hasil Hutan (BPHH) di Perum Perhutani Jawa, rata-rata hasil panen di pabrik penggergajian kayu adalah 45%, dan 55% sisanya berupa limbah. Hingga 10% serbuk gergaji adalah serbuk gergaji (Wibowo, 1990).

Limbah serbuk gergaji ini biasanya digunakan sebagai bahan bakar tungku atau dibakar begitu saja sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Faktanya, serbuk gergaji jati merupakan biomassa yang pemanfaatannya kurang optimal dan memiliki nilai kalori yang relatif tinggi. Mengubah serbuk gergaji menjadi briket meningkatkan nilai ekonomi bahan dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pirolisis memungkinkan serbuk gergaji jati yang dimanfaatkan secara kurang optimal dapat diolah menjadi produk yang bernilai ekonomis baik berupa asap cair maupun gas (Angga, 2007).

Serbuk kayu jati merupakan salah satu produk limbah yang dihasilkan selama pengolahan kayu. Unsur-unsur penyusun kayu banyak terdapat pada senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komposisi kimia kayu terdiri dari tiga unsur: unsur karbohidrat yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa, unsur non karbohidrat yang terdiri dari lignin, dan unsur yang disimpan di dalam kayu selama proses pertumbuhan (ekstraktif) (Rahmi, 2009). Wujud serbuk gergaji kayu jati bias dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Serbuk Gergaji Kayu Jati

2. Bioetanol

Bioetanol merupakan cairan yang dihasilkan melalui proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (selulosa) dengan menggunakan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman

selulosa dilakukan dengan mengubah lignoselulosa menjadi selulosa menggunakan berbagai metode antara lain hidrolisis fisik, kimia, dan biologi (Khairani, 2007).

Bioetanol memiliki karakteristik mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik, dan tidak berdampak negatif pada lingkungan. Bioetanol mempunyai manfaat untuk dikonsumsi manusia sebagai minuman beralkohol. Selain itu, bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan kandungan minimal 10 % etanol (Seftian et al., 2012). Biaya produksi bioetanol tergolong murah karena sumber bahan baku berasal dari limbah pertanian yang memiliki nilai ekonomis yang rendah (Windarti et al., 2014).

Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap minyak tanah sekaligus menjadi pemasok energi nasional. Bioetanol diperoleh melalui fermentasi bahan yang mengandung pati, sukrosa, glukosa, atau fruktosa. Etanol mempunyai banyak manfaat dan dapat dikonsumsi manusia sebagai bahan minuman beralkohol maupun sebagai bahan obat-obatan

dan kosmetik (Erliza, 2008). Etanol juga digunakan dalam penyedap rasa, obat-obatan, dan antibeku. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terfokus pada produksi etanol sebagai bahan bakar dan pelarut kimia (U.W, 1976).

Bioetanol dengan kadar rendah minimal 1% dapat dimanfaatkan juga sebagai pelarut industri yang dalam beberapa aplikasi industri, bioetanol dengan kadar rendah dapat digunakan sebagai pelarut untuk proses kimia tertentu lalu bisa digunakan juga sebagai bahan baku kimia yang bisa digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis kimia lainnya, meskipun konsentrasinya yang rendah mungkin memerlukan proses pemurnian lebih lanjut. Aplikasi lainnya yaitu digunakan sebagai penelitian dan pengembangan yang mana bisa digunakan dalam laboratorium penelitian untuk eksperimen yang mempelajari proses fermentasi atau produksi bioetanol (Wulandari et al., 2023). Tabel 2.2 adalah tabel aplikasi bioetanol berdasarkan kadarnya.

Tabel 2. 2 Aplikasi Bioetanol dalam berbagai kadar

Kadar Bioetanol (%)	Aplikasi	Sumber Jurnal
1-10%	Bahan untuk parfum, kosmetik, dan produk konsumen lainnya	Mondal et al. (2022). Bioethanol in Cosmetic Formulations: Innovation and Environmental Impact. <i>Journal of Cosmetic Science</i> , 73(2), 101-115.
10-20%	Bahan pembersih, disinfektan, dan antiseptik	Kampf G. (2020). Efficacy of ethanol against viruses in hand disinfection
20-40%	Bahan tambahan makanan dan minuman beralkohol	Urtubia et al. (2007). <i>Ethanol as a Food Additive: Regulatory and Health Aspects</i> . <i>Food Chemistry</i> , 99(3), 753-760
40-60%	Pelarut dalam industri farmasi	Kumar, R., & Gupta, V. (1999). <i>Utilisation of Biomass for the</i>

		<i>Supply of Energy Carriers. Applied Microbiology and Biotechnology, 52(5), 552-559.</i>
60-80%	Bahan bakar alternatif dan campuran untuk industri	Lee & Lee (2016). Sustainable Bioethanol Production for Industrial Applications. <i>Renewable Energy, 147, 1702-1715.</i>
80-95%	Bahan bakar kendaraan, terutama dalam campuran dengan bensin	Gupta, R., & Kumar (2020). Evaluating the Performance of Ethanol-Blended Fuels in Internal Combustion Engines. <i>Fuel, 276, 118076.</i> ScienceDirect PDF
95-99.9%	Produk farmasi dan laboratorium (pil, ekstrak, tincture)	Wang, Y., & Li (2021). High-Purity Bioethanol for Pharmaceutical Applications: Production and Purification Strategies. <i>Journal</i>

		of Biotechnology, 325, 37-47.
--	--	----------------------------------

Bahan baku bioetanol dapat terbagi menjadi 3 bagian yaitu bahan berpati, berupa singkong atau ubi kayu, ubi jalar, tepung sagu, biji jagung, biji sorgum, gandum, kentang, ganyong, garut, umbi dahlia ; Bahan bergula, berupa molase (tetes tebu), nira tebu, nira kelapa, nira batang sorgum manis, nira aren (enau), gewang, nira lontar; dan bahan berselulosa, berupa limbah logging, limbah pertanian seperti jerami padi, ampas tebu, janggal (tongkol) jagung, onggok (limbah tapioka), batang pisang, serbuk gergaji (grajen) (P, 2008).

Pemanfaatan bioetanol diarahkan untuk memberikan kontribusi yang signifikan terhadap bauran energi nasional (*national energy mix*) terutama sebagai bahan bakar pencampur ataupun pensubstitusi bensin. Pemerintah melalui Dewan Standarisasi Nasional (DSI) telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bioetanol dengan tujuan melindungi konsumen (dari segi mutu), produsen. Standar Nasional Indonesia (SNI) bioetanol disusun oleh

Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) melalui tahapan - tahapan baku tata cara perumusan standar nasional (Yanuar & Amrullah, 2015).

Tabel 2.3 merupakan tabel SNI bioetanol yang merupakan revisi dari SNI 7390:2008, bioetanol terdenaturasi untuk gasohol, yang disusun dengan memperhatikan masukan dari konsumen, produsen dan penyalur serta standar sejenis yang sudah berlaku di negara-negara lain yang pemakaian bioetanolnya sudah luas dan mencapai tahap komersial (Jenderal et al., 2008).

Tabel 2. 3 Standar dan Mutu Biofuel Jenis Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif yang Dipasarkan di dalam Negeri

Parameter Uji	Unit, min/ max	Spesifikasi
Kadar etanol	%-v, min	99,5 (setelah didenaturasi) 94,0 (setelah didenaturasi)
Densitas suhu 15,56°C	g/mL	0,7936 - 0,7961
Densitas suhu 25°C		0,7871 - 0,7936
Densitas maks		0,8215
Kadar metanol	mg/L, maks	0,5
Kadar air	%v, maks	0,7
Kadar denaturan hidrokarbon	%v	2 - 5
Kadar denaturan denatium benzoat	%v	4 - 10
Kadar Tembaga	mg/L	0,1
Keasaman sebagai asam asetat	mg/kg, maks	30
Tampilan		Jernih, terang, tidak ada endapan dan kotoran
Kadar ion klorida (Cl ⁻)	mg/L, maks	20
Kandungan Belerang (S)	mg/L, maks	50

Kadar getah purwa dicuci (<i>washed gum</i>)	mg/100 mL, maks	5
--	-----------------	---

Sumber : SNI 7930:2012, BIOETANOL

TERDENATURASI UNTUK GASOHOL

3. Maserasi

Maserasi adalah salah satu proses penting dalam pembuatan bioetanol, terutama ketika menggunakan bahan baku lignoselulosa seperti jerami, sekam padi, atau bagas tebu. Beberapa kelebihan maserasi dalam pembuatan bioetanol meliputi:

- a. Peningkatan ketersediaan gula fermentasi dimana maserasi membantu memecah jaringan tanaman, memisahkan selulosa dan hemiselulosa dari lignin, sehingga enzim dapat lebih mudah mengakses dan menghidrolisis polisakarida menjadi gula sederhana yang bisa difermentasi.
- b. Efisiensi konversi yang lebih tinggi dengan memecah struktur bahan baku, maserasi meningkatkan jumlah gula yang bisa diekstraksi, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan proses konversi menjadi bioetanol.

- c. Penurunan konsumsi energi dalam proses selanjutnya bahan baku yang sudah melalui maserasi lebih mudah diproses pada tahap-tahap berikutnya, seperti sakarifikasi dan fermentasi, yang bisa mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi.
 - d. Peningkatan kapasitas produksi karena peningkatan ketersediaan gula dan efisiensi proses, maserasi dapat membantu meningkatkan kapasitas produksi bioetanol, yang bisa menguntungkan dalam skala industri.
 - e. Pengurangan waktu proses: proses maserasi dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk sakarifikasi dan fermentasi karena bahan yang telah dimaserasi lebih cepat dihidrolisis dan difermentasi.
 - f. Peningkatan kualitas produk: dengan proses maserasi yang baik, hasil akhir bioetanol dapat memiliki kualitas yang lebih tinggi, dengan kandungan etanol yang lebih murni dan stabil.
- Secara keseluruhan, maserasi adalah langkah yang penting dalam optimalisasi produksi

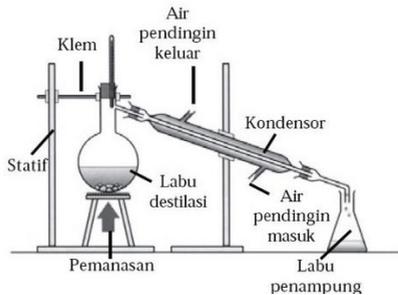
bioetanol, khususnya dari bahan baku lignoselulosa, untuk memastikan efisiensi dan kualitas yang tinggi (Hidayat, 2013).

4. Destilasi

Prinsip destilasi adalah cairan menguap dan uap mengembun kembali pada suhu mendidih. Titik didih suatu zat cair adalah suhu dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan atmosfer. Cairan yang terkondensasi disebut distilat. Tujuan destilasi atau penyulingan adalah untuk memurnikan cairan pada titik didihnya dan memisahkan cairan tersebut dari padatan terlarut atau cairan lain yang mempunyai titik didih berbeda dengan cairan murni. Pada distilasi normal, tekanan uap di atas cairan adalah tekanan atmosfer (titik didih normal). Untuk senyawa murni, suhu yang diukur dengan termometer yang ditempatkan pada titik proses distilasi sesuai dengan titik didih destilat (Sahidin, 2008).

Destilasi dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu ada destilasi konvensional (sederhana), destilasi fraksional atau destilasi bertingkat, destilasi vakum, destilasi uap dan

destilasi azeotrop. Destilasi yang digunakan disini adalah destilasi konvensional (sederhana) dan penerapannya sangat sederhana. Proses destilasi ini terjadi ketika campuran dipanaskan dan sebagian komponen yang mudah menguap menguap ke atas dan mendingin hingga mengembun di dinding kondensor. Pada destilasi sederhana, komponen yang tercampur lebih sedikit, sehingga tidak terjadi fraksinasi selama kondensasi. Destilasi sederhana daripada pemisahan kimia yang sebenarnya sering digunakan untuk memurnikan sampel. Rangkaian destilasi sederhana ditunjukkan pada gambar 2.3 (Setiawan, 2018).



Gambar 2. 3 Rangkaian Alat Destilasi

5. Kromatografi Gas

Kromatografi gas menggunakan gas sebagai fase gerak yang dilewatkan melalui lapisan

penyerap tetap (adsorben) untuk memisahkan campuran menjadi komponen-komponennya. Kromatografi gas merupakan salah satu instrumen analisis (analisis kualitatif/analisis kuantitatif). Kromatografi gas dianggap sebagai metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis senyawa organik. Kita telah mengetahui bahwa ada dua jenis kromatografi gas: kromatografi gas padat (KGP) dan kromatografi gas cair (KGC). Dalam kedua kasus tersebut, fase geraknya adalah gas (oleh karena itu keduanya disebut kromatografi gas), tetapi fase diamnya berbeda. Namun, ada banyak kesamaan antara kedua metode ini. Perbedaan antara keduanya hanyalah cara kerjanya (Saatrohamidjojo, 1991).

Umumnya, GC (*gas chromatography*) digunakan untuk pemisahan dan deteksi semua jenis senyawa yang mudah menguap dan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif senyawa dalam campuran (Gandjar & Rohman, 2009). Mekanisme kerja GC adalah sampel campuran yang akan dipisahkan diinjeksikan ke dalam injektor. Sampel kemudian diangkut ke kolom dengan gas pembawa. Komponen sampel dipisahkan dalam

kolom. Komponen yang terpisah keluar dari kolom dan dideteksi oleh detektor. Hal ini kemudian direkam oleh perekam, menciptakan kromatogram yang terdiri dari beberapa puncak (Hendayana, 2006). Tampilan Instrumen Kromatografi Gas ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Instrumen Kromatografi Gas

Komponen sistem kromatografi gas yang ada pada gambar 2.4 terdiri dari :

a. Gas Pembawa

Gas pembawa berfungsi untuk mengangkut komponen-komponen campuran yang sedang atau telah dipisahkan. Gas yang digunakan harus inert dan murni terhadap sampel atau fase diam dan dapat disimpan dalam tangki

bertekanan tinggi. Biasanya helium, nitrogen, hidrogen, atau campuran argon dan metana digunakan sebagai gas pembawa (Gandjar & Rohman, 2009).

b. Ruang suntik sampel

Ruang injeksi sampel digunakan untuk memasukkan sampel ke dalam aliran gas pembawa. Untuk memastikan sampel menguap dengan cepat setelah injeksi sampel, ruang injeksi harus dipanaskan secara terpisah dari kolom hingga suhu di atas suhu kolom maksimum 10-15 °C (Gandjar & Rohman, 2009).

c. Kolom

Kolom tersebut berisi fasa diam yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pemisahan komponen dari sampel. Ada dua jenis kolom di GC: kolom kemas dan kolom kapiler. Kolom fase diam yang dikemas hanya dapat dilapisi pada suatu penyangga, sedangkan kolom fase diam kapiler juga dapat dilapisi pada dinding kolom atau dicampur dengan sejumlah kecil penyangga

inert yang sangat halus (Gandjar & Rohman, 2009).

d. Detektor

Detektor adalah sensor elektronik yang mengubah sinyal gas pembawa dan komponen yang terkandung di dalamnya menjadi sinyal elektronik. Sinyal elektronik dapat direpresentasikan sebagai kromatogram dalam bentuk rangkaian area puncak seiring waktu. Luas puncak kromatogram pada waktu retensi tertentu dapat digunakan sebagai data kualitatif, dan luas puncak dalam kromatogram dapat digunakan sebagai data kuantitatif (Gandjar & Rohman, 2009).

B. Kajian Pustaka

1. Kajian Riset Terdahulu

Penelitian ini mengambil referensi dari penelitan sebelumnya diantaranya yaitu Pratama *et al* (2021) membahas tentang pembuatan bioetanol dari limbah serbuk kayu sengon. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai volume bioetanol hasil fermentasi dari limbah serbuk gergajian kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*

(L.) Nielsen) yaitu volume tertinggi pada pemberian massa ragi 12 gram dengan lama fermentasi 4 hari sebesar 11,091 mL dan volume terendah pada pemberian massa ragi 4 gram dengan lama fermentasi 4 hari sebesar 5,243 mL dengan nilai rata-rata yaitu 8,191 mL sedangkan nilai kadar bioetanolnya berkisar antara 7,185 % - 9,896 % dengan kombinasi pemberian massa ragi 4 gram dengan lama fermentasi 6 hari memiliki nilai kadar bioetanol terendah dan pada pemberian massa ragi 12 gram dengan lama fermentasi 4 hari memiliki nilai kadar bioetanol tertinggi sehingga didapat nilai rata-rata sebesar 8,690% dan disimpulkan bahwa lamanya fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan sedangkan banyaknya ragi berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.

Darmaji *et al* (2020) membahas tentang pembuatan bioetanol dari limbah serbuk kayu galam. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut yaitu hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai volume etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serbuk gergajian kayu galam

(*Melaleuca cajuputi* Powell) berkisar antara 3,973-7,863 mL. Pemberian ragi terhadap variasi lamanya waktu fermentasi serbuk gergaji kayu galam tidak berpengaruh nyata dengan volume bioetanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini tidak diukur berapa kadar etanol yang didapatkan.

Sulaiman (2021) membahas tentang analisis uji karakteristik bioetanol dari pisang hutan terhadap variasi ragi masing masing 3%, 4%, 5% dari bahan baku lalu difermentasi selama 7 hari. Bioetanol berbahan buah pisang hutan mempunyai potensi cukup baik untuk dikembangkan karena kualitas bioetanol yang dihasilkan memiliki nilai densitas dan *specific gravity* sesuai dengan standar mutu bioetanol yaitu sebesar 0,78 g/mL pada ragi 3% dari bahan baku dan mempunyai nilai kalor yang punya hubungan erat dengan *API Gravity* mendekati nilai maksimum pada standar mutu bioetanol yaitu sebesar 3702,30 kkal/kg pada ragi sebesar 5%. Nilai kadar etanol yang paling besar diperoleh pada kadar jumlah ragi sebesar 5% yaitu 24,8%. Nilai kadar air yang paling rendah diperoleh pada kadar jumlah ragi sebesar 3% yaitu 75%.

Yanuar & Amrullah (2015) membahas tentang uji eksperimental kadar bioetanol eceng gondok hasil destilasi dengan variasi waktu fermentasi. Penelitian ini ingin membuktikan bahwa waktu fermentasi berpengaruh pada bioetanol yang dihasilkan. Proses fermentasi dalam penelitian ini dapat berjalan dan menghasilkan etanol. Hasil kadar etanol tertinggi pada waktu 48 jam dengan etanol sebesar 3,262%. Etanol dari daun tanaman eceng gondok pada penelitian ini belum dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol saat ini karena kadarnya yang tidak sesuai dengan SNI.

Maryana & Silsia (2020) membahas tentang pengaruh konsentrasi dan jenis ragi pada produksi bioetanol dari ampas tebu. Berdasarkan penelitian ini didapat bahwa konsentrasi ragi dan jenis ragi berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi ragi akan meningkatkan rendemen dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh dari penggunaan ragi roti dengan konsentrasi 0,8%, yaitu 14,61% (b/b).

Winarni *et al* (2017) membahas tentang formulasi ragi campuran untuk produksi bioetanol dari limbah kayu sengon (*for bioethanol production yeast mixed formulation made from sengon wood waste*). Ragi yang digunakan pada fermentasi etanol adalah *Saccharomyces cerevisia*, karena memiliki daya konversi menjadi etanol sangat tinggi, metabolismenya sudah diketahui, metabolit utama berupa etanol, karbon dioksida, air dan sedikit menghasilkan metabolit lainnya. Ragi ini telah banyak diproduksi secara komersial dengan merk dagang fermipan untuk pembuatan roti. Penelitian ini menghasilkan kadar etanol sebesar 1,569%.

Kolo *et al* (2021) membahas tentang produksi bioetanol sebagai energi terbarukan dari rumput laut *Ulva reticulata* asal Pulau Timor. Dalam penelitian menggunakan instrumen kromatografi gas untuk menguji kadar bioetanol yang didapatkan. Kromatografi gas digunakan untuk melihat kadar bioetanol yang lebih akurat. Dalam penelitian ini digunakan dua metode untuk mengukur kadar etanol. Hasil analisis kadar etanol

dengan metode piknometer yakni sebesar 1% dan metode kromatografi gas sebesar 5,02%.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dalam rangka mendapatkan kadar bioetanol yang optimal dari berbagai bahan. Pembaharuan dilakukan dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu jati sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Selain itu digunakannya instrumen kromatografi gas untuk menguji kadar bioetanolnya dan juga pengujian karakteristiknya karena penelitian terdahulu ada yang menguji karakteristiknya tapi saat pengukuran kadar bioetanolnya tidak menggunakan kromatografi gas begitu juga sebaliknya ada peneliti yang mengukur kadar bioetanolnya dengan kromatografi gas tetapi tidak menguji karakteristik lainnya. Berdasarkan beberapa penjabaran penelitian yang telah dilakukan maka dari itu penulis memadukan antara referensi peneliti yang satu dengan yang lainnya dengan tujuan dapat memperoleh hasil yang lebih baik.

2. Hipotesis

Limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis L.f.*) mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol melalui proses fermentasi. Optimalisasi parameter proses fermentasi akan meningkatkan efisiensi konversi serbuk kayu jati menjadi bioetanol, sehingga menghasilkan produk bioetanol dengan konsentrasi dan kemurnian yang lebih tinggi. Penggunaan limbah serbuk kayu jati sebagai bahan baku bioetanol akan memberikan nilai tambah ekonomis dan lingkungan, mengurangi limbah padat industri kayu, dan menyediakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan yaitu gelas ukur, tabung reaksi, gelas beker, erlenmeyer, neraca analitik, piknometer, pengaduk kaca, corong pemisah, labu godok, labu takar, termometer, ayakan 60 mesh, rangkaian alat destilasi, baskom, kertas saring, toples, *aluminium foil*, plastik *wrap*, karet, pH universal, panci, dan kompor

Instrumen yang digunakan adalah instrumen GC (*Gas Chromatography*) *Buck Scientific 910*.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari limbah serbuk kayu jati, air, ragi fermipan, HNO₃ teknis 65% (p.a, Merck), metanol (p.a, Merck), etanol (p.a, Merck) dan aquades (p.a, Merck).

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Serbuk Kayu Jati

Serbuk kayu jati diambil dari limbah industri mebel kayu di Jepara. Limbah serbuk yang dipakai disini adalah serbuk kayu yang halus. Serbuk kayu jati yang telah halus kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kadar air yang masih ada lalu kemudian diayak dengan pengayak ukuran 60 mesh. Serbuk kayu jati hasil ayakan kemudian siap dimaserasi (Monariqsa et al., 2012).

2. Ekstraksi Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Jati

Serbuk kayu jati hasil ayakan dimaserasi dengan metanol untuk menghilangkan lemak, protein, dan metabolit sekunder yang ada di dalam komponen kayu. Penggunaan pelarut polar dapat efektif menghilangkan fraksi tersebut dengan meninggalkan residu yang berupa selulosa dan hemiselulosa. Serbuk kayu jati yang halus dimaserasi dengan cara direndam dalam botol maserasi menggunakan pelarut metanol. Proses maserasi dengan metanol dilakukan selama 6-7 hari sampai larutan tidak lagi berwarna dengan mengganti metanol setiap dua hari. Setelah proses

maserasi selesai sampel yang berupa residu lalu dikeringkan (Monariqsa et al., 2012).

3. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati

Prosedur penelitian ini mengacu kepada Susanto (2003) yang telah dimodifikasi yaitu menimbang sampel (serbuk gergaji kayu jati) seberat 50 g sebanyak 9 sampel. Langkah berikutnya yaitu membungkus serbuk dengan *aluminium foil* dan mengukus serbuk pada suhu kurang lebih 100°C selama 30 menit, mendinginkan serbuk/sampel. Prosedur berikutnya yaitu memasukkan serbuk kayu ke dalam gelas beker dan memberikan larutan asam nitrat sebanyak 5 mL, mengaduk sampel selama 5 menit hingga rata dan mencampurkan aquades 250 mL ke dalam sampel untuk pengenceran sambil terus diaduk. Langkah berikutnya yaitu menyiapkan alat penyaring yaitu kertas saring, corong dan gelas, menyaring sampel, secara berulang-ulang dengan menambahkan aquades hingga sampel menghasilkan warna air yang bening (pH 3-4) dengan tujuan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang tidak

diinginkan yang diukur menggunakan indikator pH universal, lalu mendinginkan sampel selama 15 menit, kemudian memindahkan sampel ke *aluminium foil* yang baru, dan menaburkan ragi (yang sudah dihaluskan) pada sampel A1, A2, dan A3 dengan berat ragi masing-masing 3g, 6g, dan 9 g. Prosedur selanjutnya yaitu membungkus serbuk kayu dengan *aluminium foil* hingga rapat dan memasukkannya ke dalam wadah (toples) dan menutupnya dengan rapat, menyimpan masing-masing sampel ke dalam toples dengan variasi lamanya waktu (2 hari untuk 3 buah sampel B1, 4 hari untuk 3 buah sampel B2, 6 hari untuk 3 buah sampel B3), sehingga didapatkan 9 buah sampel untuk semua perlakuan sesuai dengan tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Faktor Variasi Ragi dan Variasi Waktu Fermentasi

Faktor A (Banyaknya Ragi)	Faktor B (Lamanya Waktu Fermentasi)
3 gram	2 hari
6 gram	4 hari
9 gram	6 hari

Setelah melewati waktu yang ditentukan, maka ditambahkan air sebanyak 100 mL ke dalam

sampel dan dibiarkan selama 24 jam untuk persiapan destilasi, kemudian sampel disaring hingga didapatkan sampel cair (air dan etanol) . Sampel cair dimasukkan ke dalam labu godok, lalu didestilasi dengan tujuan untuk memisahkan antara air dan etanol (Darmaji et al., 2020).

4. Tahap Pengujian Karakteristik Bioetanol

4.1. Analisis Kadar Air Bioetanol

Uji kadar air bioetanol dilakukan dengan menghitung berat awal hasil fermentasi dikurangi berat akhir setelah didestilasi dibagi dengan berat awal. Adapun perumusan dalam menghitung kadar air, yaitu (Sulaiman, 2021) :

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.1)$$

A adalah berat sampel awal (mL) dan B adalah berat sampel akhir (mL).

4.2. Analisis Densitas

Densitas merupakan pengukuran massa tiap satuan volume benda atau bisa juga diartikan sebagai perbandingan antara massa dengan volume benda. Berdasarkan syarat mutu bioetanol dari Badan Standar

Nasional, densitas maksimal 0,8215 g/mL. Densitas bioetanol diperoleh dengan membagi massa bioetanol dengan volumenya di mana massa bioetanol adalah selisih massa antara piknometer kosong dan yang berisi bioetanol (Sulaiman, 2021).

$$Ds = \frac{mb}{vb} \quad (3.2)$$

Ds adalah densitas bioetanol (g/mL), mb adalah massa bioetanol (gr) dan vb = volume bioetanol (mL).

4.3. Analisis *Specific Gravity* dan *API (American Petroleum Institute) Gravity*

Nilai *specific gravity* (sg) sebanding dengan nilai densitas. Nilai ini merupakan berat persatuan voume dari suatu bahan. Adapun hubungan antara *specific gravity* (sg) dan *API (American Petroleum Institute) Gravity* (G) adalah sebagai berikut (Sulaiman, 2021).

$$G = \frac{141,5}{sg} - 131,5 \quad (3.3)$$

Besarnya harga dari *API gravity* berkisar dari 0 - 100, sedangkan *specific gravity* merupakan harga relatif dari

densitas suatu bahan terhadap air. Nilai densitas, *specific gravity* dan *API gravity* kemudian digunakan untuk menghitung nilai kalor. Hubungan antara densitas dan *specific gravity* adalah sebagai berikut (Sulaiman, 2021).

$$sg = \frac{\text{density} \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{\text{density air} \left(\frac{kg}{m^3}\right)} \quad (3.4)$$

G adalah *API Gravity* dan sg adalah *specific gravity*

4.4. Analisis Nilai Kalor

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui energi kalor yang dihasilkan pada setiap komposisi bioetanol yang akan diuji. Nilai kalor (NK) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Sulaiman, 2021) :

$$NK = \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 + 40x (G - 10)) \text{ kkal/g} \quad (3.5)$$

NK adalah nilai kalor (kkal/kg) dan G adalah *API Gravity* yang diperoleh dari hasil perhitungan pada persamaan 3.3.

4.5. Uji Kadar Bioetanol dengan Kromatografi Gas

Untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan lebih akurat, maka dilakukan analisa menggunakan *Gas Chromatography* (GC) (Kolo et al., 2021).

Kadar destilat bioetanol ditentukan dengan kromatografi gas (kolom chromosorb 102) pada suhu 160°C dengan cara membandingkan luas puncak sampel dengan luas puncak larutan standar etanol 10% pada kromatogram (Sanjiwani et al., 2018).

Kadar etanol (%) =

$$\frac{\text{luas puncak sampel}}{\text{luas area standar}} \times \text{konsentrasi standar}$$

(3.6)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik dan kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah serbuk kayu jati. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengolahan bahan, melakukan fermentasi, destilasi dan menganalisis karakteristik bioetanol. Analisis kualitas bioetanol menggunakan analisis kadar air, densitas, *specific gravity* dan *API gravity*, nilai kalor dan kadar etanol menggunakan instrumen GC (*Gas Chromatography*).

A. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati

Pembuatan bioetanol dimulai dengan menyiapkan bahan baku limbah serbuk kayu jati yang telah direndam dengan metanol hingga larutannya berwarna bening tujuannya adalah untuk mendapatkan residu selulosanya. Penggunaan pelarut polar dapat efektif menghilangkan fraksi yang terkandung dalam kayu berupa lemak, protein, dan metabolit sekunder dengan meninggalkan residu yang berupa selulosa dan hemiselulosa (Monariqsa et al., 2012). Selanjutnya dilakukan fermentasi dengan menambahkan beberapa variasi ragi yang diantaranya adalah sebanyak 3, 6, dan

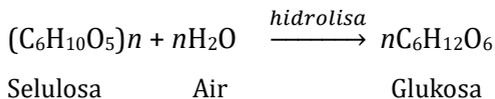
9 gram. Bahan baku yang digunakan pada setiap variasi ragi sebanyak 50 gram serbuk gergaji.

Proses fermentasi dalam penelitian ini menggunakan waktu yang bervariasi pada masing-masing massa ragi yang diberikan yaitu selama 2, 4, dan 6 hari. Proses fermentasi berlangsung secara anaerob, yaitu tidak memerlukan udara. Menurut Sulaiman (2021) dari hasil fermentasi tersebut akan menghasilkan tiga lapisan yaitu lapisan berupa endapan protein dan di atasnya adalah air dan etanol. Memisahkan larutan etanol dengan endapan protein dilakukan dengan proses penyaringan. Larutan etanol yang masih mengandung air siap untuk diproses ke tahap selanjutnya yaitu proses destilasi. Proses destilasi yang dilakukan untuk memisahkan etanol dari larutan hasil fermentasi dengan cara memanaskan larutan tersebut dengan menjaga suhu pemanasan pada titik didih etanol 78°C sehingga etanol lebih dahulu menguap dan uap tersebut dialirkan pada pipa terkondensasi dan kembali lagi menjadi etanol cair. Dilanjutkan ke tahap pengujian karakteristik bioetanol untuk mengetahui kualitas bioetanol berbahan limbah serbuk kayu jati.

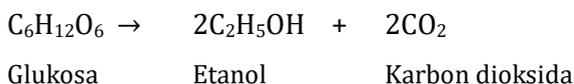
Reaksi kimia untuk mengubah selulosa kayu menjadi bioetanol melibatkan beberapa tahap utama:

hidrolisis selulosa menjadi glukosa dan fermentasi glukosa menjadi etanol. Berikut adalah langkah-langkah reaksi kimianya menurut Tse et al (2021) :

1. Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa:



2. Fermentasi Glukosa Menjadi Etanol dan Karbon Dioksida:



Gabungan dari kedua reaksi ini memberikan gambaran umum tentang proses kimia konversi selulosa kayu menjadi bioetanol. Proses tersebut biasanya dilakukan dengan bantuan enzim atau asam untuk hidrolisis dan ragi atau bakteri untuk fermentasi.

B. Pengujian Karakteristik Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati

1. Analisis Kadar Air

Uji kadar air dilakukan dengan menghitung berat awal hasil fermentasi dikurangi berat akhir setelah didestilasi dibagi dengan berat awal sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman, dkk (2021). Volume yang dihasilkan sebelum

destilasi terlihat pada tabel 4.1 sedangkan volume bioetanol yang dihasilkan setelah didestilasi terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Volume Bioetanol Sebelum Destilasi

Lama Fermentasi	Volume Bioetanol		
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram
2 HARI	92 mL	95 mL	96 mL
4 HARI	97 mL	97 mL	96 mL
6 HARI	98 mL	98 mL	95 mL

Tabel 4. 2 Volume Bioetanol Setelah Destilasi

Lama Fermentasi	Volume Bioetanol		
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram
2 HARI	43 mL	32 mL	28 mL
4 HARI	19 mL	31 mL	28,5 mL
6 HARI	25 mL	28,5 mL	31 mL

Terlihat pada tabel 4.2 bahwa pada fermentasi 2 hari semakin banyak jumlah ragi yang diberikan maka volume yang dihasilkan semakin kecil. Pada fermentasi 4 hari pada variasi 3 gram ragi dan 6 gram ragi terlihat bahwa volume yang dihasilkan semakin banyak tetapi ketika diberi ragi sebanyak 9 gram volume yang

dihasilkan kembali turun itu artinya pada pemberian ragi sebanyak 9 gram sudah melewati batas optimum sedangkan pada fermentasi 6 hari semakin banyak massa ragi yang dihasilkan maka semakin banyak volume yang dihasilkan. Maka dari itu dapat dilihat bahwa pada variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari paling banyak volume bioetanolnya yaitu sebesar 43 mL sedangkan yang volume bioetanolnya sedikit adalah pada variasi 3 gram dengan fermentasi 4 hari yaitu sebesar 19 mL.

Berdasarkan tabel 4.3, terlihat bahwa pada variasi lama fermentasi 2 hari semakin besar jumlah massa ragi yang diberikan maka semakin besar pula nilai kadar air yang diperoleh dan didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman, dkk (2021). Pada lama fermentasi 4 hari terlihat bahwa pada pemberian ragi 3 gram dan 6 gram nilai kadar airnya berturut turut menurun dan pada kadar 9 gram kadar airnya kembali naik, itu artinya pada kadar 9 gram nilai yang didapatkan sudah tidak lagi optimum. Sedangkan pada fermentasi 6 hari semakin banyak massa ragi yang diberikan maka kadar air yang dihasilkan

semakin menurun. Pada lama fermentasi 2 hari dan 6 hari kadar air yang dihasilkan sudah tidak lagi optimum karena menurut penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman, dkk (2021) semakin besar jumlah massa ragi yang diberikan maka semakin besar pula nilai kadar air yang diperoleh.

Tabel 4. 3 Analisis Kadar Air

Lama Fermentasi	Kadar Air			SNI
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram	
2 HARI	53,26%	66,31%	70,83%	0,7-2%
4 HARI	80,41%	68,04%	70,31%	0,7-2%
6 HARI	74,48%	70,91%	67,36%	0,7-2%

Kadar air yang dihasilkan dari beberapa variasi ragi menunjukkan bahwa kadar air tertinggi diperoleh dari kadar jumlah ragi sebesar 3 gram dengan fermentasi selama 4 hari yaitu sebesar 80,41% sedangkan kadar air terendah diperoleh dari kadar jumlah ragi sebesar 3 gram dengan fermentasi selama 2 hari yaitu sebesar 53,26 % maka dari itu, hasil yang terbaik adalah pada variasi ragi 3 gram dengan fermentasi selama 2 hari. Data yang dihasilkan dari penelitian ini

menunjukkan bahwa nilai kadar air bioetanol belum memenuhi syarat mutu bioetanol dengan nilai maksimum 2%. Menurut Sulaiman, dkk (2021) Hal ini disebabkan karena variasi lamanya fermentasi bioetanol dapat mempengaruhi hasil destilasi etanol yang didapatkan karena fermentasi adalah proses di mana mikroorganisme, seperti ragi, mengubah gula menjadi etanol dan karbon dioksida. Proses fermentasi yang tidak cukup lama atau terlalu lama dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan, yang kemudian berdampak pada hasil akhir dari destilasi.

2. Analisis Densitas

Analisis densitas berdasarkan syarat mutu bioetanol yaitu maks 0,8215 g/mL. Terlihat pada tabel 4.4 bahwa adanya perbedaan hasil nilai densitas terhadap variasi ragi yang diberikan. Nilai densitas yang terkecil diperoleh pada massa ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari sebesar 0,8825 g/mL sedangkan nilai densitas yang terbesar diperoleh pada massa ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari sebesar 0,9622 g/mL.

Tabel 4. 4 Analisis Densitas

Lama Fermentasi	Densitas (g/mL)			SNI (gr/mL)
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram	
2 HARI	0,967	0,9204	0,8825	0,8215
4 HARI	0,9377	0,9622	0,9528	0,8215
6 HARI	0,9385	0,923	0,9487	0,8215

Terlihat pada tabel 4.4 bahwa adanya perbedaan hasil nilai densitas terhadap variasi ragi yang diberikan. Nilai densitas pada variasi lama fermentasi 2 hari yang terkecil diperoleh pada campuran ragi sebesar 9 gram yaitu 0,8825 g/ml sedangkan nilai densitas yang terbesar diperoleh pada campuran ragi sebesar 3 gram yaitu 0,967 g/mL. Nilai densitas pada variasi lama fermentasi 4 hari yang terkecil diperoleh pada campuran ragi sebesar 3 gram yaitu 0,9377 g/mL sedangkan nilai densitas yang terbesar diperoleh pada campuran ragi sebesar 6 gram yaitu 0,9622 g/mL. Nilai densitas pada variasi lama fermentasi 6 hari yang terkecil diperoleh pada campuran ragi sebesar 6 gram yaitu 0,923 g/mL sedangkan nilai densitas yang terbesar diperoleh pada campuran ragi sebesar 9 gram yaitu 0,9487 g/mL.

Berdasarkan gambar tabel 4.4 di atas terlihat bahwa pada fermentasi 2 hari semakin

besar jumlah ragi yang digunakan maka semakin kecil nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena penambahan ragi memiliki hubungan erat dengan aktivitas mikroba sehingga mengalami pertumbuhan dan berkembang biak semakin banyak.

Sulaiman, dkk (2021) menyatakan bahwa meningkatnya jumlah mikroba yang semakin banyak, maka jumlah karbohidrat yang terurai menjadi alkohol semakin besar. Jumlah alkohol yang semakin besar maka densitas dari bioetanol yang dihasilkan akan semakin rendah. Jumlah ragi yang tinggi maka semakin rendah nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini karena sifat ragi yang merubah glukosa menjadi etanol, dimana jumlah ragi yang diberikan semakin banyak maka etanol yang dihasilkan juga akan semakin banyak sehingga densitas yang dihasilkan akan semakin rendah. Jika dilihat pada tabel pada fermentasi 4 hari pemberian kadar 6 gram dan 9 gram sudah melewati batas optimum karena seharusnya jika semakin banyak massa ragi yang diberi maka densitas yang dihasilkan akan semakin kecil. Begitu juga pada fermentasi 6 hari pada

pemberian ragi 9 gram hasil densitas yang dihasilkan sudah melewati batas optimum karena lebih besar dari nilai densitas dengan massa ragi yang 6 gram. Oleh karena itu jika dilihat pada tabel 4.4 nilai densitas yang mendekati standar densitas mutu bioetanol adalah pada fermentasi 2 hari dengan ragi 9 gram yaitu 0,8825 g/mL.

Berdasarkan standar baku mutu bioetanol nilai *specific gravity* (sg) sebanding dengan densitas dengan nilai maksimal sebesar 0,8215 g/mL yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN). Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya et al., (2019) juga menyatakan bahwa *Specific Gravity* (SG) merupakan perbandingan antara densitas suatu bahan bakar terhadap densitas air. Besarnya nilai SG bahan bakar akan sebanding dengan besarnya nilai densitas dan berbanding terbalik terhadap nilai API gravity. Tabel 4.5 adalah nilai *specific gravity* yang nilainya sama dengan densitas sedangkan tabel 4.6 adalah analisis *API Gravity*.

Tabel 4. 5 Analisis *Spesific Gravity* (sg)

Lama Fermentasi	<i>Spesific Gravity</i>			SNI g/mL
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram	
2 HARI	0,967	0,9204	0,8825	0,8215
4 HARI	0,9377	0,9622	0,9528	0,8215
6 HARI	0,9385	0,923	0,9487	0,8215

Terlihat bahwa nilai *specific gravity* (sg) tertinggi diperoleh pada kadar jumlah ragi sebesar 3 gram dengan fermentasi 2 hari yaitu 0,967 g/mL sedangkan nilai sg terendah pada kadar 9 gram dengan fermentasi 2 hari yaitu 0,8825 g/mL. Nilai *specific gravity* (sg) sama dengan nilai densitas yang dihasilkan sehingga pengaruh yang diberikan juga sama halnya dengan densitas. Selain *specific gravity* (sg) ada juga *API Gravity* (G) yang mana hasil analisisnya terlihat pada tabel 4.6. Besarnya harga dari *API gravity* berkisar dari 0-100.

Tabel 4. 6 Analisis *API Gravity* (G)

Lama Fermentasi	<i>API Gravity</i> (G)		
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram
2 HARI	14,82	20,74	28,83
4 HARI	19,4	15,55	17,01
6 HARI	19,25	21,8	17,651

Terlihat pada Tabel 4.6 hasil analisis *API Gravity* (G) yang memiliki nilai terendah pada kadar jumlah ragi sebesar 3 gram fermentasi 2 hari yaitu 14,82 sedangkan hasil analisis *API Gravity* (G) yang memiliki nilai tertinggi pada kadar jumlah ragi sebesar 9 gram fermentasi 2 hari yaitu 28,83.

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa semakin besar jumlah massa ragi yang digunakan maka nilai dari *analisis API Gravity* yang diperoleh berbanding terbalik dengan analisis *specific gravity*. Semakin besar jumlah massa ragi yang diberikan diperoleh hasil analisis G yang semakin besar. Nilai dari *API Gravity* mempunyai hubungan yang sangat erat dengan nilai kalor bioetanol. Hal ini dikarenakan nilai kalor berbanding lurus dengan nilai *API Gravity*. Semakin besar nilai *API*

Gravity maka akan menyebabkan nilai kalor yang tinggi pula. Maka semakin besar jumlah massa ragi yang diberikan akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan, namun hal ini juga dipengaruhi adanya proses fermentasi yang harus sesuai dengan waktu yang ditentukan agar tidak terjadi penurunan pada etanol yang dihasilkan. Terlihat pada tabel 4.6 waktu fermentasi yang paling optimal adalah 2 hari karena menunjukkan peningkatan terhadap setiap penambahan varian massa ragi. Kemudian pada variasi waktu 4 hari menunjukkan penurunan terhadap setiap penambahan varian massa ragi. Sedangkan untuk fermentasi 6 hari pada pemberian ragi 9 gram hasil analisis nilai *API Gravity* terlihat adanya penurunan itu artinya sudah melewati batas jenuh atau optimum.

3. Analisis Nilai Kalor

Standar baku mutu bioetanol yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN) pada nilai kalor maksimal sebesar 5000 kkal/kg. Analisis Nilai Kalor terlihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Analisis Nilai Kalor

Lama Fermentasi	Nilai Kalor (kkal/kg)			SNI (kkal /kg)
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram	
2 HARI	117,56	249,227	429,14	5000
4 HARI	219,42	133,8	166,27	5000
6 HARI	216,08	272,8	180,52	5000

Terlihat pada tabel 4.7 nilai kalor terendah diperoleh dari kadar jumlah ragi sebesar 3 gram dengan fermentasi 2 hari yaitu 117,56 kkal/kg sedangkan nilai kalor tertinggi diperoleh dari kadar jumlah ragi sebesar 6 gram dengan fermentasi 2 hari yaitu 429,14 kkal/kg.

Nilai kalor yang besar akan mempengaruhi proses pembakaran menjadi lebih mudah, sehingga kualitas bioetanol dapat dikatakan baik. Hasil nilai kalor bioetanol berbahan limbah serbuk kayu jati dengan dilakukannya proses destilasi sederhana masih menunjukkan hasil yang relatif rendah. Berdasarkan tabel 4.7 hasil analisis nilai kalor bioetanol dapat terlihat bahwa semakin besar kadar jumlah ragi yang diberikan dalam proses fermentasi, maka nilai kalor bioetanol berbahan limbah serbuk kayu jati yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini ditunjukkan dengan

adanya pengaruh dari nilai *API Gravity* berbanding lurus dengan kadar jumlah ragi yang diberikan dan berbanding terbalik dengan hasil analisis densitas bioetanol yang diperoleh, dimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya kadar jumlah ragi yang makin besar maka densitas yang diperoleh semakin kecil. Analisis ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman, dkk (2021) menunjukkan bahwa dengan adanya kadar jumlah ragi yang makin besar maka densitas yang diperoleh semakin kecil.

Nilai kalor pada hasil penelitian ini dipengaruhi oleh nilai *API Gravity* dan densitas. Hal ini disebabkan densitas bahan bakar diduga akan sangat berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar, pendapat ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman, dkk (2021) bahwa semakin besar densitasnya diprediksi akan semakin meningkatkan konsumsi bahan bakar atau semakin boros. Artinya nilai densitas yang kecil akan menghasilkan nilai *API Gravity* dan nilai kalor yang besar sehingga kualitas dari bioetanol berbahan limbah serbuk katu jati dinyatakan mempunyai kualitas baik.

Sebaliknya, nilai densitas yang besar akan menghasilkan nilai *API Gravity* dan nilai kalor yang kecil sehingga akan menghasilkan kualitas rendah. Terlihat pada gambar 4.7 waktu fermentasi yang paling optimal adalah 2 hari dikarenakan pada waktu 4 hari pemberian massa ragi 6 gram nilai kalor yang dihasilkan menurun begitu juga pada fermentasi 6 hari pada pemberian ragi 9 gram hasil analisis nilai kalor yang dihasilkan menurun itu artinya sudah melewati batas jenuh atau optimum.

4. Analisis Kadar Bioetanol

Analisis kadar bioetanol menggunakan larutan standar etanol 10% dengan menggunakan instrumen kromatografi gas dengan tujuan mendapatkan nilai kadar bioetanol dari masing-masing sampel. Analisis kadar bioetanol terlihat pada gambar 4.8.

Tabel 4. 8 Analisis Nilai Kadar Bioetanol

Lama Fermentasi	Kadar Bioetanol			SNI
	Variasi Ragi 3 gram	Variasi Ragi 6 gram	Variasi Ragi 9 gram	
2 HARI	0,3%	0,483%	1,423%	94%
4 HARI	0,733%	1,217%	1,356%	94%
6 HARI	1,232%	0,797%	0,236%	94%

Hasil uji karakteristik terkait kadar bioetanol menunjukkan nilai kadar terbesar diperoleh pada kadar jumlah ragi sebesar 9 gram pada fermentasi 2 hari dengan kadar etanol sebesar 1,423 % sedangkan kadar etanol diperoleh pada kadar jumlah ragi 9 gram pada fermentasi 6 hari sebesar 0,236 %. Perlakuan yang diterapkan selama proses fermentasi pada penelitian ini dilakukan selama 2, 4 dan 6 hari. Hal ini dilakukan karena peneliti mencari nilai kadar etanol yang tertinggi. Fermentasi bioetanol dapat didefinisikan sebagai proses penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida yang disebabkan enzim yang dihasilkan oleh massa sel mikroba yang dalam hal ini mikroba berasal dari proses fermentasi ragi.

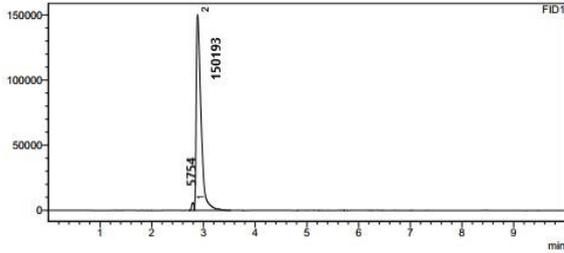
Terlihat pada tabel 4.8 hasil analisis kadar etanol menunjukkan bahwa semakin besar masa

ragi yang diberikan maka semakin meningkat pula kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan adanya penambahan massa ragi maka kadar etanol yang dihasilkan akan semakin besar. Terlihat pula pada tabel 4.8 bahwa pada fermentasi 6 hari dengan massa ragi 6 gram dan 9 gram kadar yang dihasilkan menurun itu artinya pada perlakuan ini sudah melewati batas jenuh. Maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan variasi ragi terhadap kadar etanol yang terkandung pada sampel yang diberikan yang disebabkan karena jumlah bakteri yang merubah glukosa menjadi etanol semakin besar seiring dengan penambahan massa ragi. Menurut Putri, dkk., (2008) fermentasi yang terlalu lama dan telah melewati fasa eksponensial dari *Saccharomyces cerevisiae*, maka tidak akan terjadi lagi pembelahan sel dan jumlah nutrient juga akan semakin berkurang, sehingga etanol yang dihasilkan akan berkurang.

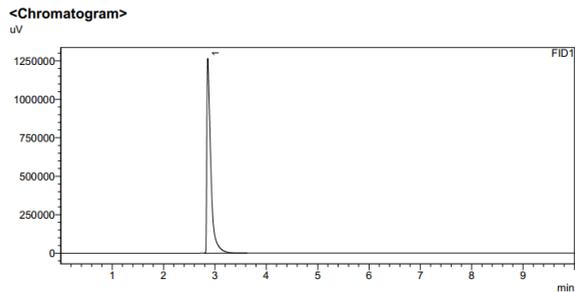
Kadar bioetanol yang dihasilkan yang paling baik adalah pada kadar 9 gram dengan fermentasi 2 hari yaitu sebesar 1,423%. Hasil ini begitu jauh dari standar mutu bioetanol yang bernilai hingga

94%. Hasil yang didapatkan hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Winarni *et al* (2017) melaporkan bahwa kadar etanol yang dihasilkan dari ragi campuran adalah sebesar 1,569% yang didapat dari hasil penggunaan massa ragi campuran 7% sedangkan dari penggunaan ragi komersial (*Sacharomyces cerevicae*) sebesar 7% hanya dapat menghasilkan kadar etanol 0,549% yang mana produksi bioetanol yang dihasilkan oleh ragi campuran 7% maupun ragi komersial 7% masih termasuk rendah. Banyak faktor yang mempengaruhi proses produksi bioetanol dari selulosa, antara lain: suhu, pH, sumber karbon, sumber nitrogen, dan waktu inkubasi ragi.

Penelitian ini menggunakan kromatografi gas atau GC dalam pengukuran nilai kadar etanolnya. Berikut adalah gambar 4.1 yang merupakan kromatogram dari pemberian ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari.



Gambar 4. 1 Kromatogram Ragi 9 gram dengan Fermentasi 2 Hari



<Peak Table>

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2.861	6821323	1259486	10,000	%	V	Ethanol
Total		6821323	1259486				

Gambar 4. 2 Kromatogram Etanol Standar

Kromatogram dari hasil pengukuran kromatografi gas pada sampel memiliki masing-masing 1 puncak dimana dari gambar 4. 2 ditemukan bahwa peak yang mendekati atau sama dengan peak standar dilihat dari waktu retensinya lalu kemudian menghitung kadar dengan membandingkan luas area etanol pada sampel

dengan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standar memiliki peran penting dalam pengujian kromatografi gas (GC). Fungsi utamanya adalah untuk memastikan keakuratan dan presisi analisis serta untuk kalibrasi instrumen. Perbandingan antara kromatogram standar dan kromatogram sampel menunjukkan hasil yang cukup jauh rentangnya artinya larutan yang dihasilkan memang belum mencapai batas standar. Kadar bioetanol yang dihasilkan berdasarkan data kromatogram yaitu sebesar 1,423%.

Hasil penelitian ini didapatkan bahwa kadar dan karakteristik bioetanol yang paling optimal adalah pada ragi sebesar 9 gram dengan lama fermentasi 2 hari yang menghasilkan kadar etanol sebesar 1,423%. Pendapat ini diperkuat oleh penelitian dari Sari (2008) menyatakan bahwa lamanya waktu fermentasi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* untuk pembuatan bioetanol adalah 3 hari dengan kadar etanol yang dihasilkan adalah 0,77%. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* terkandung dalam fermipan yang digunakan dalam penelitian ini. Ragi Fermipan

adalah jenis ragi instan yang banyak digunakan dalam pembuatan roti dan proses fermentasi lainnya. Komponen utama dari ragi ini adalah ragi kering aktif (*Saccharomyces cerevisiae*), mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk proses fermentasi yang menghasilkan gas.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar bioetanol yang paling optimal dihasilkan pada massa ragi 9 gram dengan lama fermentasi 2 hari yaitu sebesar 1,423 %.
2. Karakteristik bioetanol yang diuji adalah kadar air, densitas, *spesific gravity*, *API gravity* dan nilai kalor. Hasil yang paling optimal didapatkan pada massa ragi 9 gram dengan lama fermentasi 2 hari di mana nilai kadar airnya sebesar 70,83 %, nilai densitas dan *spesific gravity*-nya 0,8825 g/mL, *API gravity* bernilai 28,83 dan nilai kalornya adalah 429,14 kkal/kg.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dikatakan berhasil dalam mengubah limbah serbuk kayu jati menjadi bioetanol. Namun masih terdapat hal-hal yang dapat dikembangkan dalam penelitian berikutnya sehingga didapat hasil yang lebih baik yaitu :

1. Penggunaan ragi yang akan digunakan divariasikan dengan ragi yang lain.
2. Penggunaan jenis destilasi yang lebih akurat untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Penambahan variasi konsentrasi larutan standar etanol yang digunakan saat pengukuran kadar bioetanol dengan kromatografi gas.
4. Pengujian *flash point* hasil bioetanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Angga, Y. (2007). *Pembuatan Briket Bioarang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jatipdf.*
- April, G. (2002). Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. *Makalah Falsafah Sains Institut Pertanian Bogor.*
- Darmaji, D., Sari, N. M., & Yuniarti, Y. (2020). Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Galam (*Melaleuca Cajuputi* Powell) Menjadi Bioetanol Sumber Energi Alternatif Terbarukan. *Jurnal Sylva Scienteeae*, 03(1), 85–91. <http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jss/article/view/1948>
- Erawati, E., Sediawan, W. B., Budiyati, E., & Kurniawan, W. (2014). Pengaruh Suhu dan Perbandingan Katalis Zeolit Terhadap Karakteristik Produk Pirolisis Kayu Jati(*Tectona Grandist Lf*). *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, November, 211–216.
- Erliza. (2008). *Teknologi Bioenergi*. Penerbit Agro Media.
- Füchtenbusch, B., & Steinbüchel, A. (1999). Biosynthesis of polyhydroxyalkanoates from low-rank coal liquefaction products by *Pseudomonas oleovorans* and *Rhodococcus ruber*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 52(1), 91–95. <https://doi.org/10.1007/s002530051492>

- Gandjar, I. ., & Rohman, A. (2009). *Kimia Farmasi Analisis* (Cetakan ke). Pustaka Pelajar.
- Gupta, R., & Kumar, N. (2020). No Title. *Evaluating the Performance of Ethanol-Blended Fuels in Internal Combustion Engines, Fuel*, 276, 118076.
- Hendayana, S. (2006). *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. PT Remaja Rosdakarya.
- Hidayat, M. R. (2013). Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol. *Biopral Industri*, 4(1), 33–48.
- Indah, F., Sari, P., Wibowo, B. S., & Irwanto, R. (2020). *KULIT NANAS*. 8–9.
- Kampf G. (2020). Eficacia del etanol frente a virus en la desinfección de manos. *The Journal of Hospital Infection*, 110(2), 697–700.
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.08.025>
- Khairani, R. (2007). *Tanaman Jagung Sebagai bahan Bio-fuel*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik.
- Kolo, S. M. D., Presson, J., & Amfotis, P. (2021). Produksi Bioetanol sebagai Energi Terbarukan dari Rumpun Laut *Ulva reticulata* Asal Pulau Timor. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(2), 159.
<https://doi.org/10.20961/alchemy.17.2.45476.159-167>
- Lee, O., & Lee, E. (2016). Sustainable production of bioethanol

- from renewable brown algae biomass. *Biomass and Bioenergy*, 92, 70–75.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.038>
- Leto, K. T. (2021). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati dan Sengon sebagai Bahan Dasar Penghasil Gula Reduksi. *Variabel*, 4(1), 21.
<https://doi.org/10.26737/var.v4i1.2424>
- Maryana, T., & Silsia, D. (2020). Pengaruh Konsentrasi Dan Jenis Ragi Pada Produksi Bioetanol Dari Ampas Tebu. *Jurnal Agroindustri*, 10(1), 47–56.
<https://ejournal.unib.ac.id/index.php/agroindustri>
- Monariqsa, D., Oktora, N., Azora, A., Haloho, D. A. N., Simanjuntak, L., Musri, A., Saputra, A., & Lesbani, A. (2012). Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel. *Jurnal Penelitian Sains*, 15(C), 2012.
- Mondal, D., Sinha, S., Ray, S., Kroha, J., & Sinha, S. (2022). *Energy dependent ergodicity and scarring phenomena in two component Bose-Josephson junction*.
- Mustika Sari, I., Noverita, & Yulneriwarni. (2008). Pemanfaatan Jerami Padi dan Alang-Alang dalam Fermentasi Etanol Menggunakan Kapang *Trichoderma viride* dan Khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *Vis Vitalis*, 1(2), 56–62.
- NOVENDRA, I. Y. (2008). KARAKTERISTIK BIOMETRIK POHON

- JATI (*Tectona grandis* L.f.) Studi. *Skripsi*.
- P, R. (2008). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Penerbit Agro Media.
- Pratama, B., Sari, N. M., & Yuniarti, Y. (2021). BIOETANOL SERBUK KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) DALAM RANGKA ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN. *Jurnal Sylva Scientiae*, 04(1), 51–58. <http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jss/article/view/3092>
- PUTRI, L. S. E., & SUKANDAR, D. (2008). Starch conversion of ganyong (*Canna edulis* Ker.) to bioethanol using acid hydrolysis and fermentation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 9(2), 112–116. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d090208>
- Rahmi, F. dan F. (2009). No Title. *Jurnal Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe* 7, 14(Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Destilasi), 1–2.
- Saatrohamidjojo, H. (1991). *Kromatografi*. Penerbit Liberty.
- Sanjiwani, N. M. S., Rita, W. S., Swantara, & Dira, dan I. M. (2018). *Pembuatan bioetanol dari campuran limbah nasi dan kulit pisang*. 6, 145–152.
- Seftian, D., Antonius, F., & Faizal, M. (2012). *Dan Fermentasi*. 18(1), 10–16.
- Setiawan, T. (2018). Rancang Bangun Alat Destilasi Uap

- Bioetanol Dengan Bahan Baku Batang Pisang. *Jurnal Media Teknologi*, 4(2), 119–128.
- Setiyono. (2004). *Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Industri Kecil*. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Sulaiman, D. (2021). Analisis Uji Karakteristik Bioetanol Dari Pisang Hutan Terhadap Variasi Massa Ragi. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 169–176.
<https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.169-176>
- Trisanti, P. N., Setiawan H.P, S., Nura'ini, E., & Sumarno. (2018). Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik. *Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113–119.
- Tse, T. J., Wiens, D. J., & Reaney, M. J. T. (2021). Production of bioethanol—a review of factors affecting ethanol yield. *Fermentation*, 7(4), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/fermentation7040268>
- U.W, N. (1976). *Encyclopedia Americana : Ethyl Alkohol* (Vol 10). Americana corporation.
- Urtubia, A., Pérez-Correa, J. R., Soto, A., & Pszczółkowski, P. (2007). Using data mining techniques to predict industrial wine problem fermentations. *Food Control*, 18(12), 1512–1517.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.09.010>
- Wahyudi, I., Priadi, T., & Rahayu, I. S. (2014). Karakteristik Dan

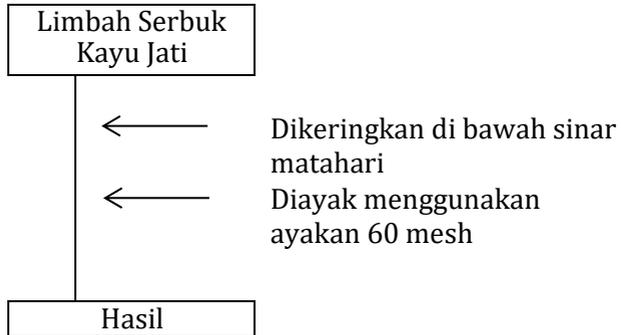
- Sifat-Sifat Dasar Kayu Jati Unggul Umur 4 Dan 5 Tahun Asal Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(1), 50–56.
- Wang, Y., & Li, X. (2021). No Title. *High-Purity Bioethanol for Pharmaceutical Applications: Production and Purification Strategies*, *Journal of*, 37–17.
- Wibowo, C. (1990). Pengaruh Media Semai Serbuk Gergaji dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Rumah Kaca dan di Hutan Pendidikan IPB, Gunung Walat, Sukabumi. In *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Widyastuti, D. A., Minarti, I. B., & Ula, N. (2022). CEREVISIAE DAN LAMA FERMENTASI TERHADAP DENSITAS DAN RENDEMEN BIOETANOL ALANG-ALANG (*Imperata Cy-*. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 8(1), 54–59.
- Wijaya, L. A., Nurhatika, N., & Sudarmanta, S. (2019). Uji Efektifitas Bioetanol Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Campuran Bensin Terhadap Unjuk Kerja Mesin Generator. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.29921>
- Winarni, I., & Beuna Bardant, T. (2018). PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KAYU SENGON (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) DENGAN

- METODE SUBSTRAT KONSENTRASI TINGGI. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(4), 231–242. <https://doi.org/10.20886/jpjh.2017.35.4.231-242>
- Winarni, I., Komarayati, S., & Djarwanto, D. (2017). Formulasi Ragi Campuran Untuk Produksi Bioetanol Dari Limbah Kayu Sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(2), 135–143. <https://doi.org/10.20886/jpjh.2017.35.2.135-143>
- Windarti, A., Novia, & Rosmawati. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous an Fermentation (SSF) -. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3), 38–48.
- Wulandari, P. F., Ma'rifah, Z. D., Sani, S., & Astuti, D. H. (2023). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Batang Tembakau Menggunakan Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF). *Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 7(2), 1–7. <https://doi.org/10.21776/ub.rbaet.2023.007.02.01>
- Yanuar, B., & Amrullah, A. (2015). Uji Eksperimental Kadar Bioetanol Eceng Gondok Hasil Destilasi Dengan Variasi Waktu Fermentasi. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTMXIV)*, 01(Snttm Xiv), 7–8.

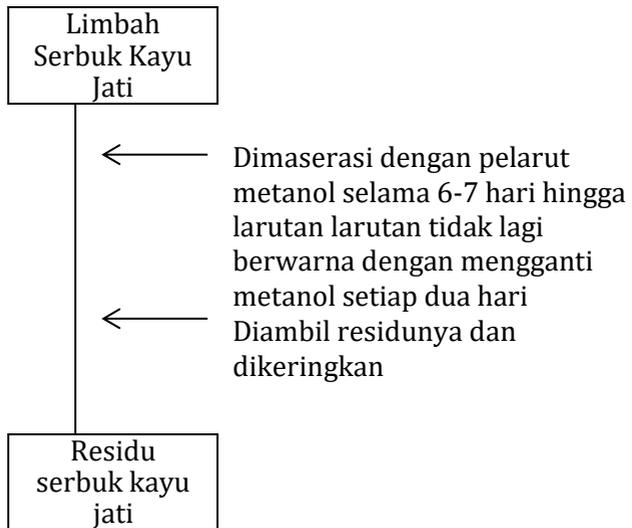
LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Prosedur Kerja

1. Preparasi Limbah Serbuk Kayu Jati



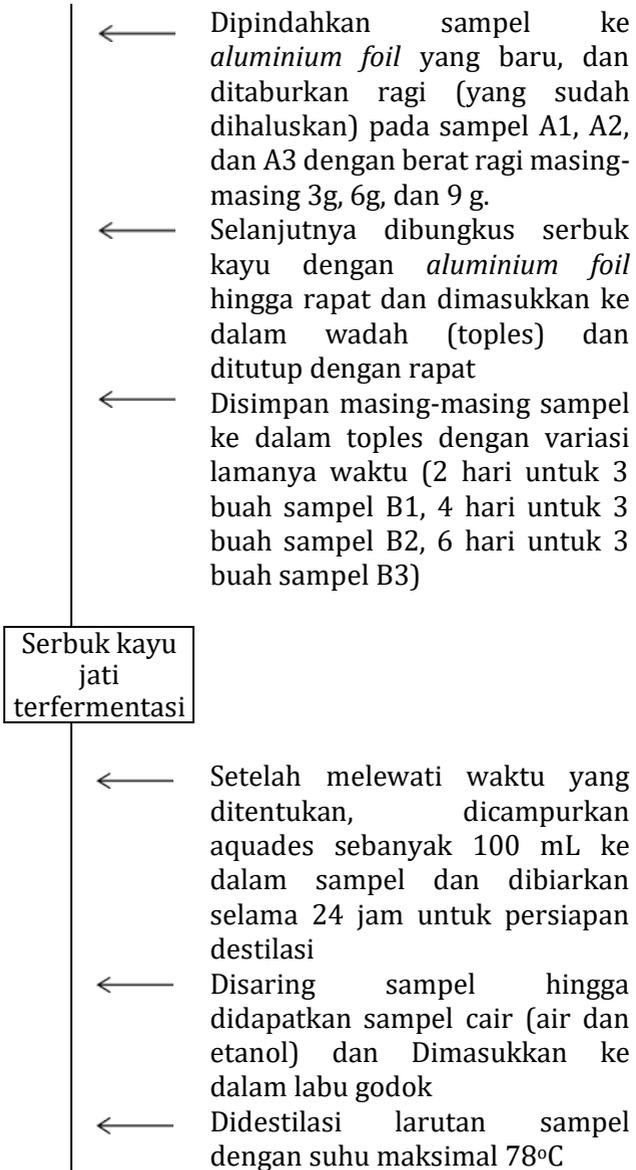
2. Ekstraksi Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Jati

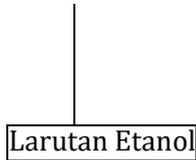


3. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serbuk Kayu Jati

Serbuk Kayu
Jati

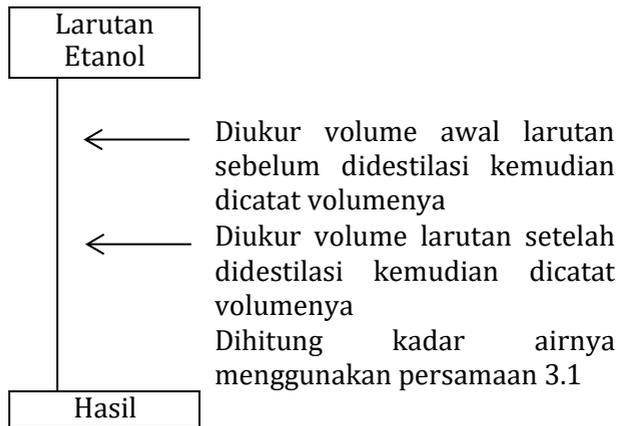
- ← Ditimbang masing-masing sampel (serbuk kayu jati) seberat 50 g untuk 9 buah sampel
- ← Ditimbang ragi seberat 3 gram, 6 gram, dan 9 gram masing-masing sebanyak 3 kali
- ← Dibungkus serbuk dengan *aluminium foil* dan mengukus serbuk pada suhu kurang lebih 100°C selama 30 menit
- ← Didinginkan serbuk/sampel pada suhu ruang
Ditambahkan larutan asam nitrat sebanyak 5 mL pada masing-masing sampel
- ← Diaduk sampel selama 5 menit hingga rata
- ← Dicampurkan aquades 250 mL ke dalam sampel untuk pengenceran sambil terus diaduk
- ← Disiapkan sampel secara berulang-ulang hingga sampel menghasilkan warna air yang bening (pH 3-4) dengan diukur menggunakan indikator pH universal
- ← Didinginkan sampel selama 15 menit



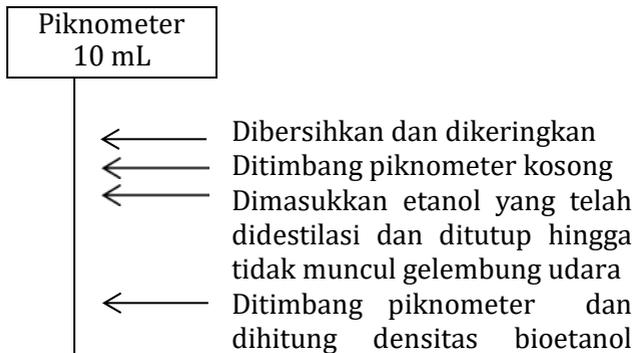


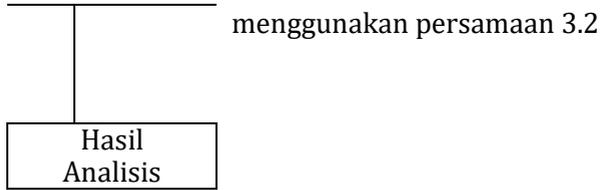
4. Pengujian Karakteristik Bioetanol

4.1. Analisis Kadar Air

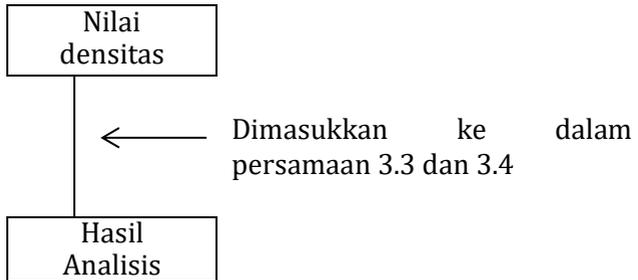


4.2. Analisis Densitas

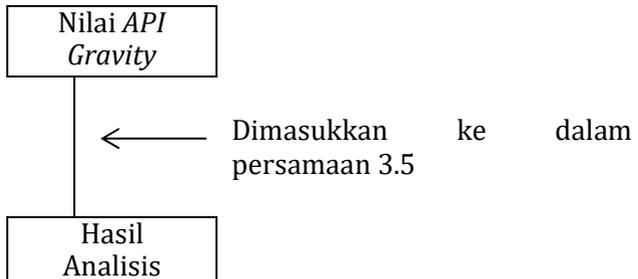




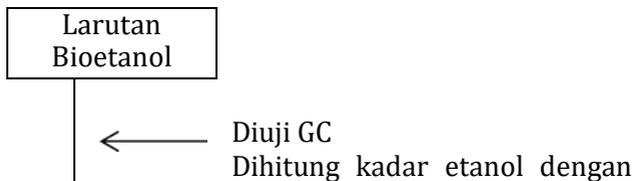
4.3. Analisis *Spesific Gravity* dan *API Gravity*

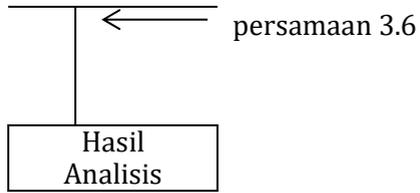


4.4. Analisis Nilai Kalor



4.5. Analisis Kadar Bioetanol





Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian



Limbah serbuk kayu jati



Pengayakan serbuk



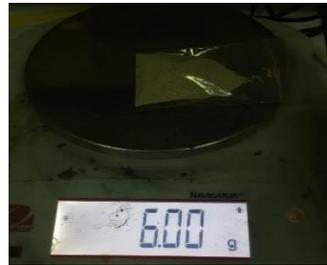
Proses maserasi



Sampel serbuk kayu



Ragi 3 gram



Ragi 6 gram



Ragi 9 gram



Proses fermentasi



Proses Penyaringan



Proses Destilasi

Lampiran 3 Analisis Perhitungan

A. Perhitungan Kadar Air

Diketahui :

- Volume Bioetanol Sebelum Destilasi

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	92 mL	95 mL	96 mL
4 HARI	97 mL	97 mL	96 mL
6 HARI	98 mL	98 mL	95 mL

- Volume Bioetanol Setelah Destilasi

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	43 mL	32 mL	28 mL
4 HARI	19 mL	31 mL	28,5 mL
6 HARI	25 mL	28,5 mL	31 mL

Ditanya : kadar air masing masing perlakuan=....?

Jawab :

Kadar air (%)

$$= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\%$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari

Kadar air (%)

$$= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{92 \text{ mL} - 43 \text{ mL}}{92 \text{ mL}} \times 100\% = 53,26\%$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{97 \text{ mL} - 19 \text{ mL}}{97 \text{ mL}} \times 100\% = 80,41\%
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{98 \text{ mL} - 25 \text{ mL}}{98 \text{ mL}} \times 100\% = 74,48\%
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{95 \text{ mL} - 32 \text{ mL}}{95 \text{ mL}} \times 100\% = 66,31\%
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{97 \text{ mL} - 31 \text{ mL}}{97 \text{ mL}} \times 100\% = 68,04\%
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{98 \text{ mL} - 28,5 \text{ mL}}{98 \text{ mL}} \times 100\% = 70,91\%
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned}
 & \text{Kadar air (\%)} \\
 &= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= \frac{96 \text{ mL} - 28 \text{ mL}}{96 \text{ mL}} \times 100\% = 70,83\%$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 4 hari

Kadar air (%)

$$= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{96 \text{ mL} - 28,5 \text{ mL}}{96 \text{ mL}} \times 100\% = 70,31\%$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

Kadar air (%)

$$= \frac{\text{volume awal} - \text{volume akhir}}{\text{volume awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{95 \text{ mL} - 31 \text{ mL}}{95 \text{ mL}} \times 100\% = 67,36\%$$

B. Perhitungan Densitas

Diketahui :

Volume Piknometer = 10 mL

Volume Piknometer Kosong = 12,329 gram

Volume Piknometer Isi =

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	14,484	14,408	14,399
4 HARI	14,442	14,494	14,484
6 HARI	14,465	14,1	14,511

Ditanya : Densitas masing-masing perlakuan = ... ?

Jawab :

$$D_s = \frac{m \text{ piknometer isi} - m \text{ piknometer kosong}}{v_b}$$

D_s = densitas bioetanol (g/mL)

mb = massa bioetanol (gr)

vb = volume bioetanol (ml)

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari

$$Ds = \frac{(21,999 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$
$$= 0,967 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$Ds = \frac{(21,533 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$
$$= 0,9204 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari

$$Ds = \frac{(21,154 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$
$$= 0,8825 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi Ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$Ds = \frac{(21,706 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$
$$= 0,9377 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari

$$Ds = \frac{(21,951 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$
$$= 0,9622 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 4 hari

$$Ds = \frac{(21,857 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$

$$= 0,9528 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari

$$D_s = \frac{(21,714 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$

$$= 0,9385 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$D_s = \frac{(21,559 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$

$$= 0,923 \text{ g/mL}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

$$D_s = \frac{(21,816 \text{ gr} - 12,329 \text{ gr})}{10 \text{ mL}}$$

$$= 0,9487 \text{ g/mL}$$

C. Perhitungan *Specific Gravity* dan *API Gravity*

- *Specific Gravity* (sg)

Diketahui :

Nilai Densitas

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	0,967	0,9204	0,8825
4 HARI	0,9377	0,9622	0,9528
6 HARI	0,9385	0,923	0,9487

Ditanya : *Specific Gravity* tiap perlakuan = ...?

Jawab :

$$sg = \frac{\text{density} \left(\frac{\text{gr}}{\text{mL}} \right)}{\text{density air} \left(\frac{\text{gr}}{\text{mL}} \right)}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\ &= \frac{0,967 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\ &= 0,967 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\ &= \frac{0,9204 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\ &= 0,9204 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\ &= \frac{0,8825 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\ &= 0,8825 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\
 &= \frac{0,9377 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\
 &= 0,9377
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\
 &= \frac{0,9622 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\
 &= 0,9622
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\
 &= \frac{0,9528 \textit{ gr/mL}}{1 \textit{ gr/mL}} \\
 &= 0,9528
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari

$$sg = \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,9386 \text{ gr/mL}}{1 \text{ gr/mL}} \\ &= 0,9386 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\ &= \frac{0,923 \text{ gr/mL}}{1 \text{ gr/mL}} \\ &= 0,923 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\textit{densitas sampel}}{\textit{densitas air}} \\ &= \frac{0,9487 \text{ gr/mL}}{1 \text{ gr/mL}} \\ &= 0,9487 \end{aligned}$$

➤ API Gravity (G)

Diketahui :

Nilai sg

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	0,967	0,9204	0,8825
4 HARI	0,9377	0,9622	0,9528
6 HARI	0,9385	0,923	0,9487

Ditanya : API Gravity tiap perlakuan = ...?

Jawab :

$$G = \frac{141,5}{sg} - 131,5$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,967} - 131,5 = 14,82 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9204} - 131,5 = 22,23 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,8825} - 131,5 = 28,83 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9377} - 131,5 = 19,4 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9622} - 131,5 = 15,55 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9528} - 131,5 = 17,01 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9386} - 131,5 = 19,25 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,923} - 131,5 = 21,82 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned} G &= \frac{141,5}{sg} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9487} - 131,5 = 17,65 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Nilai Kalor

Diketahui :

Nilai *API Gravity* (G)

Lama Fermentasi	Variasi Ragi		
	3 gram	6 gram	9 gram
2 HARI	14,82	20,74	28,83
4 HARI	19,4	15,55	17,01
6 HARI	19,25	21,8	17,651

Ditanya : Nilai kalor tiap perlakuan = ...?

Jawab :

$$NK = \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 + 40x (G - 10) \text{ kkal/g})$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari

$$NK = \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 + 40x (14,842 - 10) \text{ kkal/g}) = 117,56 \text{ kkal/g}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$NK = \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 + 40x (20,74 - 10) \text{ kkal/g}) = 249,227 \text{ kkal/g}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (28,83 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 429,14 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (19,4 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 219,42 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (15,55 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 133,8 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 4 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (17,01 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 166,27 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (19,25 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 216,08 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (21,8 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 272,8 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

- ❖ Variasi ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

$$\begin{aligned}
 NK &= \frac{2,206226}{3,9673727} \times (18,650 \\
 &\quad + 40x (17,651 - 10) \text{ kkal/g}) \\
 &= 180,52 \text{ kkal/g}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4 Hasil Pengujian GC



**LABORATORIUM TERPADU
PENGUJIAN DAN KALIBRASI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Gedung Lab Terpadu
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta
(0274)898444 ext. 4027
<http://labterpadu.uii.ac.id>
lab.terpadu@uui.ac.id

No. Dok : Form-37.P/Sert. Uji Rev. 0
Tgl. Terbit : 24 Oktober 2018

Nomor : 11080823B/LT-UII/IX/2023
Number

SERTIFIKAT PENGUJIAN *Certificate of Testing*

Dibuat untuk : Fatiyya Azzamuna
Certified to

Jenis>Nama Sampel : Cair/ Bioetanol
Type/Name of sample

Asal Sampel : UIN Walisongo Semarang
Origin of sample

Jumlah Sampel : 10
Amount of sample

Kode Sampel : 11080823 & 11970923 /C/L.T.-UII/2023
Sample code

Parameter : Etanol
Parameters

Tanggal Pengambilan Sampel : -
Sample taken on

Tanggal Penerimaan Sampel : 01 September 2023
Sample received on

Tanggal Pengujian Sampel : 20 September 2023
Sample tested on



Nomor : 11080823B/LT-UII/IX/2023
Number

HASIL PENGUJIAN
TEST RESULT

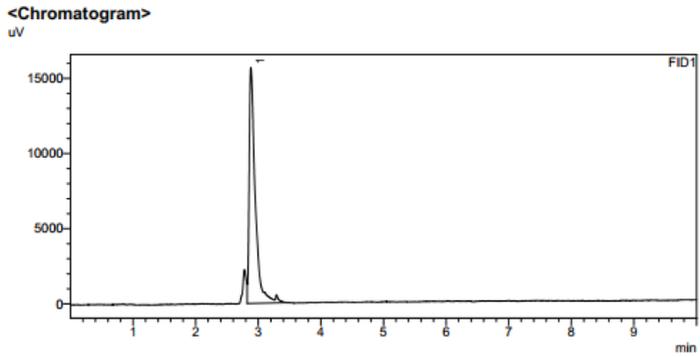
No	Label Pelanggan	Label Lab. Terpadu	Parameter	Hasil Uji	Satuan	Metode
1	RAG3.2	11080823-1	Etanol	0,3	%	Kromatografi Gas
2	RAG6.2	11970923-1	Etanol	0,483	%	Kromatografi Gas
3	RAG9.2	11970923-2	Etanol	1,423	%	Kromatografi Gas
4	RAG3.4	11970923-3	Etanol	0,733	%	Kromatografi Gas
5	RAG6.4	11080823-2	Etanol	1,217	%	Kromatografi Gas
6	RAG9.4	11970923-4	Etanol	1,356	%	Kromatografi Gas
7	RAG3.6	11970923-5	Etanol	1,232	%	Kromatografi Gas
8	RAG6.6	11970923-6	Etanol	0,797	%	Kromatografi Gas
9	RAG9.6	11080823-3	Etanol	0,236	%	Kromatografi Gas
10	Standard Etanol	11080823-4	Etanol	10,00	%	Kromatografi Gas

Yogyakarta, 02 Oktober 2023
Koordinator Teknis

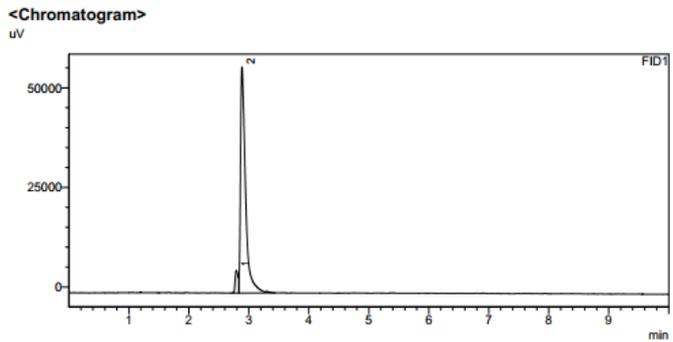
Dhorikul Huda, S.Si., M.Sc.
NIP. 052316003

Catatan : 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
Notes : *The results are available exclusively to the tested samples*
2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa izin dari Manajer Teknis Laboratorium
The certificate shall not be reproduced (copied) without written permission from the laboratory Technical Manager
3. Pengambilan sampel di luar tanggung jawab Laboratorium Terpadu UII
The Integrated Laboratory of UII disclaims all responsibility for the sampling

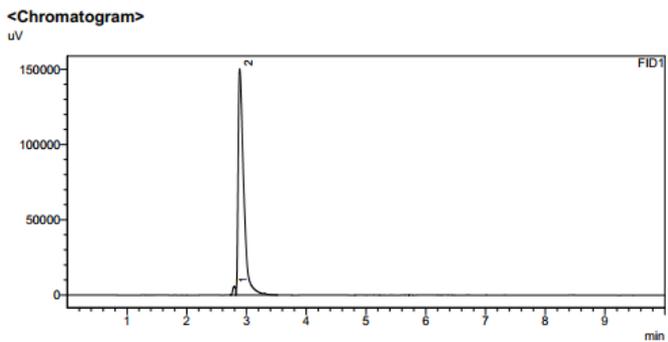
A. Kromatogram ragi 3 gram dengan fermentasi 2 hari



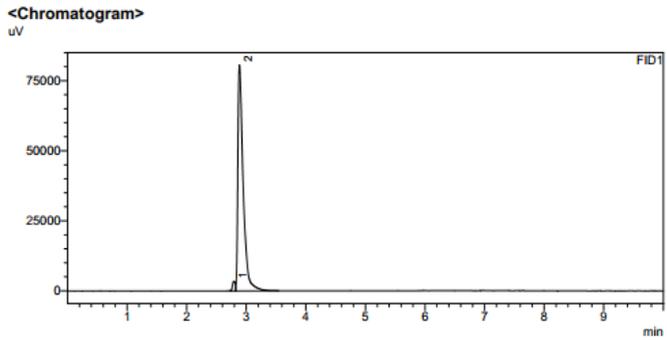
B. Kromatogram ragi 6 gram dengan fermentasi 2 hari



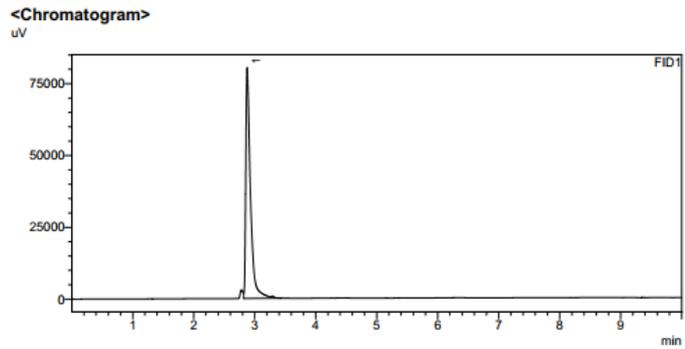
C. Kromatogram ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari



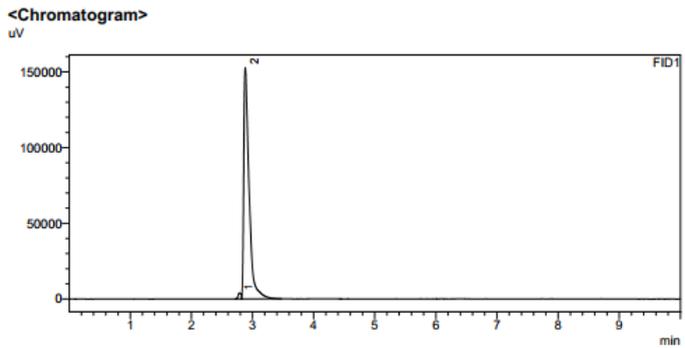
D. Kromatogram ragi 3 gram dengan fermentasi 4 hari



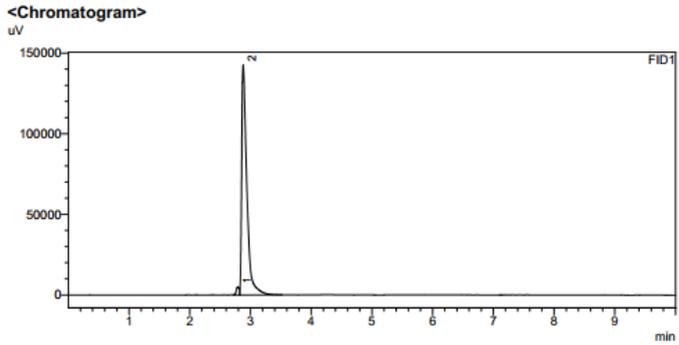
E. Kromatogram ragi 6 gram dengan fermentasi 4 hari



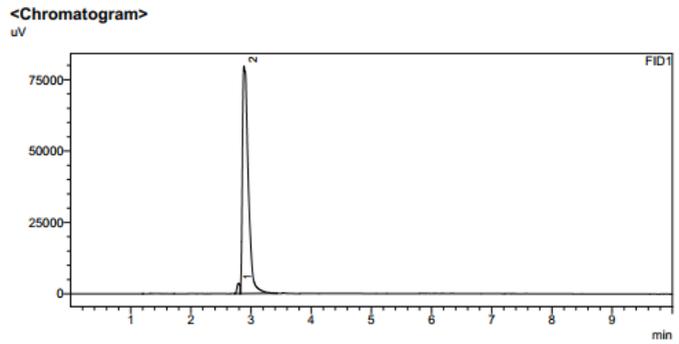
F. Kromatogram ragi 9 gram dengan fermentasi 4 hari



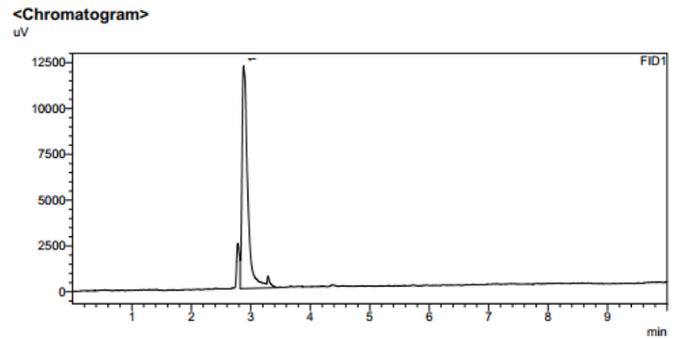
G. Kromatogram ragi 3 gram dengan fermentasi 6 hari



H. Kromatogram ragi 6 gram dengan fermentasi 6 hari



I. Kromatogram ragi 9 gram dengan fermentasi 6 hari

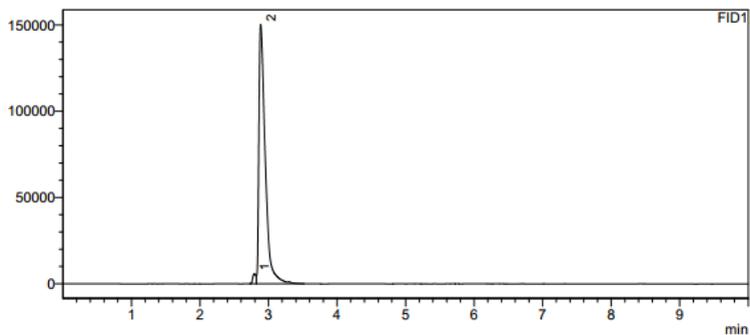


Lampiran 5 Hasil Pengukuran Kadar Bioetanol

Kromatogram ragi 9 gram dengan fermentasi 2 hari

<Chromatogram>

uV



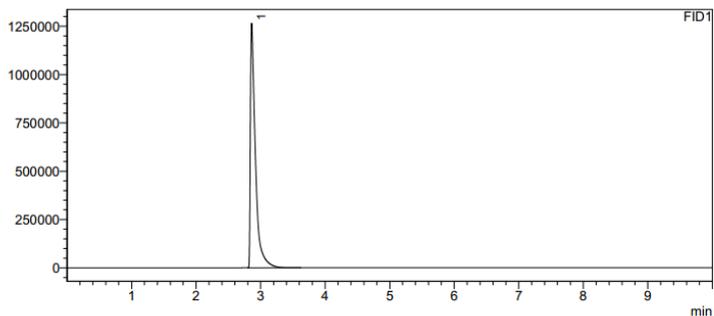
<Peak Table>

FID1							
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,793	18741	5754	0,029	%	V	Ethanol
2	2,886	970579	150193	1,515	%	SV	Ethanol
Total		989321	155946				

Kromatogram Larutan Standar

<Chromatogram>

uV



<Peak Table>

FID1							
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	2,861	6821323	1259486	10,000	%	V	Ethanol
Total		6821323	1259486				

Perhitungan

$$\begin{aligned} & \textit{Kadar etanol (\%)} \\ &= \frac{\textit{luas puncak sampel}}{\textit{luas area standar}} \times \textit{konsentrasi standar} \\ &= \frac{970579}{6821323} \times 10 = 1,423 \% \end{aligned}$$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Fatiyya Azzamuna
Tempat, Tanggal Lahir : Jepara, 5 Maret 2002
NIM : 1908036005
Jenis Kelamin : Wanita
Agama : Islam
Alamat : Gemiring Lor RT 001/RW 001
Kecamatan Nalumsari Kabupaten Jepara
E-mail : azzamunafatiyya@gmail.com
No. Telp/HP : 08951971611

Riwayat Pendidikan Formal

1. SD Negeri 02 Gemiring Lor
2. SMPN 1 Gebog Kudus
3. SMAN 1 Gebog Kudus
4. UIN Walisongo Semarang