

instiper 4

skripsi_21836_setelah semhas

 20 Sept 2024

 Cek Plagiat

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3014491551

Submission Date

Sep 20, 2024, 4:13 PM GMT+7

Download Date

Sep 20, 2024, 4:15 PM GMT+7

File Name

Skripsi_Frensen_Terbaru_fix.docx

File Size

192.4 KB

36 Pages

6,064 Words

36,920 Characters




21% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 8 words)

Top Sources

- 20%  Internet sources
- 5%  Publications
- 5%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 20% Internet sources
- 5% Publications
- 5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
jurnal.instiperjogja.ac.id		3%
2	Internet	
123dok.com		2%
3	Internet	
repository.uin-suska.ac.id		1%
4	Internet	
eprints.instiperjogja.ac.id		1%
5	Internet	
text-id.123dok.com		1%
6	Internet	
www.neliti.com		1%
7	Internet	
jurnal.uisu.ac.id		1%
8	Internet	
docplayer.info		1%
9	Internet	
adoc.pub		1%
10	Internet	
es.scribd.com		1%
11	Internet	
repository.unida.ac.id		0%

12	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	0%
13	Internet	eprints.polsri.ac.id	0%
14	Internet	jurnal.polinela.ac.id	0%
15	Internet	tirto.id	0%
16	Internet	repository.unja.ac.id	0%
17	Internet	jurnal.unimed.ac.id	0%
18	Internet	repository.usu.ac.id	0%
19	Internet	fr.scribd.com	0%
20	Internet	ojs.mahadewa.ac.id	0%
21	Internet	www.pangan.unpas.ac.id	0%
22	Internet	docobook.com	0%
23	Internet	eprints.uny.ac.id	0%
24	Internet	jurnal.umsu.ac.id	0%
25	Publication	Devi Yuli Kerina, Hardoyo Hardoyo, Atmono Atmono. "FERMENTASI BIOETHANOL ...	0%

26	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	0%
27	Student papers	Universitas Negeri Medan	0%
28	Internet	ejournal.unib.ac.id	0%
29	Internet	kabinetrakyat.com	0%
30	Student papers	Sekolah Tinggi Pariwisata Bandung	0%
31	Internet	media.neliti.com	0%
32	Internet	publikasi.unitri.ac.id	0%
33	Internet	repository.unsri.ac.id	0%
34	Internet	ejournal.uniramalang.ac.id	0%
35	Internet	journal.unhas.ac.id	0%
36	Internet	jurnal.um-palembang.ac.id	0%
37	Internet	ojs3.unpatti.ac.id	0%
38	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	0%
39	Internet	lib.unnes.ac.id	0%

40	Internet	ojs.unimal.ac.id	0%
41	Internet	repository.ub.ac.id	0%
42	Internet	repository.uma.ac.id	0%
43	Publication	Nina Hartati. "Isolasi, Karakterisasi, Dan Aplikasi Nanokristal Selulosa : Review", J...	0%
44	Publication	Yuli Rismawati, Syaiful Bahri, Prismawiryanti Prismawiryanti. "PRODUKSI GLUKO...	0%
45	Internet	aisyahnyayu.wordpress.com	0%
46	Internet	dinagallerda.blogspot.com	0%
47	Internet	eprints.undip.ac.id	0%
48	Internet	jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id	0%
49	Internet	repo.bunghatta.ac.id	0%
50	Internet	repository.its.ac.id	0%
51	Internet	repository.usd.ac.id	0%

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perekonomian negara bagian dan wilayah cukup dibantu oleh kelapa sawit. Tidak hanya menghasilkan devisa bagi negara, aktivitas perkebunan kelapa sawit telah menciptakan ribuan pekerjaan bagi masyarakat (Lubis dan Lubis, 2018 ; Arsyad dan Maryam 2017). Selain itu, kelapa sawit mempunyai potensi untuk memproduksi minyak nabati yang sangat dibutuhkan oleh bisnis. Telah terbukti bahwa minyak sawit memiliki kualitas yang lebih baik daripada jenis minyak nabati alternatif, seperti kedelai, kelapa, atau bunga matahari (Siswanto *et al.*, 2020). Kemungkinan bahwa seiring dengan itu, permintaan minyak nabati akan meningkat pada pertumbuhan populasi dan penghasilan masyarakat.

Limbah cair dan padat adalah dua jenis limbah yang terbuat saat mengolah minyak kelapa sawit. Limbah padat terdiri dari limbah cair yang berasal dari proses pengolahan (TKKS atau tandan kosong kelapa sawit) dan limbah serat dari buah kelapa sawit. Serabut kelapa sawit (fiber) berbentuk seperti serat dengan benang-benang halus hingga agak kasar. Di pabrik kelapa sawit, stasiun press merupakan tempat dihasilkannya serabut kelapa sawit (fiber). Serabut kelapa sawit selama ini dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa untuk menghasilkan uap panas dalam menggerakkan turbin pembangkit listrik di pabrik kelapa sawit. Alternatif pemanfaatan lainnya adalah selulosa sebagai komponen bioetanol.

Satu ton kelapa sawit mengandung 230-250 kg tandan kosong kelapa sawit, 130-150 kg serat, 65 kg cangkang, 55-60 kg biji, dan 160 hingga 200 kg minyak mentah (Fauzi, 2005). Limbah industri kelapa sawit, terutama serat, memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai sumber biomassa selulosa yang dapat diubah

10 menjadi glukosa dan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol dalam proses yang lebih maju. Dengan memanfaatkan serat kelapa sawit, jumlah limbah yang dihasilkan setiap hari dapat dikurangi. Serat kelapa sawit mengandung 57,9% selulosa, 18% lignin, dan 14,94% hemiselulosa, yang membuatnya sangat potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol (Nata *et al.*, 2016).

37 Tahapan produksi bioetanol dari selulosa serat sawit terdiri dari proses delignifikasi, proses hidrolisis, dan proses fermentasi. Pada umumnya, proses delignifikasi dilakukan pada bahan baku yang berasal lignoselulosa. Tujuan dari degradasi lignin (delignifikasi) adalah untuk mengurangi jumlah lignin sehingga proses hidrolisis tidak menghambat proses pembuatan bioetanol. Proses ini mengondisikan bahan lignoselulosa dari segi struktur dan ukuran melalui pemisahan dan penghapusan kandungan hemiselulosa dan lignin, proses ini merusak struktur kristal selulosa dan meningkatkan porositas bahan (Handayani *et al.*, 2018). Jumlah selulosa yang dikonversi menjadi glukosa dapat meningkat sebagai hasil dari proses delignifikasi, sehingga menghasilkan lebih banyak bioetanol (Khaira *et al.*, 2015). Tahap selanjutnya adalah hidrolisis. Jumlah glukosa yang diperoleh selama proses hidrolisis menentukan produksi bioetanol, yang kemudian difermentasi.

26 Proses delignifikasi dapat mekanis, semi-kimia, kimia (misalnya, alkali, sulfat, dan sulfit) atau konvensional, yang lebih ramah lingkungan. Namun, ada beberapa kelemahan proses konvensional, seperti biaya pengolahan yang mahal,

rendahnya laju delignifikasi, dan limbah larutan pemasak yang mencemari lingkungan (Yoricya *et al.*, 2016).

Cara konvensional untuk mengubah selulosa menjadi glukosa adalah hidrolisis asam selulosa oleh asam encer atau asam pekat. Keuntungan utama hidrolisis asam selulosa oleh asam encer adalah bahwa asam tidak perlu diperoleh kembali. Secara kimiawi, selulosa dapat dihidrolisis menjadi asam kuat untuk menghasilkan monosakarida, disakarida, atau oligosakarida (Ni *et al.*, 2013). Selanjutnya monosakarida dapat digunakan sebagai bahan untuk fermentasi alkohol. Fermentasi alkohol membutuhkan ragi untuk mengubah glukosa menjadi alkohol. Salah satu ragi yang dapat digunakan adalah ragi.

Ragi tape mengandung kombinasi mikroorganisme yang kompleks yang terdiri dari berbagai jenis bakteri, fungi, dan khamir yang bekerja sama untuk mengubah pati menjadi gula-gula sederhana dan kemudian menjadi alkohol. Didalam ragi tape mengandung kapang (fungi) yang terdiri dari *Amylomyces rouxii*, *Mucor sp.*, dan *Rhizopus sp.* Lalu ada khamir (yeast) yang terdiri dari *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomycopsis malanga*, *Pichia burtonii*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Candida utilis*. Kemudian juga terdapat bakteri yang terdiri dari *Pediococcus sp.* dan *Bacillus sp.* (Yuwono, 2015).

Ragi tape harus diaktifkan sebelum digunakan dalam proses fermentasi. Aktivasi ragi biasanya dilakukan dengan cara mencampur ragi dengan air dan membiarkannya selama beberapa menit, seperti 15 menit, untuk mempercepat aktivitas mikroorganisme. Setelah pretreatment, substrat yang telah diolah kemudian difermentasikan dengan ragi tape. Fermentasi biasanya dilakukan dalam

kondisi anaerob, tanpa oksigen, untuk memastikan bahwa reaksi fermentasi berlangsung secara optimal (Syaiful *et al.*, 2022).

46 Ragi memiliki enzim yang disebut zymase yang bertanggung jawab untuk memecah gula (glukosa, fruktosa, dan sukrosa) menjadi etanol (alkohol) dan karbon dioksida dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen). Ini adalah inti dari proses fermentasi alkohol (Maicas, 2020).

12 Variasi konsentrasi ragi dapat mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Konsentrasi ragi yang berbeda akan mempengaruhi kecepatan fermentasi. Dengan konsentrasi ragi yang lebih tinggi, jumlah mikroorganisme yang tersedia untuk mengkonversi gula menjadi etanol meningkat, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, konsentrasi ragi yang terlalu rendah dapat membuat proses fermentasi lebih lambat. Penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak ragi yang digunakan, semakin banyak bioetanol yang dihasilkan. Seperti pada penelitian Maryana *et al.* (2020) yang menggunakan kulit papaya menemukan bahwa kadar bioetanol paling tinggi didapatkan dengan menggunakan ragi roti dengan konsentrasi ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 15 gram.

Setiap proses fermentasi memiliki waktu optimal di mana produksi bioetanol mencapai puncaknya sebelum faktor-faktor seperti kehabisan substrat atau akumulasi produk toksik mulai mengurangi efisiensi fermentasi. Dengan memvariasikan lama waktu fermentasi, kita bisa mengetahui kapan produksi bioetanol paling efisien. Semakin lama waktu fermentasi, substrat utama seperti glukosa atau gula dalam medium fermentasi mulai habis. Ketika nutrisi dalam

substrat berkurang, mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* tidak lagi memiliki cukup substrat untuk mengkonversi menjadi etanol, sehingga produksi etanol melambat atau berhenti (Arif *et al.*, 2016).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penggunaan ragi yang tepat baik dari segi konsentrasi, berperan penting dalam menentukan efisiensi dan hasil akhir produksi bioetanol. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai produksi bioetanol dari selulosa limbah serat kelapa sawit dengan variasi jumlah ragi dan lama fermentasi ragi tape.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah ragi tape terhadap produksi bioetanol dari selulosa serat kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh lama fermentasi terhadap produksi bioetanol dari selulosa serat kelapa sawit?
3. Berapa jumlah ragi tape dan lama fermentasi yang mampu menghasilkan bioetanol yang sesuai SNI?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh variasi jumlah ragi tape dan lama fermentasi terhadap produksi bioetanol dari limbah serat kelapa sawit.
2. Menentukan jumlah ragi tape dan lama fermentasi yang dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar yang sesuai SNI.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan menawarkan solusi untuk membuat limbah serat kelapa sawit menjadi produk yang lebih bernilai yaitu

36

bioetanol, menyediakan informasi ilmiah mengenai pengaruh jumlah ragi dan lama fermentasi dalam produksi bioetanol dari bahan baku limbah lignoselulosa, dan mendukung pengembangan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bioetanol

Larutan biokimia yang dihasilkan dari fermentasi gula yang berasal dari sumber karbohidrat yang dibantu oleh mikroorganisme dikenal sebagai bioetanol (Simanjuntak dan Subagyo, 2019). Bioetanol, juga dikenal sebagai etil alkohol (C_2H_5OH), adalah cairan yang tidak berwarna dan jernih yang larut dalam air yang mengandung eter, aseton, benzene, eter, dan semua pelarut organik lainnya. Ini mempunyai aroma alkohol yang khas dan terurai secara biologis (*biodegradable*). Jika bocor, itu tidak menimbulkan polusi udara yang signifikan. Sifat kimia dan fisis bioetanol sangat bergantung pada gugus hidroksilnya; ketika bioetanol dibakar, ia menghasilkan air dan karbondioksida (CO_2). Larutan azeotrop dapat dibentuk dari etanol dan air pada tekanan lebih dari 0,114 bar (11,5 kPa). Bioetanol biasanya digunakan sebagai pelarut, germisida, minuman, bahan bakar, bahan anti beku, dan bahan antara untuk pembuatan bahan organik lainnya. Bioetanol banyak digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi, kosmetik, resin, dan laboratorium (Bahri *et al.*, 2019). Bioetanol, bahan bakar oksigenat, mengandung 35% oksigen, sehingga emisi pembakaran dan partikulat dapat dikurangi. Dengan kadar 95-99%, bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bensin premium, dan dengan kadar 40%, dapat dipakai untuk menggantikan minyak tanah (Moede *et al.*, 2017).

2.2. Limbah Serat Kelapa Sawit

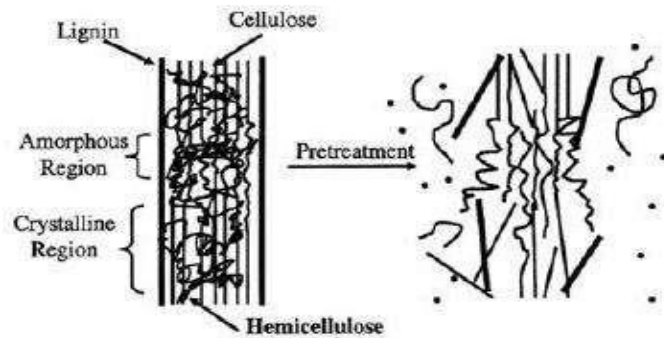
Limbah serat kelapa sawit adalah salah satu residu perkebunan yang melimpah di Indonesia. Serat kelapa sawit mengandung selulosa dalam jumlah

29 yang lumayan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Selain itu, pemanfaatan limbah ini dapat mengurangi dampak. Salah satu residu perkebunan yang paling banyak di Indonesia adalah serat kelapa sawit. Dengan jumlah selulosa yang tinggi, serat kelapa sawit dapat dipakai untuk bahan baku produksi bioetanol. Selain itu, penggunaan limbah ini dapat mengurangi dampak akumulasi limbah terhadap lingkungan. Limbah cair dan padat adalah dua jenis limbah yang dibuat dari minyak kelapa sawit yang diproses. 45 Limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan berupa tandan kosong (TKKS) dan fiber yang berasal dari buah kelapa sawit. 13 Fibre kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan dari brondolan buah yang telah terpisah setelah proses pengepresan. Biasanya dipakai sebagai bahan bakar untuk stasiun boiler di pabrik kelapa sawit (Abdillah, 2021). Jumlah limbah serat kelapa sawit yang digunakan yaitu sebanyak 100 gram.

2.3. Pretreatment dan Hidrolisis

1. Pretreatment

2 Pretreatment membantu enzim memecah monomer gula dari polimer sakarida dengan lebih mudah, yang merupakan tujuan dari pretreatment. Gambar 1 menunjukkan tujuan pretreatment secara skematis (Mosier *et al.*, 2005).



Gambar 1. Skema Tujuan Pretreatment Biomassa Lignoselulosa

(Sumber: Mosier *et al.*, 2005)

Dari Gambar 1 tertera bahwa lignin merupakan struktur yang mengelilingi selulosa dan hemiselulosa. Lignin adalah komponen yang keras dan kaku, yang harus dihancurkan atau dihilangkan dalam proses pretreatment. Kemudian ada selulosa. Bagian ini ditampilkan sebagai wilayah kristalin dan amorf. Selulosa dalam biomassa memiliki wilayah kristalin yang lebih sulit diakses dan dicerna oleh enzim, serta wilayah amorf yang lebih mudah didegradasi. Lalu ada bagian hemiselulosa. Terdapat di antara selulosa dan lignin. Hemiselulosa lebih mudah terurai dibandingkan selulosa. Untuk bagian bulatan kecil itu merupakan molekul glukosa. Glukosa adalah produk akhir yang diinginkan dari proses hidrolisis selulosa setelah pretreatment. Setelah lignin dan struktur kristalin selulosa dipecah, selulosa dihidrolisis menjadi glukosa, yang kemudian dapat digunakan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol atau produk bioenergi lainnya.

Peralihan dengan asam, basa, dan cairan ionik adalah salah satu jenis peralihan kimia. Metode ini mudah digunakan dan menghasilkan banyak konversi dalam waktu yang tidak lama (Sarkar *et al.*, 2012).

a. Asam

Praperlakuan asam paling efektif dalam proses biokonversi untuk menghancurkan lapisan yang terdiri dari lignin dan hemiselulosa. Ini membuat selulosa menjadi lebih mudah diakses dan meningkatkan jumlah gula monomer yang diproduksi (Deb *et al.*, 2023). Namun, pada proses selanjutnya, penggunaan asam tidak disukai karena ada kemungkinan inhibitor akan dibentuk yang menghentikan fungsi enzim saat hidrolisis. Selain itu, jika menggunakan asam kuat akan menyebabkan korosi pada infrastruktur, jaringan pipa, dan lingkungan (Ahmad Rizal *et al.*, 2018) sehingga asam organik seperti asam asetat digunakan dalam beberapa penelitian (Zhao *et al.*, 2014), asam oksalat, asam maleat, dan asam fumarat yang terbukti dapat meningkatkan hasil gula fermentasi dan mengurangi inhibitor (Rattanaporn *et al.*, 2018).

b. Basa

Ada bukti bahwa asam oksalat, asam maleat, dan asam fumarat dapat mengurangi inhibitor dan meningkatkan hasil gula fermentasi (Kucharska *et al.*, 2018) atau dengan memecahkan ikatan antara ester hemiselulosa dan lignin, yang menyebabkan biomassa membengkak dan melepaskan hemiselulosa dan lignin (Kucharska *et al.*, 2018) sehingga area khusus biomassa meningkat dan indeks kristalinitas lignoselulosa menurun (Ahmad Rizal *et al.*, 2018). Jika dibandingkan dengan pretreatment asam, teknik ini menghasilkan tingkat degradasi gula yang lebih rendah. Ini juga tidak efektif dalam bahan yang mengandung banyak lignin. Pada biomassa kelapa sawit, Dengan konsentrasi NaOH optimal 10% dan 8%, metode ini mampu mengurangi kandungan lignin dari tanda kosong kelapa sawit

7 sebesar 47.31% dan pelepah sawit sebesar 37.81% (Barlianti *et al.*, 2015) dengan konsentrasi gula 2% yang dihasilkan pada 32 g/L.

2. Hidrolisis Asam

Hidrolisis lignoselulosa adalah tahap berikutnya. Ini adalah pemecahan menjadi bagian yang lebih sederhana, seperti gula monosakarida, dari karbohidrat kompleks lignoselulosa (Sarkar *et al.*, 2012). Hidrolisis asam atau bantuan enzim adalah dua cara untuk melakukan hal ini.

Dengan menambahkan asam pekat dan encer, lignoselulosa dapat dihidrolisis secara kimia (Brethauer & Wyman, 2010). Karena asam sangat efektif sebagai katalis, hidrolisis asam biasanya berjalan lebih cepat (Zhou *et al.*, 2021). Karena terjadi degradasi gula hemiselulosa, jumlah selulosa dalam bahan berkorelasi negatif dengan tingkat hidrolisisnya. Oleh karena itu, akan ada dua tahap hidrolisis asam. Pertama, perlakuan lignoselulosa akan dilakukan untuk mengganggu struktur selulosa dan melarutkan serat. Selanjutnya, langkah kedua dimulai dengan mengencerkan asam untuk menghidrolisis ikatan glikosidik, yang memberikan hasil pembentukan (Zhou *et al.*, 2021).

2.4. Penggunaan Ragi dalam Fermentasi

7
25 Khamir *Saccharomyces cerevisiae* biasanya digunakan untuk fermentasi (Arnata & Anggreni, 2013). Selama ribuan tahun, *Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk membuat makanan dan minuman. Mikroorganisme ini adalah yang paling banyak dipelajari dan digunakan untuk menghasilkan bioetanol generasi pertama dari tanaman gula atau pati (Radecka *et al.*, 2015). Karena kemampuan untuk memfermentasi glukosa menjadi ethanol, *Saccharomyces*

cerevisiae, spesies jamur ragi, telah digunakan sejak lama dalam industri alkohol dan minuman beralkohol. Beberapa kelebihan fermentasi *Saccharomyces* termasuk cepat berkembang biak dan tahan terhadap hambatan (Karta dkk., 2015). Jumlah ragi yang digunakan yaitu 5%, 10%, dan 15%.

2.5. Fermentasi Alkohol dan Kualitas Bioetanol

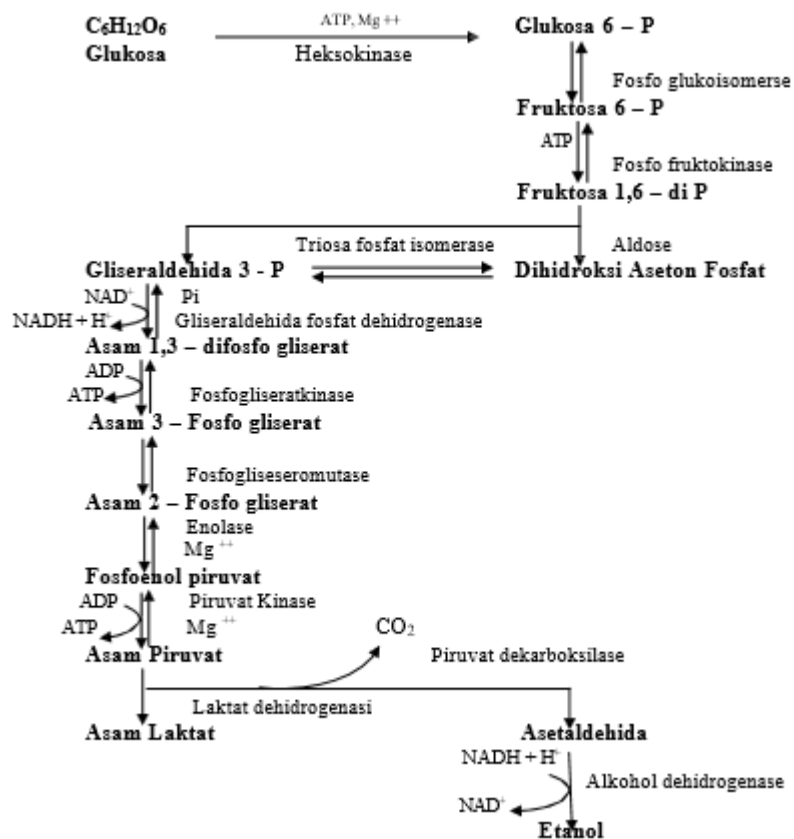
Dalam produksi bioetanol, proses fermentasi adalah yang paling penting untuk meningkatkan kadar etanol. Saat ini, glukosa diproses oleh ragi menjadi alkohol. Beberapa faktor memengaruhi adalah pH dan lama fermentasi. pH menentukan laju fermentasi, pertumbuhan jamur, dan pembentukan produk, dan waktu menentukan kondisi jamur yang ideal untuk berkembang (Nasrun *et al.*, 2017).

Jumlah bioetanol yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh berapa banyak *Saccharomyces cerevisiae* yang ditambahkan selama fermentasi. Dalam penelitian ini, jumlah ragi yang digunakan lebih tinggi sebanyak 20%, menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 28,93% selama proses fermentasi selama tujuh hari pada substrat yang terbuat dari alga *Codium gappiorum* (Karta *et al.*, 2015), juga pada studi Yuniarti *et al.* (2018) dengan variasi perlakuan sebesar 1, 3, dan 5 gram, perlakuan pemberian ragi sebesar 5 gram menghasilkan tingkat etanol yang paling tinggi sebesar 4,91%, dengan masa fermentasi tujuh hari.

Proses fermentasi dimulai dengan pembuatan biomassa, yang kemudian dihidrolisis menggunakan enzim menjadi gula sederhana. Mikroorganisme kemudian difermentasi gula sederhana ini menjadi etanol dan CO₂, dan proses ini sering kali membutuhkan pengaturan kondisi fermentasi seperti suhu, pH, dan

konsentrasi nutrisi untuk memastikan bahwa aktivitas mikroorganisme berjalan sebaik mungkin (Chen *et al.*, 2019). Komposisi substrat biomassa, jenis mikroorganisme yang digunakan, dan kondisi fermentasi adalah beberapa komponen penting yang mempengaruhi efisiensi fermentasi bioetanol. Komposisi biomassa dapat menghasilkan kadar gula yang berbeda, yang berdampak pada jumlah etanol yang dihasilkan (Nguyen *et al.*, 2021). Variasi genetik dalam mikroorganisme juga dapat mempengaruhi kemampuan mereka untuk memaksimalkan produksi etanol dan mentoleransi stres fermentasi. Proses pembentukan etanol dapat dilihat pada Gambar 2.

47



Gambar 2. Tahap Glikolisis (Embden–Meyerhof–Parnas)

(Sumber : Sebayang, 2006)

Proses konversi selulosa menjadi etanol melibatkan jalur utama dan jalur samping. Pada jalur utama, selulosa yang terdapat pada biomassa lignoselulosa dihidrolisis menjadi glukosa melalui proses enzimatik, kemudian glukosa difermentasi oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan etanol. Proses utama ini melibatkan pretreatment, hidrolisis, dan fermentasi (Tse *et al.*, 2021).

Di sisi lain, hemiselulosa yang juga terkandung dalam biomassa lignoselulosa diubah menjadi gula pentosa (misalnya xilosa) yang melalui jalur samping, di mana fermentasi xilosa ini lebih sulit karena memerlukan mikroorganisme yang mampu memetabolisme pentosa. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut melibatkan rekayasa mikroorganisme untuk meningkatkan efisiensi konversi gula-gula non-glukosa menjadi etanol. Selain etanol, beberapa produk samping dapat dihasilkan selama fermentasi, seperti asam organik (asam asetat dan asam laktat), gliserol, serta gas lain seperti metana dalam kondisi tertentu (Broda *et al.*, 2022).

Tabel 1. Standar Mutu Full Grade Bioetanol (SNI No. 7390:2012)

No.	Parameter Uji	Persyaratan
1.	Kadar etanol	Min. 99,5 %
2.	Kadar Air	Maks. 0,7%
3	Visual/Tampakan	Jernih dan Terang, Tidak Ada Endapan dan Kotoran
4.	Kadar Tembaga (Cu)	Maks. 0,1 mg/kg
5.	Denaturan Hidrokarbon/Denatrium Benzoat	2-5%-v
6.	Keasaman Sebagai Asam Asetat	Maks. 30 mg/l
7.	Kadar Ion Klorida (Cl ⁻)	Maks. 20 mg/l
8.	Kandungan Belerang (S)	Maks. 50 mg/l
9.	Kadar Getah Purwa Dicuci	Maks. 50 mg/100ml
10.	Kadar Metanol	Maks. 0,5%

Sumber: BSN, 2012

2.6 Proses Dehidrasi

Kadar alkohol juga dapat ditingkatkan melalui proses dehidrasi. Dehidrasi merupakan proses menghilangkan air dari bioetanol, yang meningkatkan kadar etanol dan mengurangi kadar air dalam produk akhir. Ini penting karena air dapat mengurangi kemurnian etanol dan mempengaruhi stabilitas produk.

Distilasi adalah metode konvensional yang paling umum untuk dehidrasi bioetanol. Metode ini dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar volume 95,6%. Semakin sering didistilasi, kadar bioetanol meningkat. Metode distilasi memiliki kelemahan, yaitu tidak dapat memurnikan bioetanol sepenuhnya dan mengkonsumsi banyak energi serta menghasilkan kehilangan etanol berlebih, atau kehilangan etanol. Untuk memurnikan dengan prinsip dehidrasi, metode molecular sieve biasanya digunakan untuk memisahkan air dari senyawa etanol (Atikah, 2019).

Metode adsorpsi lainnya menggunakan bentonit. Bentonit memiliki kapasitas permukaan ion yang tinggi dan ukuran partikel koloid yang sangat kecil, sehingga dapat mengadsorpsi air dengan baik. Penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi dengan bentonit dapat mengurangi kadar air bioetanol hingga 77,63% dari kadar awal (Atikah, 2019).

8

III. METODE PENELITIAN

3.1. Alat, Bahan, Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan bioetanol antara lain erlenmeyer, labu ukur, pipet ukur, timbangan digital, termometer, gelas beker, gelas ukur, spatula, hot plate, alu dan mortar. botol kaca, refraktometer brix, *magnetic stirrer*, *alcohol* meter, buret, corong, piknometer, dan 1 set *destilatory (rotary vaccum evaporator)* SCIOLOGEX RE 100-S.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan bioetanol antara lain limbah serat kelapa sawit, ragi tape, asam sulfat (H_2SO_4) 95% dan 2% untuk pretreatment dan hidrolisis, aquades, NaOH 1 N dan 0,1 N.

1

3.1.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian dan Pilot Plant Institut Pertanian STIPER Yogyakarta dengan waktu penelitian selama 1 bulan (1 Agustus – 30 Agustus 2024).

16

3.1.3. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Blok Lengkap (RBL) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah rasio perbandingan jumlah ragi, sedangkan faktor kedua adalah lama waktu fermentasi.

1

Faktor 1 : Jumlah ragi dengan 3 taraf faktor, yaitu:

A1 : 5%

A2 : 10%

A3 : 15%

Faktor 2 : Lama waktu fermentasi dengan 3 taraf faktor, yaitu:

B1 : 3 hari

B2 : 6 hari

B3 : 9 hari

Dari kedua faktor didapatkan $3 \times 3 = 9$ yang masing – masing dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali sehingga didapatkan $3 \times 3 \times 2 = 18$ satuan eksperimental (sampel). Tata letak dan urutan eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3:

Tabel 2. Tata Letak dan Urutan Eksperimentasi (TLUE) blok I.

$A_1B_1^1$	$A_1B_2^2$	$A_1B_3^3$
$A_2B_1^4$	$A_2B_2^5$	$A_2B_3^6$
$A_3B_1^7$	$A_3B_2^8$	$A_3B_3^9$

Tabel 3. Tata Letak dan Urutan Eksperimentasi (TLUE) blok II.

$A_1B_1^{10}$	$A_1B_2^{11}$	$A_1B_3^{12}$
$A_2B_1^{13}$	$A_2B_2^{14}$	$A_2B_3^{15}$
$A_3B_1^{16}$	$A_3B_2^{17}$	$A_3B_3^{18}$

Keterangan:

- I dan II = Blok untuk ulangan percobaan
- 1,2,3,...,18 = Urutan Eksperimentasi
- A dan B = Faktor Perlakuan

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Proses Delignifikasi dan Hidrolisis Selulosa

Serabut kelapa sawit dikeringkan selama tiga jam pada suhu 80°C, kemudian didinginkan di suhu ruang. Setelah itu, serabut dipotong menjadi

potongan-potongan kecil sebesar 0,5 hingga 1 cm, dan dihaluskan lagi dengan blender. Kemudian fiber yang masih kasar dipisahkan dengan fiber yang lebih halus, lalu ditimbang sebanyak 100 gram.

6 Untuk perlakuan awal asam, 12 ml larutan H_2SO_4 95% diambil dan dimasukkan ke dalam gelas beaker lalu akuades ditambahkan sebanyak 1000 ml. Kemudian 100 gram serat halus kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas, dan aluminium foil ditutup di atasnya. Setelah itu, pengadukan dipanaskan bersama pengadukan pada suhu $100^\circ C$ selama 60 menit, diaduk secara berkala dan Setelah serabut disaring menggunakan kertas saring dan ditimbang lagi, serabut diambil dan dimasukkan ke dalam oven selama empat jam pada suhu $80^\circ C$, kemudian didinginkan pada suhu kamar selama beberapa saat.

6 50 gram padatan yang dihasilkan dari delignifikasi dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan dicampur dengan 1000 ml larutan H_2SO_4 2%. Kemudian, proses hidrolisis dilakukan selama 120 menit sambil hot plate dipanaskan pada suhu $120^\circ C$ dan dilakukan pengadukan 300-400 rpm.

6 Setelah itu, larutan yang dihasilkan didinginkan sampai suhu kamar. Dengan menggunakan kertas saring, padatan dan cairan dipisahkan. Diambil hidrolisat dan dibagi ke dalam sembilan erlenmeyer, masing-masing diisi dengan hidrolisat sebanyak 90 ml. Kemudian, dilakukan penetralan menggunakan NaOH sebanyak 110 ml hingga pH 5 sehingga volume larutannya 200 ml.

3.2.2. Fermentasi

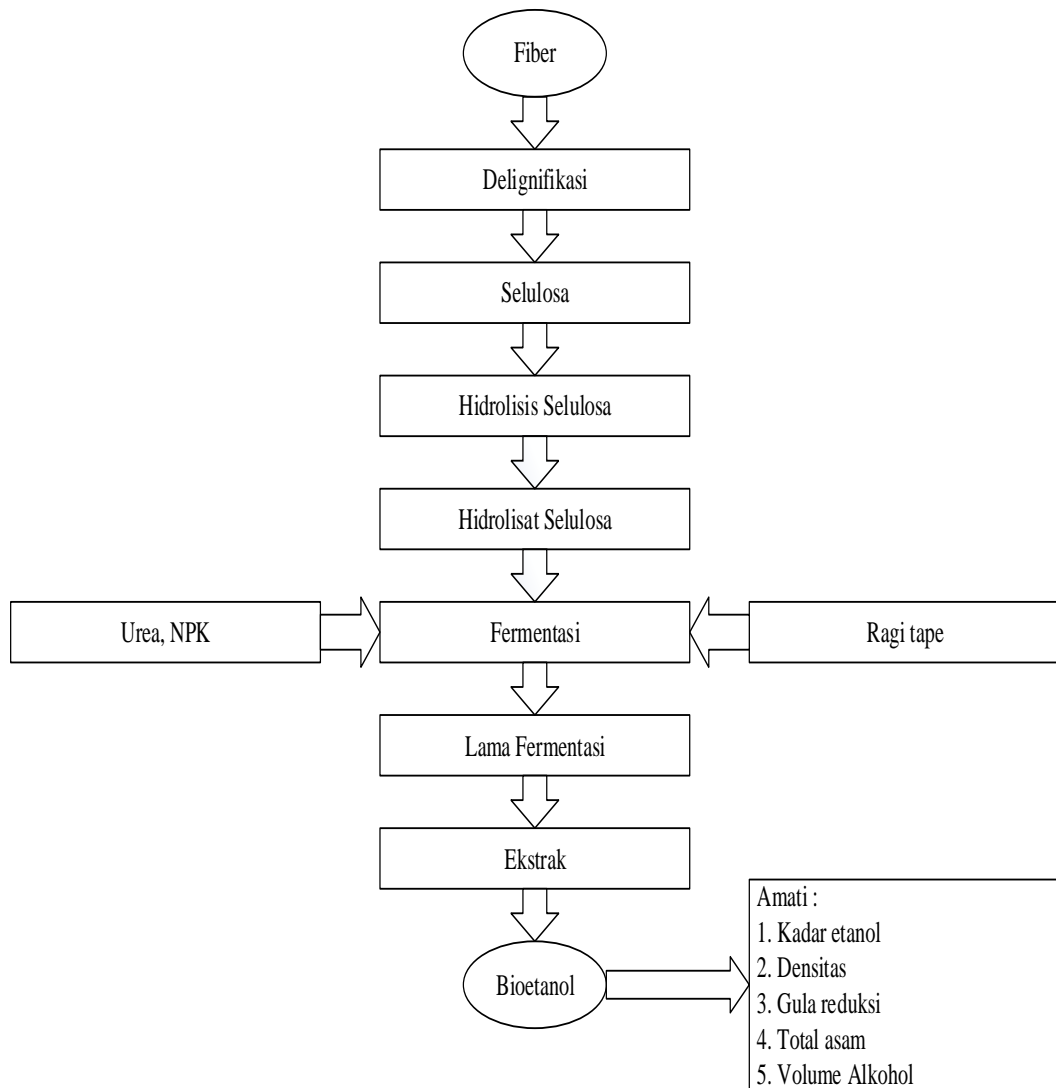
Mengacu pada TLUE, untuk perlakuan pertama adalah A1B1 dilakukan sebagai berikut, 200 ml hidrolisat selulosa yang sudah dinetralisasi sampai pH 5, selanjutnya difermentasi menggunakan ragi tape kering sebanyak 5% (A1) jumlah hidrolisat selulosa awal (4,5g) lalu ditambahkan ditambahkan NPK sebanyak 0,1g dan Urea 0,5g. Selanjutnya difermentasi selama 72 jam (B1). Setelah 72 jam, dilakukan penyaringan untuk memisahkan sisa ragi. Selanjutnya dilakukan destilasi pada suhu 80°C selama 45 menit menggunakan *rotary vaccum evaporator*. Cairan alkohol yang dihasilkan diambil dan dilakukan destilasi kedua pada suhu 80°C selama 50 menit. Kemudian cairan alkohol yang dihasilkan, selanjutnya akan dilakukan analisis. Setelah itu dilakukan perlakuan yang lain sesuai dengan TLUE (Tata Letak Urutan Eksperimentasi) pada blok 1 dan 2.

3.2.3. Evaluasi Penelitian

Bioetanol yang dihasilkan dari selulosa limbah serat kelapa sawit dievaluasi hasilnya, meliputi:

- a. Kadar Alkohol dengan Alkohol Meter (Satria, 2013).
- b. Analisis Densitas dengan Metode Piknometer (Sulaiman *et al.*, 2021).
- c. Kadar Gula Total dengan Metode Nelson-Somogyi (Erna, 2016).
- d. Total Asam dengan Metode Titrasi (Satria, 2013).
- e. Volume Alkohol (Efendi *et al.*, 2022).

3.2.4. Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Alir Proses Pembuatan Bioetanol

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bietanol yang dihasilkan dalam penelitian ini dianalisis mutunya yang meliputi analisis kadar gula total, analisis kadar alkohol, analisis densitas, analisis volume alkohol, dan analisis total asam.

4.1. Kadar Gula Total (°brix)

Berikut adalah data primer pada gula total, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Data Primer Analisis Gula Total Hidrolisat Selulosa (°brix)

sampel	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
	B 1			
A1	4,100	6,200	10,300	5,150
A2	4,100	6,200	10,300	5,150
A3	4,100	6,200	10,300	5,150
	B2			
A1	4,100	6,200	10,300	5,150
A2	4,100	6,200	10,300	5,150
A3	4,100	6,200	10,300	5,150
	B3			
A1	4,100	6,200	10,300	5,150
A2	4,100	6,200	10,300	5,150
A3	4,100	6,200	10,300	5,150
jumlah	36,900	55,800	92,700	46,350
rata-rata	4,100	6,200	10,300	5,150

Dari Tabel 4, selanjutnya dilakukan analisis keragaman yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Keragaman Gula Total Hidrolisat Selulosa

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	0,0000	0,0000	0,0000 TN	4,46	8,65
B	2	0,0000	0,0000	0,0000 TN	4,46	8,65
A x B	4	0,0000	0,0000	0,0000 TN	3,84	7,01
Blok	1	19,8450	19,8450			
Error	8	0,0000	0,0000			
Total	17	19,8450	1,1674			

Keterangan :

TN : tidak berbeda nyata

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa konsentrasi ragi tidak berpengaruh terhadap hasil gula total hidrolisat selulosa. Lalu lama fermentasi juga tidak berpengaruh pada gula total hidrolisat selulosa. Kemudian juga tidak ada interaksi antara konsentrasi ragi dan lama fermentasi terhadap hasil gula total hidrolisat selulosa.

Tabel 6. Rerata Kadar Gula Total Hidrolisat Selulosa (°brix)

Konsentrasi Ragi	Lama Fermentasi			Rerata A
	B1 (3 hari)	B2 (6 hari)	B3(9 hari)	
A1 (5%)	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±0,606
A2 (10%)	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±0,606
A3 (15%)	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±1,4849	5,15±0,606
Rerata B	5,15±0,606	5,15±0,606	5,15±0,606	

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

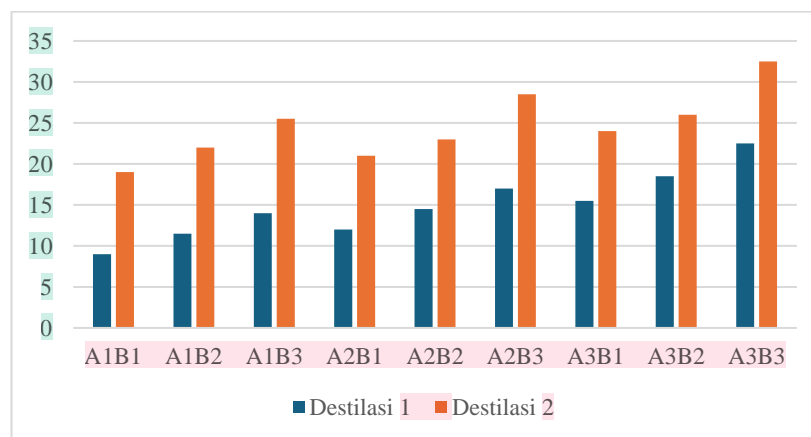
Berdasarkan Tabel 6, konsentrasi ragi menunjukkan hasil yang sama baik itu dengan konsentrasi 5% sampai 15%. Begitu juga dengan lama waktu fermentasi menunjukkan hasil yang sama. Ini berarti tidak ada perbedaan signifikan antara konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi terhadap hasil kadar gula total hidriolisat selulosa. Hal ini disebabkan karena kadar gula total

yang digunakan untuk sampel pada perlakuan 1 itu sama, dengan kadar gula total hidrolisat selulosa ($^{\circ}$ brix) sebanyak 4,1%. Begitu juga pada perlakuan 2 dengan kadar gula total hidrolisat selulosa ($^{\circ}$ brix) sebanyak 6,2%. Selain itu suhu dan lama waktu hidrolisis mempengaruhi kadar gula total yang dihasilkan.

Menurut Idral *et al.* (2012), salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah gula yang diproduksi adalah waktu inkubasi, bersama dengan suhu.. Kadar gula yang dihasilkan meningkat dengan durasi hidrolisis, tetapi jika durasi hidrolisis berlangsung terlalu lama, gula akan terdegradasi, menyebabkan penurunan konsentrasi gula selama proses hidrolisis. (Zelvi *et al.*, 2017).

4.2. Kadar Alkohol (%)

Pengukuran kadar alkohol dilakukan pada destilat yang diperoleh pada destilasi pertama dan kedua. Grafik kadar alkohol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Rerata Kadar Alkohol (%)

Dapat dilihat dari grafik diatas merupakan hasil kadar alkohol pada destilasi pertama dan kedua. Destilasi pertama dilakukan selama 45 menit dan destilasi kedua selama 50 menit. Pada sampel A1B1 mengalami kenaikan kadar

alkohol sebanyak 10%. Sampel A1B2 mengalami kenaikan sebanyak 9%. Sampel A1B3 mengalami kenaikan sebanyak 10%. Sampel A2B1 mengalami kenaikan sebanyak 10%. Sampel A2B2 mengalami kenaikan sebanyak 10%. Sampel A2B3 mengalami kenaikan sebanyak 9%. Sampel A3B1 mengalami kenaikan sebanyak 10%. Sampel A3B2 mengalami kenaikan sebanyak 10%. Sampel A3B3 mengalami kenaikan sebanyak 10%.

Selanjutnya dapat dilihat data primer kadar alkohol setelah destilasi kedua pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Primer Analisis Kadar Alkohol Setelah Destilasi Ke-2 (%)

Sampel	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
	B1			
A1	18,000	20,000	38,000	19,00
A2	21,000	23,000	44,000	22,000
A3	24,000	27,000	51,000	25,500
	B2			
A1	20,000	22,000	42,000	21,000
A2	23,000	23,000	46,000	23,000
A3	27,000	30,000	57,000	28,500
	B3			
A1	23,000	25,000	48,000	24,000
A2	25,000	27,000	52,000	26,000
A3	31,000	34,000	65,000	32,500
jumlah	212,000	231,000	443,000	221,500
rata-rata	23,556	25,667	49,222	24,611

Dari Tabel 7, selanjutnya akan dilakukan analisis keragaman yang terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Keragaman Kadar Alkohol

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	176,7778	88,3889	205,2903 **	4,46	8,65
B	2	87,1111	43,5556	101,1613 **	4,46	8,65
A x B	4	4,8889	1,2222	2,8387 TN	3,84	7,01
Blok	1	20,0556	20,0556			
Error	8	3,4444	0,4306			
Total	17	292,2778	17,1928			

Keterangan:

** : berbeda sangat nyata

TN : tidak berbeda nyata

Dapat dilihat pada Tabel 8, konsentrasi ragi memiliki pengaruh sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Begitu juga untuk lama waktu fermentasi juga memiliki pengaruh sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Namun tidak ada interaksi antar konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi pada kadar alkohol yang dihasilkan.

Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan, selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5%. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rerata Kadar Alkohol Setelah 2 kali Destilasi (%)

Konsentrasi Ragi	Lama Fermentasi			Rerata A
	B1 (3 hari)	B2 (6 hari)	B3(9 hari)	
A1 (5%)	19,00±1,414	21,00±0,707	24,00±0,707	21,33 ^a ±0,680
A2 (10%)	22,00±1,414	23,00±2,121	26,00±1,414	23,66 ^b ±0,680
A3 (15%)	25,50±2,121	28,50±2,121	32,50±2,121	28,83 ^c ±0,680
Rerata B	22,16 ^x ±0,680	24,16 ^y ±0,680	27,50 ^z ±0,680	

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada jenjang nyata 5%.

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi ragi maka semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena

semakin tinggi konsentrasi ragi yang digunakan, berarti lebih banyak sel ragi yang dapat memfermentasi kandungan gula yang akan diubah menjadi alkohol pada saat proses fermentasi.

20 Hal ini sesuai dengan temuan penelitian yang dilakukan oleh Berlian *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa, Kadar etanol yang dihasilkan juga berbeda dengan dosis ragi yang diberikan. Ini karena dosis ragi yang lebih tinggi berarti khamir yang lebih banyak. Ini adalah enzim yang bertanggung jawab atas fermentasi glukosa menjadi etanol (Dirayati *et al.*, 2018).

5 Selain itu, dapat diamati bahwa semakin lama fermentasi berlangsung, semakin banyak alkohol yang dihasilkan. Ini karena selama proses fermentasi, ragi mengubah gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Jadi dengan durasi fermentasi yang lebih lama, ragi akan memiliki waktu yang lebih banyak untuk terus mengonsumsi gula dan mengubahnya menjadi alkohol.

30 Menurut Lestari *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa lama fermentasi menyebabkan khamir berkembang dan bermetabolisme, menghasilkan alkohol (Devita *et al.*, 2019). Standar kadar alkohol menurut SNI Bioetanol 7390:2012 adalah 99,5%.

4.3. Densitas (g/cm³)

Berikut adalah data primer untuk densitas, dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Primer Densitas (g/cm³)

Sampel	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
	B1			
A1	0,944	0,945	1,888	0,944
A2	0,943	0,941	1,884	0,942
A3	0,937	0,937	1,874	0,937
	B2			
A1	0,943	0,941	1,884	0,942
A2	0,938	0,939	1,878	0,939
A3	0,938	0,935	1,873	0,936
	B3			
A1	0,941	0,941	1,881	0,941
A2	0,939	0,936	1,875	0,937
A3	0,931	0,930	1,861	0,931
jumlah	8,454	8,444	16,898	8,449
rata-rata	0,939	0,938	1,878	0,939

Dari tabel data primer diatas, selanjutnya akan dilakukan analisis keragaman yang terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11. Analisis Keragaman Densitas

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	0,0002	0,0001	68,4643 **	4,46	8,65
B	2	0,0001	0,0000	27,5110 **	4,46	8,65
A x B	4	0,0000	0,0000	2,6131 TN	3,84	7,01
Blok	1	0,0000	0,0000			
Error	8	0,0000	0,0000			
Total	17	0,0003	0,0000			

Keterangan:

** : berbeda sangat nyata
 TN : tidak berbeda nyata

Dapat dilihat pada Tabel 11, konsentrasi ragi memiliki pengaruh sangat nyata terhadap densitas yang dihasilkan. Begitu juga untuk lama waktu fermentasi juga memiliki pengaruh sangat nyata terhadap densitas yang dihasilkan. Namun tidak ada interaksi antar konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi pada densitas yang dihasilkan.

Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan, selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5%. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Rerata Densitas (g/cm^3)

Konsentrasi Ragi	Lama Fermentasi			Rerata A
	B1 (3 hari)	B2 (6 hari)	B3(9 hari)	
A1 (5%)	0,944±0,0006	0,941±0,0017	0,940±0,00007	0,942 ^c ±0,001
A2 (10%)	0,942±0,0018	0,938±0,0007	0,937±0,0027	0,939 ^b ±0,001
A3 (15%)	0,937±0,0003	0,936±0,0020	0,930±0,0005	0,934 ^a ±0,001
Rerata B	0,941 ^z ±0,001	0,939 ^y ±0,001	0,936 ^x ±0,001	

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada jenjang nyata 5%.

Dari Tabel 12 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi ragi maka densitas yang dihasilkan juga akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi ragi yang digunakan, maka jumlah sel ragi yang melakukan fermentasi untuk mengubah gula menjadi alkohol akan meningkat. Hal ini juga yang membuat densitas pada larutan akan menurun. Karena alkohol memiliki densitas yang lebih rendah dari pada air, yaitu sekitar $0,789 \text{ g}/\text{cm}^3$ dibandingkan dengan air yang memiliki densitas $1 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Selain itu, Khodijah dan Abtokhi (2015) menyatakan bahwa seiring dengan peningkatan jumlah etanol yang dihasilkan, berat atau densitas

campuran etanol-air akan menurun seiring dengan peningkatan jumlah ragi yang ditambahkan (Maryana *et al.*, 2020).

17 Dapat dilihat juga semakin lama waktu fermentasi, densitas yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses fermentasi, maka semakin banyak juga kadar gula yang diubah menjadi alkohol. Ini menyebabkan densitas pada larutan semakin rendah.

Semakin lama waktu fermentasi, aktivitas mikroba meningkat, sehingga lebih banyak karbohidrat yang terurai menjadi alkohol. Hal ini menyebabkan massa jenis campuran alkohol-air menjadi semakin rendah karena adanya peningkatan volume alkohol dalam campuran tersebut (Visca *et al.*, 2020).

Karena densitas produk berhubungan langsung dengan kandungan bioetanolnya, Kadar bioetanol juga akan meningkat jika densitasnya mendekati standar SNI (Putri, 2018). Densitas etanol adalah 0,794 (SNI 7390-2008). (Falaah & Kusumayanti, 2021).

4.4. Volume Alkohol Hasil Fermentasi (mL)

Volume alkohol dihitung dengan cara, $\text{Volume alkohol} = (\text{Berat sampel} - \text{berat kosong botol} / \text{Densitas})$. Destilasi dilakukan selama 50 menit dengan 50 rpm dan suhu 80°C. Berikut adalah data primer volume alkohol (Tabel 13).

Tabel 13. Data Primer Volume Alkohol Hasil Fermentasi (mL)

Sampel	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
	B1			
A1	73,09	60,34	133,43	66,71
A2	64,65	52,08	116,73	58,36
A3	59,74	62,98	122,72	61,36
	B2			
A1	66,80	46,77	113,57	56,78
A2	61,80	65,99	127,79	63,89
A3	66,11	55,62	121,73	60,86
	B3			
A1	75,47	62,72	138,19	69,09
A2	70,29	52,35	122,64	61,32
A3	46,18	51,60	97,78	48,89
jumlah	584,13	510,45	1094,58	547,29
rata-rata	64,90	56,71	121,62	60,81

Dari Tabel 13, selanjutnya akan dilakukan analisis keragaman yang terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Analisis Keragaman Volume Alkohol Hasil Fermentasi

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	155,1193	77,5597	1,6107 TN	4,46	8,65
B	2	17,7526	8,8763	0,1843 TN	4,46	8,65
A x B	4	382,8444	95,7111	1,9876 TN	3,84	7,01
Blok	1	301,5968	301,5968			
Eror	8	385,2255	48,1532			
Total	17	1242,5386	73,0905			

Keterangan:

TN : tidak berbeda nyata

Dapat dilihat pada tabel diatas, konsentrasi ragi tidak memiliki pengaruh terhadap volume alkohol yang dihasilkan. Begitu juga untuk lama waktu fermentasi juga tidak memiliki pengaruh terhadap volume alkohol yang dihasilkan. Namun tidak ada interaksi antar konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi pada volume alkohol yang dihasilkan.

Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan, selanjutnya dilakukan uji jarak berganda Duncan jenjang 5%. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Rerata Volume Alkohol Hasil Fermentasi (mL)

Konsentrasi Ragi	Lama Fermentasi			Rerata A
	B1 (3 hari)	B2 (6 hari)	B3 (9 hari)	
A1 (5%)	66,71±9,01	56,78±14,16	69,09±9,01	64,19±3,56
A2 (10%)	58,36±8,88	63,89±2,96	61,32±12,68	61,19±3,56
A3 (15%)	61,36±2,29	60,86±7,41	48,89±3,83	57,03±3,56
Rerata B	62,14±3,56	60,51±3,56	59,76±3,56	

Dari Tabel 15 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi maka volume alkohol yang dihasilkan juga akan semakin rendah namun tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak konsentrasi ragi yang digunakan maka semakin banyak juga nutrisi

yang diperlukan. Jika nutrisi dalam larutan kurang maka kinerja dari *Saccharomyces Cerevisiae* juga akan menurun.

Menurut Efendi *et al.* (2022) jumlah gula yang digunakan harus proporsional dengan jumlah ragi yang digunakan, penambahan ragi yang berlebihan juga dapat menyebabkan volume alkohol menurun. Penambahan ragi yang berlebihan juga dapat menurunkan produktivitas *Saccharomyces Cerevisiae* karena kurangnya nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme.

2
51
Semakin lama waktu fermentasi maka kadar alkohol yang dihasilkan juga menurun namun tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pada saat proses fermentasi, mikroba akan mengalami kematian karena kekurangan nutrisi pada waktu fermentasi yang terlalu lama.

Nasrun *et al.* (2017) juga menyatakan bahwa Nutrisi dalam substrat akan habis semakin lama fermentasi berlangsung. Jika fermentasi berlangsung terlalu lama, nutrisi yang tersedia untuk mendukung aktivitas mikroba akan terlalu sedikit, sehingga produksi alkohol menurun.

4.5. Total Asam (g/mL)

Berikut adalah data primer untuk total asam, dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Data Primer Total Asam (g/mL)

sampel	Blok		Jumlah	Rata - Rata
	I	II		
	B1			
A1	0,36	0,36	0,72	0,36
A2	0,36	0,36	0,72	0,36
A3	0,60	0,60	1,20	0,60
	B2			
A1	0,36	0,36	0,72	0,36
A2	0,36	0,60	0,96	0,48
A3	0,60	0,60	1,20	0,60
	B3			
A1	0,36	0,36	0,72	0,36
A2	0,60	0,60	1,20	0,60
A3	0,60	0,60	1,20	0,60
jumlah	4,20	4,44	8,64	4,32
rata-rata	0,46	0,49	0,96	0,48

Dari Tabel 16, selanjutnya akan dilakukan analisis keragaman yang terdapat pada Tabel 17.

Tabel 17. Analisis keragaman Total Asam

Sumber Keragaman	db	JK	RK	F. Hitung	F. Tabel	
					5%	1%
A	2	0,1728	0,0864	27,0000 **	4,46	8,65
B	2	0,0192	0,0096	3,0000 TN	4,46	8,65
A x B	4	0,0384	0,0096	3,0000 TN	3,84	7,01
Blok	1	0,0032	0,0032			
Error	8	0,0256	0,0032			
Total	17	0,2592	0,0152			

Keterangan:

** : berbeda sangat nyata

TN : tidak berbeda nyata

Dapat dilihat pada Tabel 17, konsentrasi ragi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap total asam yang dihasilkan. Untuk lama waktu fermentasi tidak memiliki pengaruh terhadap total asam yang dihasilkan. Tidak ada interaksi antar konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi pada total asam yang dihasilkan.

Tabel 18. Hasil Rerata Total Asam (g/mL)

Konsentrasi Ragi	Lama Fermentasi			Rerata A
	B1 (3 hari)	B2 (6 hari)	B3(9 hari)	
A1 (5%)	0,36±0,000	0,36±0,000	0,36±0,169	0,36 ^a ±0,33
A2 (10%)	0,36±0,169	0,48±0,000	0,60±0,000	0,48 ^b ±0,33
A3 (15%)	0,60±0,000	0,60±0,000	0,60±0,000	0,60 ^b ±0,33
Rerata B	0,44±0,33	0,48±0,33	0,52±0,33	

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

Dari Tabel 18 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi ragi maka total asam semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi ragi membuat mikroorganisme yang melakukan fermentasi menjadi lebih banyak dan mempercepat proses fermentasi, sehingga produksi asam juga meningkat pada tahap awal fermentasi. Ini terjadi karena mikroorganisme bekerja lebih cepat untuk memetabolisme gula menjadi produk sampingan, termasuk asam organik seperti asam asetat, asam laktat, dan asam sitrat. Hal ini sesuai dengan teori Santosa dan Prakosa (2010) bahwa dengan menggunakan lebih banyak ragi, kadar asam akan meningkat (Anisa, 2017).

Dari Tabel 18 dapat dilihat juga bahwa semakin lama fermentasi maka total asam akan semakin meningkat. Tapi ini berarti tidak berpengaruh karena harusnya kadar total asam semakin menurun karena dengan waktu fermentasi yang lebih lama, mikroorganisme bisa mulai mengonsumsi asam yang sudah diproduksi sebagai sumber energi, terutama jika gula mulai habis. Ini akan menyebabkan penurunan total asam. Hal ini juga berkaitan dengan penelitian Anwar *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa selain meningkatkan kadar alkohol, waktu fermentasi yang lebih lama juga dapat menyebabkan kadar asam yang lebih rendah dalam bioetanol. Ini karena alkohol tidak menghasilkan asam sebagai produk sampingan, sedangkan karbondioksida tidak mempengaruhi total asam secara langsung.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Konsentrasi ragi tape berpengaruh terhadap kadar alkohol, densitas, dan total asam yang dihasilkan, namun tidak berpengaruh terhadap gula total dan volume alkohol yang dihasilkan.
2. Lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar alkohol, densitas, namun tidak berpengaruh terhadap gula total, volume alkohol dan total asam.
3. Perlakuan konsentrasi ragi tape dan lama waktu fermentasi terbaik yang mampu menghasilkan kadar alkohol tertinggi didapatkan pada perlakuan dengan konsentrasi ragi tape 15% dan waktu fermentasi 9 hari dengan kadar alkohol sebesar 32,5%. Namun kadar alkohol yang dihasilkan masih belum memenuhi SNI *Full Grade* Bioetanol 7390:2012.

B. Saran

1. Disarankan untuk mempertimbangkan peningkatan jumlah ragi dan waktu fermentasi lebih lanjut untuk meningkatkan produksi bioetanol, namun tetap memperhatikan batasan optimal agar tidak terjadi penurunan hasil.
2. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi kualitas dan kuantitas bioetanol, seperti jenis ragi yang digunakan dan kondisi fermentasi.