

Analisis Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa Dalam Proses Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Pisang

Elsa Dwi Wahyuni ^{a,*}, Nabila Eka Putri ^a, Muhammad Panca Satio ^a, Sahrul Efendy A ^b, Ida Febriana ^b, Tahdid ^b.

^a Program Studi Teknik Energi (Jurusan Teknik Kimia), Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, 30139, Indonesia

^b Program Studi Teknik Energi (Jurusan Teknik Kimia), Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, 30139, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 10 November 2025

Diterima setelah direvisi 28 November 2025

Disetujui 29 November 2025

Kata kunci:

Bioetanol
Limbah pisang
Hidrolisis Asam
Kadar Glukosa
Waktu Hidrolisis

Abstract- The utilization of rotten banana waste as a raw material for bioethanol production represents a strategic effort to support renewable energy development. This study aims to analyze the effect of hydrolysis time variation on glucose concentration and bioethanol yield. The hydrolysis process was conducted using sulfuric acid (H₂SO₄) 2 N at 80°C with time variations of 40, 60, 80, 100, and 120 minutes. The hydrolysate was then fermented for seven days using *Saccharomyces cerevisiae*, followed by a two-stage distillation process. The results showed that increasing hydrolysis time significantly affected glucose concentration and bioethanol volume. Glucose concentration increased from 24.97% at 40 minutes to 41.80% at 120 minutes, with the highest yield of 74.76%. The highest bioethanol volume, 650 mL with 83% ethanol content, was obtained at 120 minutes of hydrolysis. Physical parameters such as refractive index and density also confirmed the improvement in bioethanol quality. Therefore, rotten banana waste has great potential as a raw material for bioethanol production, with optimal conditions found at 120 minutes of hydrolysis time, 80°C temperature, and 2 N H₂SO₄ concentration.

Intisari- Pemanfaatan limbah pisang busuk sebagai bahan baku pembuatan bioetanol merupakan upaya strategis untuk mendukung pengembangan energi terbarukan serta pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa dan hasil bioetanol yang dihasilkan. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) 2 N pada suhu 80°C dengan variasi waktu 40, 60, 80, 100, dan 120 menit. Cairan hasil hidrolisis kemudian difermentasi selama tujuh hari menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, dilanjutkan dengan proses distilasi dua tahap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu hidrolisis berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa dan volume bioetanol yang dihasilkan. Kadar glukosa meningkat dari 24,97% pada waktu 40 menit menjadi 41,80% pada waktu 120 menit dengan hasil tertinggi (yield) sebesar 74,76%. Volume bioetanol tertinggi sebesar 650 mL dengan kadar etanol 83% diperoleh pada waktu hidrolisis 120 menit. Parameter fisik seperti indeks bias dan densitas juga menunjukkan peningkatan kualitas bioetanol. Dengan demikian, limbah pisang busuk berpotensi besar sebagai bahan baku alternatif untuk produksi bioetanol dengan kondisi optimum pada waktu hidrolisis 120 menit, suhu 80°C, dan konsentrasi H₂SO₄ 2 N.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, isu perubahan iklim dan keterbatasan bahan bakar fosil telah mendorong pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan. Konsumsi minyak bumi di Indonesia mencapai 322,61 juta barel pada tahun 2023 [1], menunjukkan tingginya ketergantungan pada energi fosil. Bioetanol merupakan salah satu bentuk bioenergi yang menjanjikan karena berasal dari biomassa nabati dan lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil [2].

Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan limbah pisang sebagai bahan baku bioetanol. Produksi pisang nasional tahun 2023 mencapai 9,34 juta ton, dengan Sumatera Selatan berkontribusi 354.142,7

ton [3]. Limbah pisang busuk kaya akan pati dan selulosa yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa, kemudian difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol [4]. Proses hidrolisis, baik secara asam maupun enzimatik, berfungsi memecah polisakarida kompleks menjadi gula sederhana yang lebih mudah difermentasi [5]. Faktor faktor seperti waktu hidrolisis, suhu, dan konsentrasi asam sangat berpengaruh terhadap kadar glukosa yang terbentuk [6].

Proses hidrolisis merupakan tahapan penting dalam produksi bioetanol karena berfungsi mengubah polisakarida kompleks seperti pati, selulosa dan hemiselulosa yang terdapat dalam limbah organik menjadi gula sederhana (monosakarida) seperti glukosa. Hidrolisis dapat Volume 3, Nomor 2, Julii – Desember 2018 penulis diartikan sebagai reaksi

* Corresponding Author:

E-mail: edwi60881@gmail.com (Elsa Dwi Wahyuni)

pemutusan ikatan kimia dalam suatu molekul melalui penambahan molekul air. Dalam pembuatan bioetanol, hidrolisis bertujuan memecah rantai panjang karbohidrat menjadi gula – gula sederhana yang lebih mudah difermentasi oleh mikroorganisme. Hidrolisis asam umumnya menggunakan larutan asam kuat seperti H₂SO₄ atau HCl dalam konsentrasi dan suhu tertentu untuk memutus ikatan glikosidik antar unit monomer dalam polisakarida. efisiensi konversi glukosa ke etanol secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan glukosa dalam media fermentasi, dengan catatan bahwa kadar yang terlalu rendah akan menurunkan hasil etanol, sementara kadar yang terlalu tinggi berisiko menghambat aktivitas enzimatis. Oleh karena itu, optimasi kadar glukosa sangat penting dalam keseluruhan rantai produksi bioetanol, khususnya dalam pendekatan berbasis limbah biomassa seperti kulit atau buah pisang [7].

Pisang (*Musaceae* SP) merupakan tanaman asli Asia Tenggara Hampir diseluruh wilayah Indonesia terdapat tanaman pisang. Hal ini dikarenakan iklim Indonesia cocok untuk media tumbuh tanaman ini. Daging pisang yang merupakan bagian dari buah pisang, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol. Salah satu alasan utama untuk menggunakan daging pisang busuk adalah kandungan karbohidratnya yang tinggi. Daging pisang mengandung gula yang dapat diubah menjadi etanol melalui proses fermentasi. Proses ini dimulai dengan hidrolisis, dimana karbohidrat kompleks dipecah menjadi gula sederhana. Gula ini kemudian difermentasi oleh ragi untuk menghasilkan etanol [8].

Asam Sulfat (H₂SO₄) adalah salah satu asam mineral yang paling kuat dan penting dalam dunia industri maupun laboratorium. Senyawa ini berbentuk cairan kental, tidak berwarna dan sangat korosif. Asam sulfat memiliki sifat higroskopis, yaitu mudah menyerap uap air dari udara, dan sangat mudah larut dalam air dengan reaksi yang eksotermis (melepaskan panas). Dalam kimia, asam ini dikenal sebagai asam kuat yang dapat memberikan ion H⁺ secara penuh dalam larutan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana pengaruh variasi waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa dari limbah pisang, (2) berapa waktu optimum untuk menghasilkan glukosa tertinggi sebagai bahan baku bioetanol, dan (3) bagaimana hubungan antara kadar glukosa dan jumlah bioetanol yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu hidrolisis, menentukan waktu optimum untuk memperoleh kadar glukosa tertinggi, serta menganalisis hubungan glukosa dengan bioetanol hasil distilasi. Hasil penelitian diharapkan bermanfaat sebagai alternatif teknologi produksi bioetanol, referensi akademik, serta meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai potensi limbah pisang sebagai energi terbarukan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait produksi bioetanol dari berbagai jenis limbah biomassa. Buah pisang hutan yang difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan kadar ragi 5% dan memperoleh kadar etanol sebesar 24,8% [9]. Memanfaatkan kulit pisang kapas dengan metode hidrolisis dan fermentasi, menghasilkan etanol sebesar 18,47%. Penelitian menggunakan limbah pisang (*Musaceae*) dan *S. cerevisiae* melalui proses hidrolisis dan fermentasi, dengan rendemen etanol mencapai 22,8% [10].

Selain pisang, penelitian lain juga menggunakan bahan baku berbeda. Peneliti limbah biji durian dengan metode hidrolisis, fermentasi, dan distilasi, menghasilkan kadar bioetanol 14,72% dengan volume produk 6,18 mL setelah fermentasi 9 hari [10]. Sementara itu, Tandan kosong

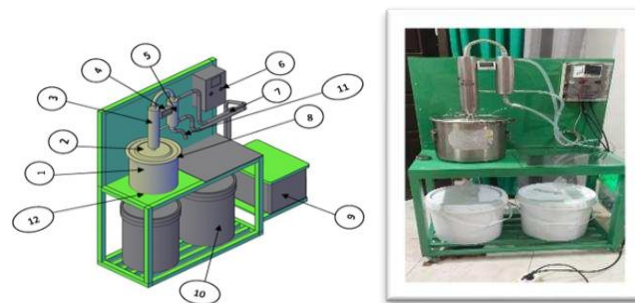
kelapa sawit dengan metode serupa, menghasilkan kadar glukosa tertinggi 8,48% dan etanol sebesar 17% [11].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa variasi bahan baku, jenis limbah, serta kondisi proses sangat memengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal ini menegaskan pentingnya optimasi faktor proses, seperti waktu hidrolisis dan fermentasi, dalam upaya meningkatkan produksi bioetanol dari limbah organik.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Bahan dan Alat

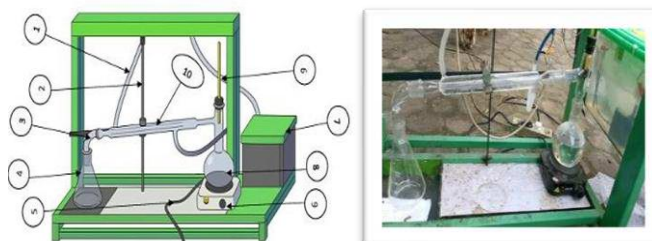
Bahan yang digunakan meliputi limbah pisang 5 kg, air 15 L, ragi *Saccharomyces cerevisiae* 30 g, Larutan H₂SO₄ 2 N dan NaOH



Gambar 1. Alat Perangkat Bioetanol

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Reaktor | 7. Condensor Cooling Water Inlet Pipe |
| 2. Penutup Reaktor | 8. Klem Penutup Reaktor |
| 3. Kolom Distilasi | 9. Cooler |
| 4. Sensor Suhu Distilasi | 10. Ember Fermentasi |
| 5. Kondensor | 11. Distilasi Outlet Pipe |
| 6. Control Panel | 12. Heater |



Gambar 2. Alat Distilasi Sederhana

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. Selang air pendingin | 6. Termometer |
| 2. Penjepit dan Statif | 7. Cooler |
| 3. Keluaran distilat | 8. Labu distilasi |
| 4. Erlenmeyer | 9. Hot Plate |
| 5. Kabel Daya | 10. Kondensor Liebig |

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi stopwatch untuk mengukur waktu hidrolisis, spektrofotometer UV-Vis untuk menganalisis kadar glukosa, alkoholmeter atau piknometer untuk menentukan persen yield dan kadar etanol, serta refraktometer untuk mengukur indeks bias bioetanol. Pengujian pH dilakukan menggunakan kertas pH, pengujian titik nyala menggunakan metode *Cleveland Open Cup*, dan pengukuran densitas dilakukan menggunakan piknometer.

2.2. Parameter – Parameter yang harus dianalisis

Parameter seperti waktu hidrolisis, kadar glukosa, dan persen yield dianalisis karena ketiganya saling berkaitan dalam menentukan keberhasilan proses produksi bioetanol. Waktu hidrolisis berpengaruh langsung terhadap jumlah glukosa yang dihasilkan, sedangkan kadar glukosa menjadi indikator efektivitas hidrolisis dan mempengaruhi jumlah etanol yang dapat terbentuk. Persen yield dianalisis untuk mengetahui efisiensi keseluruhan proses dan menentukan kondisi operasional yang paling optimum.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan bahan baku berupa limbah pisang yang tidak layak konsumsi. Buah dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran, kemudian dipotong kecil-kecil dan diblender hingga menjadi bubur halus agar memudahkan proses selanjutnya. Sampel bubur pisang kemudian dihidrolisis menggunakan larutan H₂SO₄ 2 N sebanyak 250 mL dengan variasi waktu 40, 60, 90, 100, dan 120 menit pada suhu 80°C hingga terbentuk slurry. Larutan hasil hidrolisis selanjutnya disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan padatan sehingga diperoleh cairan glukosa sederhana, kemudian pH diukur dengan kisaran 4-5, dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang dengan merendam wadah sampel dalam air. Kadar glukosa dari larutan hasil hidrolisis dianalisis menggunakan metode fenol-sulfat sesuai ASTM E275. Analisis dilakukan dengan menambahkan larutan fenol 5% dan H₂SO₄ pekat pada sampel, kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm. Kurva standar glukosa dengan konsentrasi tertentu digunakan sebagai acuan untuk menghitung kadar glukosa pada sampel. Selanjutnya, lima sampel terbaik hasil hidrolisis difermentasi dalam wadah terpisah menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 30 g pada masing-masing sampel. Fermentasi dilakukan secara anaerob selama 7 hari dengan suhu maksimum 36°C. Proses ini bertujuan mengonversi glukosa hasil hidrolisis menjadi etanol. Produk hasil fermentasi kemudian didistilasi menggunakan seperangkat alat distilasi sederhana dengan pengendalian suhu pada rentang 78–80°C untuk memisahkan etanol dari komponen lain. Distilasi dilakukan dalam dua tahap agar diperoleh bioetanol dengan kemurnian lebih tinggi. Destilat yang terkumpul kemudian ditampung, diukur volumenya, serta dianalisis kadar etanolnya menggunakan parameter fisik seperti indeks bias, densitas, dan titik nyala. Dengan metode ini, diperoleh data kuantitatif mengenai pengaruh variasi waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa, serta kaitannya dengan volume dan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, bioetanol diperoleh dari daging pisang busuk melalui proses hidrolisis, fermentasi, dan dua tahap distilasi. Hidrolisis menggunakan katalis H₂SO₄ dengan variasi waktu 40, 60, 80, 100, dan 120 menit untuk menentukan waktu optimum yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia dan Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Tabel 1. Data Pengamatan Proses Hidrolisis

Konsentrasi Asam H ₂ SO ₄ (N)	Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Volume Produk (ml)	pH awal	pH akhir	Kadar Glukosa (%)
2	80	40	3600	4	5	22,37
		60	3563	4	5	24,97
		80	3454	5	5	32,84
		100	3372	4	5	38,18
		120	3263	4	5	41,80

Tabel 2. Data % Yield Pada Proses Hidrolisis

Konsentrasi Asam H ₂ SO ₄ (N)	Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Yield (%)
2	80	40	40,75
		60	45,56
		80	58,31
		100	69,30
		120	74,76

Tabel 3. Data Pengamatan Setelah Distilasi

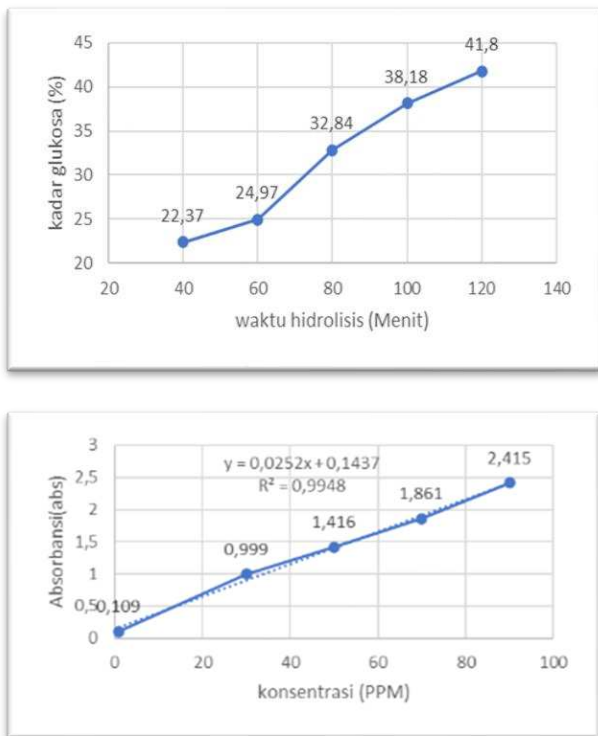
Konsentrasi Asam (N)	Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Volume Bioetanol (ml)	Indeks Bias	Kadar Etanol (%)	Titik Nyala (°C)	Densitas (g/ml)
2	80	40	650	1,3396	18	66	0,88667
		60	641	1,3405	20	59	0,87900
		80	625	1,3414	24	57	0,87099
		100	610	1,3420	26	45	0,86401
		120	600	1,3426	28	40	0,85899

Tabel 4. Data setelah permurnian bioetanol

Konsentrasi Asam (N)	Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Volume Bioetanol (ml)	Indeks Bias	Kadar Etanol (%)	Titik Nyala (°C)	Densitas (g/ml)
2	80	40	162	1,3537	65	47	0,80844
		60	157	1,3552	70	45	0,79497
		80	150	1,3567	75	42	0,78876
		100	148	1,3582	80	40	0,78220
		120	142	1,3591	83	37	0,77977

3.1. Analisa waktu terhadap Kadar Glukosa

Hidrolisis merupakan reaksi antara air dengan bahan seperti pati atau selulosa yang menghasilkan glukosa. Akan tetapi, jika hanya menggunakan air, proses ini berlangsung sangat lambat. Untuk mempercepat reaksi, diperlukan penambahan katalis berupa asam, misalnya asam sulfat. Asam sulfat mampu menghasilkan ion hidronium (H₃O⁺) dalam jumlah lebih banyak dibandingkan asam kuat lainnya, sehingga pemecahan pati menjadi glukosa dapat berlangsung lebih efektif [12].



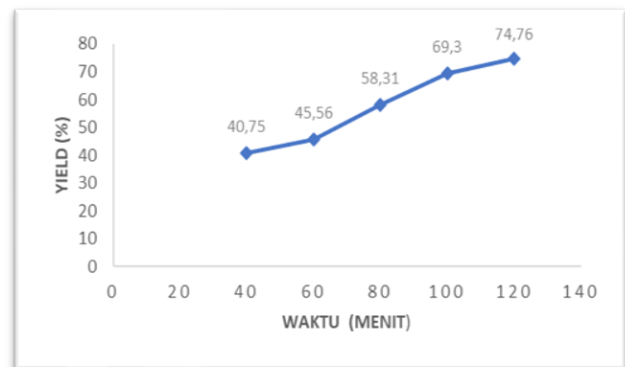
Gambar 3. Grafik Kurva Baku Kadar Glukosa dan Grafik Waktu Hidrolisis dengan kadar Glukosa

Data kadar glukosa pada grafik diatas diperoleh dengan memasukkan nilai absorbansi (abs) hasil pengujian sampel glukosa ke dalam persamaan regresi linear $y = 0,0252x + 0,1437$. Kurva standar glukosa ini diperoleh dengan memplot nilai konsentrasi standar glukosa (dalam satuan ppm) terhadap nilai absorbansi(abs) yang diukur menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9948 menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier yang kuat antara konsentrasi glukosa dan absorbansi sehingga persamaan regresi tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan kadar glukosa dalam sampel uji dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Grafik pada gambar menunjukkan hubungan antara waktu hidrolisis dengan kadar glukosa yang dihasilkan dari limbah pisang menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) 2N pada suhu $80^\circ C$. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa semakin lama waktu hidrolisis, kadar glukosa yang dihasilkan cenderung meningkat. Reaksi hidrolisis yang terjadi secara kimiawi memecah komponen polisakarida seperti pati dan selulosa menjadi gula sederhana (glukosa) yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa dari waktu ke waktu [13]. Pada waktu hidrolisis 40 menit, kadar glukosa yang terbentuk baru mencapai 22,37 %. Setelah waktu reaksi ditambah menjadi 60 menit, kadar glukosa naik menjadi 24,97 %. Ini menunjukkan bahwa reaksi hidrolisis sudah mulai bekerja 34 tetapi belum maksimal. Dalam waktu reaksi yang masih singkat ini, komponen penyusun utama limbah pisang belum sepenuhnya terurai. Molekul air dan asam sulfat memulai memutus ikatan dalam struktur tersebut, tetapi belum cukup lama untuk menghasilkan glukosa dalam jumlah tinggi. Kenaikan kadar glukosa yang lebih besar terjadi pada waktu 80 dan 100 menit, masing-masing menjadi 32,84% dan 38,18%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa reaksi

berlangsung lebih cepat dan efisien. Selama periode ini, sebagian besar ikatan kimia dalam pati dan selulosa berhasil diputus, menghasilkan glukosa bebas dalam jumlah lebih besar. Suhu reaksi yang stabil pada $80^\circ C$ juga membantu mempercepat laju reaksi, sementara asam sulfat berperan penting dalam mempercepat pemecahan struktur kompleks selulosa. Suhu yang stabil pada $80^\circ C$ juga berperan mempercepat reaksi dengan bantuan katalis asam sulfat. Hasil tertinggi diperoleh pada waktu 120 menit, dengan kadar glukosa sebesar 41,80%. Ini menunjukkan bahwa 120 menit merupakan waktu reaksi yang paling optimal dalam kondisi percobaan ini. Namun, jika waktu reaksi diperpanjang lebih dari itu, ada risiko glukosa yang sudah terbentuk akan rusak atau berubah menjadi senyawa lain seperti furfural atau HMF (hydroxymethylfurfural), terutama karena suhu dan kondisi asam yang tinggi. Oleh karena itu, pemilihan waktu reaksi yang tepat sangat penting agar hasil tetap maksimal tanpa merusak produk utama. Secara keseluruhan, waktu reaksi memiliki pengaruh besar terhadap hasil hidrolisis limbah pisang menjadi glukosa. Waktu 120 menit terbukti paling efektif untuk menghasilkan kadar glukosa tertinggi pada suhu $80^\circ C$ dan dengan katalis asam sulfat 2 N. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh [14] yang menyebutkan bahwa waktu dan suhu reaksi merupakan faktor utama dalam hidrolisis asam. Untuk tahap selanjutnya, diperlukan optimasi lebih lanjut agar proses lebih efisien dalam hal energi, biaya, dan kualitas hasil.

1. Analisa Waktu Terhadap % yield pada proses hidrolisis



Gambar 4. Grafik Waktu Hidrolisis Dengan Kadar Glukosa

Gambar 4. Menunjukkan hubungan waktu hidrolisis dengan yield glukosa dari pati limbah pisang. Yield meningkat signifikan seiring bertambahnya waktu hingga 40 hingga 120 menit, yaitu dari 40,75 % menjadi 74,76%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi, semakin banyak rendah, sedangkan waktu yang terlalu lama berpotensi menimbulkan degradasi glukosa menjadi HMF. Dalam penelitian ini, hingga 120 menit belum terjadi penurunan yield, sehingga waktu tersebut masih optimal. Efisiensi hidrolisis juga dipengaruhi suhu dan konsentrasi asam, dimana pada $80^\circ C$ dan H_2SO_4 2N proses pemutusan rantai polisakarida berlangsung efektif. Dengan demikian, waktu 120 menit dapat dianggap sebagai titik optimal, meskipun untuk skala industri perlu evaluasi ulang agar proses tetap efisien dan ekonomis.

3.2. Analisa Kadar Bioetanol



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Glukosa dan Kadar Bioetanol

Grafik 5 menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar glukosa hasil hidrolisis dengan kadar bioetanol yang dihasilkan setelah proses distilasi. Semakin tinggi kadar glukosa hasil hidrolisis, maka semakin tinggi pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Pada kadar glukosa mencapai 22,37% kadar etanol yang dihasilkan adalah 18%. Namun, saat kadar glukosa meningkat mendekati 42% kadar bioetanol yang dihasilkan juga naik menjadi 28%. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa hasil hidrolisis berperan sebagai sumber utama energi bagi mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi. Glukosa akan diubah menjadi etanol melalui jalur metabolisme tertentu, sehingga semakin banyak glukosa yang tersedia, semakin besar pula peluang terbentuknya bioetanol.



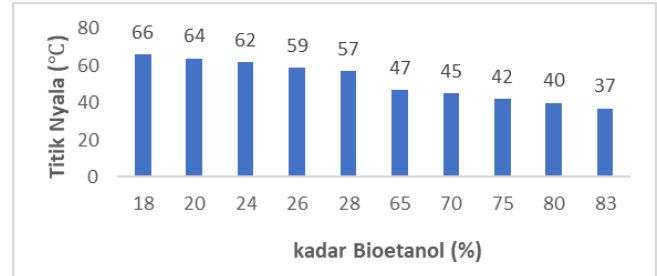
Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Bioetanol Setelah Pemurnian

Grafik 7. menunjukkan bahwa proses pemurnian bioetanol memberikan peningkatan kadar etanol secara signifikan. Kadar bioetanol sebelum pemurnian berada kisaran 18% hingga 28%, sementara setelah proses pemurnian, kadar bioetanol meningkat menjadi 65% hingga 83%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa distilasi sederhana cukup efektif dalam memisahkan etanol dari campuran air dan senyawa lainnya. Distilasi sederhana bekerja berdasarkan perbedaan titik didih di mana etanol memiliki titik didih lebih rendah (sekitar 78,5°C) dibandingkan air (100°C). Ketika campuran dipanaskan, etanol akan menguap lebih dulu dan kemudian dikondensasikan menjadi cairan yang mengandung etanol lebih tinggi. Meskipun belum menghasilkan etanol murni, metode ini cukup baik digunakan pada tahap awal pemurnian, terutama dalam skala laboratorium atau industri kecil.

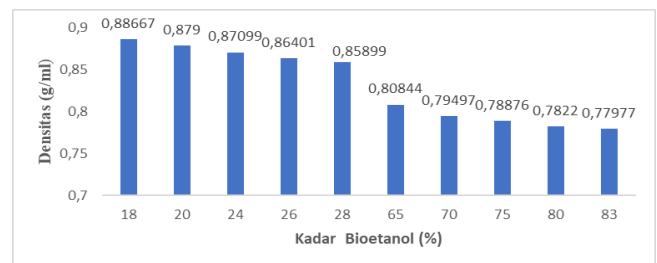
3.3. Analisa Titik Nyala (Flash Point) dan Analisa Densitas

Gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan kadar etanol berbanding terbalik dengan titik nyala. Pada kadar 18% titik nyala tercatat sekitar 66°C, sedangkan pada 83% menurun hingga 37°C. Hal ini terjadi karena etanol sebagai senyawa volatil lebih mudah menghasilkan uap, sehingga suhu

minimum untuk terbakar semakin rendah. Pada kadar rendah (18–28%), titik nyala tinggi akibat dominasi air yang menghambat penguapan etanol. Namun, setelah kadar etanol >65%, titik nyala menurun signifikan karena etanol mendominasi campuran. Kondisi ini menandakan bahwa bioetanol berkadar tinggi lebih mudah terbakar sehingga membutuhkan penanganan khusus, sedangkan kadar rendah lebih stabil namun kurang efisien sebagai bahan bakar.



Gambar 7. Analisa Titik Nyala Hasil Distilasi



Gambar 8. Grafik Kadar Bioetanol dengan densitas hasil distilasi

Gambar 8. menunjukkan hubungan kadar etanol dengan densitas pada dua tahap distilasi. Semakin tinggi kadar etanol, densitas menurun, dari 0,88667 g/ml pada 18% menjadi 0,77977 g/ml pada 83%. Hal ini sesuai sifat fisik etanol (0,789 g/ml) yang lebih rendah dari air (1 g/ml), sehingga campuran dengan kadar etanol rendah masih memiliki densitas tinggi karena dominasi air. Penurunan signifikan mulai terjadi di atas 65%, menandakan keberhasilan proses pemurnian. Pada kadar 75–83%, densitas mendekati standar bioetanol berkualitas tinggi (0,78–0,80 g/ml), yang menunjukkan kemurnian, kestabilan, dan efisiensi energi.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah Variasi waktu hidrolisis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar glukosa. Semakin lama waktu hidrolisis, semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan, dengan nilai tertinggi mencapai 41,80% kadar glukosa pada 120 menit. Persentase yield glukosa dari pati menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya waktu hidrolisis, dimulai dari 40,75% pada 40 menit hingga mencapai 74,76% pada 120 menit, menunjukkan efektivitas konversi pati menjadi glukosa. Kondisi optimum dalam penelitian ini diperoleh pada waktu hidrolisis 120 menit, dengan konsentrasi asam sulfat 2 N dan suhu 80°C.

Ucapan terima kasih

Judul Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya atas dukungan fasilitas dan pendanaan yang diberikan, serta kepada seluruh dosen, rekan mahasiswa, dan pihak-pihak lain yang telah membantu hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] Kementerian ESDM, “Statistik Konsumsi Energi Indonesia 2023,” 2023.
- [2] Porawati, Hilda, Mazwan Mazwan, and Sukadi Sukadi. "Optimizing Zeolite Catalysts for Efficient LDPE Plastic Waste Pyrolysis." *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (JMEST)* 9.2 (2025): 4. DOI: <https://citeus.um.ac.id/jmest/vol9/iss2/4>
- [3] Badan Pusat Statistik (BPS), “Statistik Produksi Hortikultura Tahun 2023,” 2023.
- [4] B. Maryanto, dkk., “Sintesis bioetanol dari limbah kulit pisang kepek dan limbah sabut pinang sebagai energi terbarukan,” *Jurnal ...*, 2024.
- [5] G. W. Aniriani, N. F. Apriliani, dan E. Sulistiono, “Hidrolisis polisakarida xilan jerami menggunakan larutan asam kuat untuk bahan dasar produksi bioetanol,” *Jurnal ...*, 2018.
- [6] M. Saiful Fajri, M. Arfin Satrio Pratama, L. Indriati Utami, K. Nurma Wahyusi, dkk., “Produksi gula cair dengan proses hidrolisis asam dengan bahan pati singkong,” *Journal of Chemical and Process Engineering ChemPro*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [7] C. Maulana, J. Kiswanto, dan L. Rubianto, “Pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi H₂SO₄ terhadap kadar glukosa pada pembuatan bioetanol dari tongkol jagung,” *Distilat Polinema*, vol. 2022, no. 4, pp. 765–770, 2022.
- [8] D. Sulaiman, “Analisis uji karakteristik bioetanol dari pisang hutan terhadap variasi massa ragi,” *Jurnal Kumparan Fisika*, vol. 4, no. 3, pp. 169–176, 2021. doi: 10.33369/jkf.4.3.169-176.
- [9] M. Syahrian Huda, K. Santika Rahmasari, A. Vandian Nur, dan D. B. Pambudi, “Pemanfaatan kulit pisang kapas (*Musa paradisiaca* Linn.) sebagai bioetanol,” *Jurnal ...*, 2022.
- [10] S. Dilapanga, dkk., “Pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi etanol dengan cara hidrolisis dan fermentasi,” *Jurnal ...*, 2019.
- [11] M. Masturi, D. Alighiri, P. Dwijananti, R. D. Widodo, S. P. Budiyanto, dan A. Drastisianti, “Optimization of bioethanol synthesis from durian seeds using *Saccharomyces cerevisiae* in fermentation process,” *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 9, no. 1, pp. 36–46, 2020. doi: 10.15294/jbat.v9i1.23574.
- [12] Surya dkk., “Hidrolisis pati menggunakan katalis asam sulfat,” 2024.
- [13] G. W. Aniriani, N. F. Apriliani, dan E. Sulistiono, “Hidrolisis polisakarida xilan jerami menggunakan larutan asam kuat untuk bahan dasar produksi bioetanol,” 2018 .
- [14] M. Putri, M. Tambunan, Z. Ginting, dan R. Nurlaila, “Pengaruh suhu dan waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa dalam pembuatan sirup glukosa dari biji alpukat dengan metode hidrolisis asam,” *Chemical Engineering Journal Storage*, vol. 1, no. 3, 2021