

Sintesis Bioetanol Dari Limbah Pinang (*Areca catechu L.*) Dengan *Microwave* Irradiasi Menggunakan Katalis H₂SO₄

Oktaviani Naiheli¹⁾, Sefrinus Maria Dolfi Kolo¹⁾, Janrigo Klaumegio Mere¹⁾, Patrisius Maryanto Bria^{1*)}

Program Studi Kimia Universitas Timor
Kefamenanu, TTU-NTT, 85613, Indonesia

^{*)}Corresponding email: patrisbria11@gmail.com

Abstrak

Permintaan energi merupakan salah satu tantangan terbesar di dunia, termasuk Indonesia. Kebutuhan industri, transportasi, dan kebutuhan rumah tangga mengalami pertumbuhan yang pesat. Hal ini berbanding terbalik dengan penurunan produksi minyak bumi dalam negeri secara alami. Konsekuensinya, krisis energi, menipisnya cadangan bahan bakar fosil (energi tak terbarukan), dan kenaikan harga bahan bakar di dunia menjadi tak terhindarkan. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan bahan bakar alternatif dari sumber daya alam terbarukan seperti bioetanol. Bioetanol merupakan sumber energi terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif. Pada penelitian ini, produksi bioetanol dari limbah sabut pinang dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu hidrolisis terhadap kadar etanol yang dihasilkan dalam oven *microwave*. Metode penelitian ini terdiri dari preparasi sampel, hidrolisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, analisis kualitatif etanol dengan larutan kalium dikromat dan analisis kuantitatif etanol dengan HPLC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selisih kadar gula reduksi tertinggi yang diperoleh setelah hidrolisis selama 60 menit adalah 41,1 g/L. Analisis kualitatif dengan menggunakan kalium dikromat menunjukkan adanya etanol pada fermentasi sabut pinang ditandai dengan adanya perubahan warna larutan kalium dikromat dari jingga menjadi biru ketika ditambahkan pada produk fermentasi. Dengan menggunakan konsentrasi inokulum 8%, diperoleh kadar etanol sebesar 18,88% yang dianalisis dengan menggunakan HPLC.

Kata Kunci: Kulit Pinang, Hidrolisis, *Microwave*, Fermentasi, Bioetanol

PENDAHULUAN

Permintaan energi saat ini menjadi salah satu permasalahan terbesar di dunia, termasuk di Indonesia. Kebutuhan industri, transportasi dan rumah tangga meningkat sangat signifikan. Hal ini juga seiring dengan penurunan alami kapasitas produksi minyak bumi dalam negeri. Dampaknya adalah krisis energi, cadangan bahan bakar fosil (energi tak terbarukan) semakin menipis dan harga bahan bakar semakin meningkat. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan bahan bakar alternatif dari sumber daya alam terbarukan seperti biodiesel, biogas dan bioetanol (Kolo & Edi, 2018)

Bioetanol merupakan jenis sumber energi terbarukan yang saat ini masih terus diproduksi untuk dikembangkan. Hal ini karena selain dapat dijadikan sebagai bahan bakar ramah lingkungan, bioetanol juga dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai jenis produk kosmetik, farmasi maupun produk industri kimia lainnya (Masfufatun, 2012). Bioetanol umumnya dapat diproduksi dari biomassa yang mengandung karbohidrat melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme.

Beberapa jenis sumber biomassa yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol antara lain jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung, ampas sorgum dan sabut buah pinang.

Sabut buah pinang merupakan salah satu jenis biomassa yang berasal dari limbah biji buah pinang. Sabut buah pinang hingga saat ini masih sangat jarang untuk dimanfaatkan, sehingga cenderung dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa diolah menjadi suatu produk yang bernilai ekonomis. Di Nusa Tenggara Timur, khususnya di Pulau Timor sabut buah pinang biasanya langsung dibuang setelah dipisahkan dari bijinya. Upaya pemanfaatan limbah sabut buah pinang asal pulau Timor tentang pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif juga belum dilaporkan. Berdasarkan hasil studi literatur, diketahui sabut buah pinang mengandung sejumlah komponen kimia penting yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol. Beberapa komponen kimia yang terkandung dalam sabut buah pinang oleh (Tamiogy *et al.*, 2019) antara lain sabut buah pinang tersusun atas 34,18% selulosa, 20,83% hemiselulosa dan 31,6% lignin.

Penelitian terdahulu pembuatan bioetanol dari sabut buah pinang telah dilaporkan oleh (*Hidrolisis Asam Dan Enzim Untuk Mengubah Kulit Pinang (Areca Catechu l .) Menjadi Glukosa Untuk Produksi Bioetanol Oleh Khamir Dan Zymomonas Mobilis NCIM*, 2015). Hidrolisis enzimatis menggunakan metode SHF dan SSF, dihasilkan kadar gula pereduksi sebesar $128,24 \pm 3,98$ dan kadar bioetanol sebesar 41,69%. Hasil penelitian menggunakan bahan yang sama oleh (Naveenkumar *et al.*, 2012) dengan menggunakan metode hidrolisis asam dan alkali dapat menghasilkan kadar gula pereduksi sebesar $4,12 \pm 0,02$ mg/g pada hidrolisis asam dan konsentrasi gula pereduksi pada hidrolisis basa sebesar 1,6 mg/g. Penelitian lainnya menggunakan hidrolisis asam pada pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi juga telah dilakukan (Kolo *et al.*, 2022). Hasil penelitian menggunakan ampas sorgum dengan 4 variasi waktu 20, 30, 40 dan 50 menit, diperoleh kadar gula pereduksi sebesar 30,4 g/L pada waktu optimum 30 menit dengan kadar bioetanol sebesar 5,325%.

Berdasarkan uraian diatas, sejauh ini pemanfaatan limbah sabut buah pinang asal Pulau Timor dalam pembuatan bioetanol belum pernah dilakukan. Metode hidrolisis asam untuk menghasilkan kadar gula pereduksi serta variasi waktu optimum untuk menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi dari limbah sabut buah pinang juga belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan kajian lebih lanjut pemanfaatan limbah sabut buah pinang asal pulau Timor untuk sintesis bioetanol. Hidrolisis asam serta variasi waktu hidrolisis juga dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui kadar gula pereduksi yang dihasilkan serta konsentrasi bioetanol yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sabut Pinang diperoleh dari Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), *ragi*, isolat murni *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, NaOH, H₂SO₄, K₂Cr₂O₇, Aluminium Foil, waraping, tisu, kapas, glukosa, aquades, alkohol, media PDA, Media inoculum (glukosa 10 g/l; yeast extract 0,1 g/l; KH₂PO₄ 0,1 g/l; MgSO₄.7H₂O 0,1 g/l; dan (NH₄)₂SO₄, 0,1 g/l), media fermentasi

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: cawan petri, gelas kimia; labu Erlenmeyer; gelas ukur; kaca arloji, corong kaca, pengaduk, tabung reaksi, dan pipet tetes, neraca analitik, pH meter, incubator, oven, UV-Vis, *microwave*, dan magnetik stirrer, kuvet, kawat ose, *hot plate*, Autoklaf, termometer, alat destilasi bertingkat, untuk pengujian kandungan gula pereduksi menggunakan metode *Dinitrosalicylic acid* (DNS) dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Widya Mandira Kupang (UNIKA) dan identifikasi etanol menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) di Laboratorium Teknik Kimia ITB dari bulan September -Desember 2022.

Preparasi sampel

Kulit buah pinang dikumpulkan, dibersihkan dan dijemur selama 24 jam di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air. Selanjutnya kulit pinang dipotong kecil-kecil lalu dihaluskan dengan menggunakan blender. Sampel yang telah dihaluskan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

Hidrolisis

Sabut pinang ukuran 100 mesh sebanyak 10 gram dilarutkan/dimasukkan dalam 250 mL larutan H₂SO₄ 2% ,kemudian larutan dipanaskan dalam oven *microwave* pada suhu 150°C dengan variasi waktu (30, 40, 50 dan 60 menit). Larutan hidrolisis yang dihasilkan disaring dan dinetralkan dengan NaOH, kemudian dianalisis kandungan glukosanya dengan Uv-Vis.

Stok Pemiakan dan Peremajaan *Saccharomyces cereviciae*

Stok pembiakan dan peremajaan *Saccharomyces cereviciae* telah dikembangkan oleh (Adini & Kusdiyantini, 2015) *Saccharomyces cereviciae* diinokulasike dalam 250 mL media PDA (9,75 g PDA) kemudian diinkubasi selama 48 jam, selanjutnya *Saccharomyces cereviciae* diremajakan. Medium (glukosa 10 g/L; ekstrak ragi 0,1 g/L; KH₂PO₄ 0,1 g/L; MgSO₄.7H₂O 0,1 g/L; dan (NH₄)₂SO₄, 0,1 g/L) dalam labu Erlenmeyer, kemudian diinkubasi selama 48 jam menggunakan orbital *shaker* dengan kecepatan 120 rpm.

Pembuatan Medium Fermentasi

Pembuatan medium fermentasi dilakukan dengan menimbang glukosa 10 g/L; *Yeast extract* 0,1 g/L; KH₂PO₄ 0,1 g/L; MgSO₄.7H₂O 0,1 g/L; dan (NH₄)₂SO₄, 0,1 g/L) dilarutkan dalam labu Erlenmeyer 50 mL dan disterilkan dengan *autoclave*. Media steril kemudian disiapkan untuk digunakan sebagai media fermentasi.

Produksi Bioetanol

Ragi *Saccharomyces cereviciae* digunakan dalam proses fermentasi. Hidrolisat sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam labuh Erlenmeyer, dinetralkan dengan NaOH 2 %, kemudian ditambahkan media fermentasi dan diautoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit, didinginkan dan dimasukkan ke dalam media inokulasi. Erlemeyer kemudian ditutup dengan kapas dan alumunium foil. Fermentasi dilakukan secara anaerobik selama 7 hari.

Distilasi

Distilasi dilakukan dengan memasukkan sampel yang akan didistilasi ke dalam labu destilasi, setelah itu dipanaskan dengan mengamati waktu dan suhu pada suhu 78°C. Volume destilat diukur dengan gelas ukur, dan kadar etanol menggunakan HPLC (Nisa *et al.*, 2019).

Karakterisasi dan Analisis

a. Analisis Gula Reduksi

Hidrolisat sabut pinang dianalisis kadar gula reduksinya dengan metode DNS. Proses ini dikembangkan oleh (Sasongko *et al.*, 2019), larutan glukosa standar sebanyak 1,5mL dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250 ppm yang diencerkan dari 1000 ppm dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1,75 mL DNS reagen ditambahkan. Larutan standar dan sampel dimasukkan ke dalam *waterbath* 100 °C selama 20 menit dan dibiarkan dingin hingga suhu ruang. Absorbansi diukur pada 540 nm.

b. Analisis Kadar Etanol

Uji kualitatif etanol dilakukan dengan memasukkan 2 mL K₂Cr₂O₇ 2% ke dalam tabung reaksi, menambahkan 5 tetes H₂SO₄ encer, selanjutnya menghomogenkan larutan, kemudian menambahkan 1mL destilat hingga terjadi perubahan warna dari jingga menjadi kehijauan (Siahaan *et al.*, 2019),

Uji kuantitatif etanol dilakukan dengan menggunakan *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Larutan standar etanol dengan konsentrasi 2% digunakan untuk perbandingan sampel uji HPLC. Sampel uji disaring menggunakan *syringe filter*. Selanjutnya dilakukan uji linearitas dengan mengambil larutan standar etanol 2%, yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian dimasukkan ke dalam injektor, lalu dijalankan oleh alat HPLC, dicatat luas puncak yang muncul. Regresi linear [larutan standar etanol dihitung untuk menghitung konsentrasi etanol sampel uji. Penentuan konsentrasi biotanol pada sabut pinang dihitung menggunakan persamaan linear yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi larutan standar etanol dengan puncaknya (Nggai et al., 2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel

Preparasi sampel merupakan proses persiapan sampel sebelum dilakukan analisis. Preparasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah preparasi kering maka sampel dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya. Sampel dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk memperkecil luas permukaan sampel dan mendapatkan ukuran sampel yang sama sehingga memudahkan proses hidrolisis (Kolo & Sine, 2019)

Proses Hidrolisis

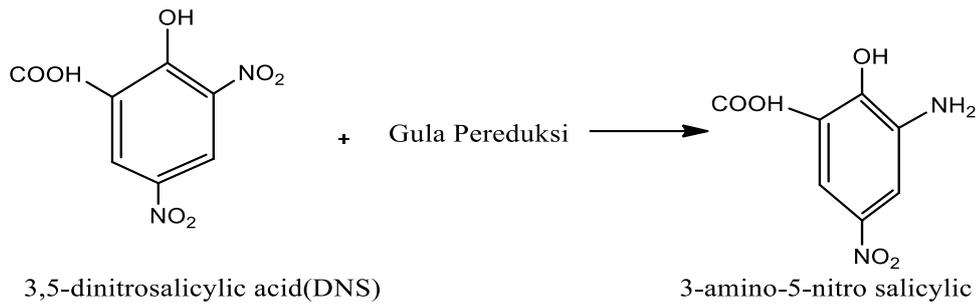
Hidrolisis merupakan proses pemecahan gula menjadi monomer gula yang lebih sederhana. Pada penelitian ini, proses hidrolisis sabut pinang menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 2% dengan pemanasan *microwave* pada suhu $150^{\circ}C$. Proses pemanasan dilakukan dengan variasi waktu yaitu 30, 40, 50 dan 60 menit.

Hasil hidrolisis sabut pinang dengan waktu pemanasan yang berbeda dapat dilihat (Gambar 1), warna yang terlihat berubah seiring bertambahnya waktu pemanasan. Semakin lama dipanaskan maka hidrolisat yang dihasilkan akan semakin pekat. Perubahan warna ini disebabkan oleh pemecahan polisakarida menjadi glukosa. Menurut Kolo & Sine (2019), perubahan warna hidrolisis yang semakin pekat disebabkan oleh proses karamelisasi yang ditandai dengan adanya karbon pada dinding Erlenmeyer akibat pemanasan berlebih pada saat hidrolisis.



Gambar 1. Hasil Hidrolisis Variasi Waktu Pemanasan (A) 30, (B) 40, (C) 50, dan (D) 60 menit.

Filtrat yang dihasilkan dianalisis kadar gulanya dengan metode DNS (*Dinitrosalicylic Acid*). Metode DNS digunakan untuk menentukan gula reduksi karena metode ini mengandung senyawa aromatik yang dapat bereaksi dengan gula pereduksi membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang 540 nm. Reaksi ini berlangsung dalam suasana basa sehingga jika terdapat gula reduksi dalam sampel, larutan akan berubah dari kuning menjadi jingga kemerahan. Semakin banyak molekul asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang terbentuk, maka semakin banyak pula gula pereduksi yang terdapat dalam sampel sehingga menyebabkan penyerapan semakin tinggi (Kolo & Sine, 2019). Reaksi antara DNS dan gula pereduksi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi antara Gula Pereduksi dengan Reagen DNS (Kolo & Sine, 2019).

Hasil hidrolisis sabut pinang dengan variasi waktu pemanasan dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Gula reduksi dengan Variasi waktu Hidrolisis.

Waktu (Menit)	Konsentrasi Gula reduksi (g/L)
30	18,8
40	21,7
50	24,2
60	41,1

Pada Tabel 1 hasil pengukuran konsentrasi gula reduksi dengan metode DNS menunjukkan bahwa konsentrasi kadar gula reduksi meningkat seiring bertambahnya waktu hidrolisis. Meningkatnya kadar gula reduksi disebabkan oleh banyaknya ion H^+ yang dihasilkan pada proses hidrolisis sehingga memutuskan rantai polimer selulosa dan menghasilkan banyak radikal bebas yang berikatan dengan ion OH^- sehingga membentuk monomer glukosa (Melwita & Kurniadi, 2014). Kadar gula reduksi hasil hidrolisis diperoleh dengan waktu pemanasan 60 menit yaitu 41,1 g/L %. Hasil yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan (Kolo *et al.*, 2022) pada penelitian hidrolisis ampas sorgum yang menghasilkan konsentrasi gula reduksi sebesar 30,4 g/L, dengan waktu hidrolisis 30 menit. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh waktu hidrolisis yang paling tinggi adalah 60 menit karena mempunyai kadar gula reduksi paling tinggi yaitu 41,1 g/L.

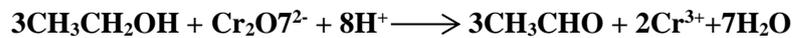
Analisis Kualitatif

Pada penelitian ini dilakukan analisis kualitatif etanol dari fermentasi sabut pinang dengan menggunakan metode oksidasi dengan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$). Perubahan warna dari jingga menjadi biru membuktikan bahwa sampel atau larutan standar mengandung etanol positif (Putri & Supartono, 2015). Data hasil analisis kualitatif etanol dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitatif Etanol

Sampel	Hasil Uji	Gambar
Etanol Murni	+	
Bioetanol Sabut Pinang	+	

Berdasarkan hasil pada Tabel 2 terlihat bahwa secara kualitatif hasil fermentasi Sabut pinang positif mengandung etanol ditandai dengan terjadinya perubahan warna larutan kalium dikromat dari jingga menjadi biru baik pada etanol standar maupun etanol sampel sabut pinang. Perubahan warna pada Tabel 3 terjadi karena alkohol teroksidasi Cr^{6+} (kuning) di dalam larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ mengalami reduksi menjadi Cr^{3+} (biru) menurut reaksi berikut (Kolo *et al.*, 2022). Reaksi yang oksidasi yang terjadi antara lain sebagai berikut



Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif kandungan bioetanol sampel sabut pinang dilakukan dengan menggunakan analisis HPLC (*High-Performance Liquid Chromatography*). Analisis HPLC dapat mendeteksi konsentrasi etanol suatu cairan dalam waktu yang relatif singkat dan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode yang lain. Hasil analisis HPLC terhadap kandungan etanol produk setelah fermentasi ditunjukkan pada Gambar 3. Menurut (Kolo *et al.*, 2020), keberadaan kromatogram etanol dalam produk dikonfirmasi dengan membandingkan waktu retensi etanol sampel dengan etanol standar. Konsentrasi etanol dihitung berdasarkan data kromatografi dari analisis HPLC. Data area puncak masing-masing etanol dimasukkan ke dalam persamaan regresi standar etanol yang diperoleh dari kurva linear.

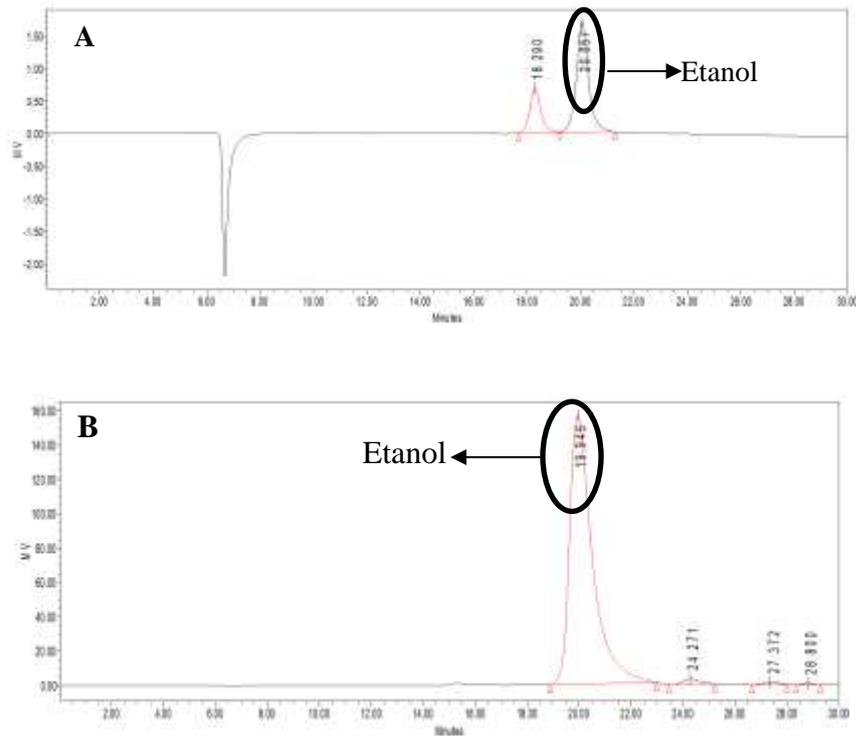
Berdasarkan kromatogram yang ditunjukkan pada gambar 3 terlihat bahwa waktu analisis untuk etanol standar adalah 20,057 menit dan waktu analisis etanol sampel adalah 19,946 menit. Kromatogram hasil fermentasi mengandung etanol dengan waktu retensi yang hampir sama dengan etanol standar, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara larutan etanol standar dengan sampel. Kromatogram sampel etanol menunjukkan beberapa produk lain yang muncul pada waktu retensi 24,271 menit, 27,327 dan 28,800 menit. Soleimani & Tabil, (2013) menganalisis kuantifikasi simultan karbohidrat, alkohol dan komponen beracun dalam media berbasis bio dengan menggunakan analisis HPLC menyatakan bahwa produk yang muncul sebagai puncak dalam kromatogram dengan waktu retensi 24,97 menit, 28,89 menit 33,73 menit, 39,94 menit dan 49,64 menit merupakan senyawa HMF (hidroksimetilfurfural).

Hasil perhitungan kadar etanol, rendemen, efisiensi fermentasi dan efisiensi konversi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Etanol, *Yield* (%), Efisiensi Fermentasi (EF) dan Efisiensi Konversi (EK)

Kadar Etanol %	Y (%)	EF %	EK %
18,88	46,56	90,11	47,22

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan kadar etanol sebesar 18,88% dengan rendemen sebesar 46,56% efisiensi fermentasi sebesar 90,11% dan efisiensi konversi sebesar 47,22%. Rendemen etanol menunjukkan banyaknya etanol yang dihasilkan dari substrat yang digunakan, dan efisiensi fermentasi digunakan sebagai parameter keberhasilan proses fermentasi. Jika efisiensi fermentasi tinggi maka produk yang dihasilkan semakin banyak. Efisiensi konversi menunjukkan berapa banyak substrat yang diubah menjadi produk etanol. Berdasarkan hasil analisis HPLC (Tabel 3) menunjukkan bahwa kandungan etanol pada sabut pinang hasil fermentasi sebesar 18,88%. Hasil penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan (Kolo *et al.*, 2020) yang melaporkan hasil pemurnian bioetanol menggunakan rumput gajah menghasilkan bioetanol sebesar 34,74%. Hal ini disebabkan karena penelitian sebelumnya menggunakan rumput gajah sedangkan penelitian ini menggunakan sabut pinang.



Gambar 3. Hasil Kromatogram HPLC (A) Etanol Standar, (B) Etanol Sampel

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut: Waktu hidrolisis tertinggi menggunakan *microwave* adalah 60 menit pada suhu pemanasan 150 °C dengan kadar gula pereduksi sebesar 41,1 g/L sedangkan kadar etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi sabut pinang menggunakan konsentrasi inokulum 8% yang dianalisis menggunakan HPLC sebesar 18,88%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adini, S., Kusdiyantini, E., & Budiharjo, A. (2015). Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria sp.* dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. *Bioma*, 16(2), 65–75.
- Kolo, S. M. D., & Edi, E. (2018). Hidrolisis Ampas Biji Sorgum dengan Microwave untuk Produksi Gula Pereduksi sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(2622), 22–23.
- Kolo, S. M. D., Pardosi, L., & Baru, A. E. (2022). The Effect of Hydrolysis Time Using Microwave on Bioethanol Production from Sorghum Waste (*Sorghum Bicolor L.*) Pengaruh Waktu Hidrolisis Menggunakan Microwave Terhadap Produksi Bioetanol Dari Ampas Sorgum (*Sorghum Bicolor L.*). *Jurnal Ilmiah Berkala: Sains Dan Terapan Kimia*, 16(1), 28–38.
- Kolo, S. M. D., & Sine, Y. (2019). Produksi Bioetanol dari Ampas Sorgum Lahan Kering dengan Perlakuan Awal Microwave Irradiasi. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2(2622), 39–40.
- Kolo, S. M. D., Wahyuningrum, D., & Hertadi, R. (2020). The Effects of Microwave-Assisted Pretreatment and Cofermentation on Bioethanol Production from Elephant Grass. *International Journal of Microbiology*, 2020(1), 11.
- Kumar, N. K. J., B1, T., & M2, K. (2015). Hidrolisis asam dan enzim untuk mengubah kulit pinang (*areca catechu l.*) menjadi glukosa untuk produksi bioetanol oleh khamir dan *Zymomonas mobilis* NCIM. *Riset Bioteknologi*, 6(6), 17–30.

- Masfufatun. (2012). Produksi Etanol dari Hidrolisat Carboxy Methyl Cellulose (CMC). In *Dosen Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya*.
- Melwita, E., & Kurniadi, E. (2014). Pengaruh Waktu Hidrolisis Dan Konsentrasi H₂SO₄ Pada Pembuatan Asam Oksalat Dari Tongkol Jagung. *Teknik Kimia No.*, 20(2), 55–63.
- Naveenkumar, K. ., Thippeswamy, B., BV, T., & Banakar, S. P. (2012). Pengaruh Pretreatment Terhadap Delignifikasi Dan Pemulihan Gula Bioethanol Produksi Dari Limbah Kulit Arecanut. *Jurnal Internasional Penelitian Saat Ini*, 4(1), 018–024.
- Nisa, N. I. F., & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Waktu Distilasi Etanol-Air Terhadap Konsentrasi Overhead Product dan Bottom Product. *Chemical Engineering Research Articles*, 2(1), 19–25.
- Putri, E. S., & Supariono. (2015). Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa Untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Dan Fermentasi I. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2), 2–9.
- Sasongko, A., Lumbantobing, D. F. H., Rifani, A., & Gotama, B. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong untuk Produksi Oligosakarida melalui Hidrolisis Kimiawi. Adini, S., Kusdiyantini, E., & Budiharjo, A. (2015). Produksi Bioetanol Dari Rumpun Laut dan Limbah Agar Gracilaria sp . dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. *Bioma*, 16(2), 65–75.
- Siahaan, M. A., & Gultom, E. (2019). Penentuan kadar alkohol pada tuak aren yang diperjualbelikan di nagori dolok kecamatan silau kahean kabupaten simalungun sumatera utara. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, III(2), 41–44.
- Soleimani, M., & Tabil, L. (2013). Simultaneous Quantification of Carbohydrates , Alcohols , and Toxic Components in a Bio-Based Medium Using Dual-Detection HPLC Analysis. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2013(4), 265–272.
- Tamiogy, Wahyu, R., Kardisa, A., Hisbullah, & Aprilia, S. (2019). Rekayasa Kimia & Lingkungan. *Journal of Chemical Engineering and Environment*, 14(1), 64.