Teknika 19 (3): 759-766

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Pretreatment Makroalga *Gracilaria SP (Rhodophyta)* Menggunakan (*DES)* Menjadi Glukosa Secara Enzimatik

Putri Nur Padilah[1], Cintiya Septa Hasanah[2], Alfieta Rohmaful Aeni[3], Yanni Sudiyani[4], Muryanto[5]

[*1] Program Studi Teknik Kimia, Universitas Singaperbangsa Karawang
[2] Program Studi Teknik Kimia, Universitas Singaperbangsa Karawang
[3] Program Studi Fisika, Universitas Singaperbangsa Karawang
[4] Research Center for Chemistry, National Research and Innovation Agency (BRIN)
[5] Research Center for Chemistry, National Research and Innovation Agency (BRIN)
*Email Penulis Korespondensi: 2010631230067@student.unsika.ac.id

Abstrak

Produksi gula nasional di Indonesia masih mengalami defisit yang signifikan, sehingga diperlukan solusi alternatif yang berkelanjutan untuk meningkatkan produksi glukosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi makroalga Gracilaria sp. sebagai bahan baku penghasil glukosa melalui proses hidrolisis enzimatik setelah pretreatment menggunakan larutan Deep Eutectic Solvent (DES). Larutan DES disiapkan dari campuran asam oksalat dan etilen glikol dengan variasi konsentrasi 20%, 30%, 50%, dan 90% pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan enzim selulase komersial dari C-Tech (Novozymes). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pretreatment pada suhu 80°C dengan konsentrasi DES 50% merupakan kondisi paling optimal, menghasilkan kadar glukosa tertinggi sebesar 2,3% dan kadar lignin terendah sebesar 12,82%. Penurunan kadar lignin yang signifikan pada kondisi ini menunjukkan peningkatan efisiensi delignifikasi dan pelepasan glukosa, sehingga mendukung potensi Gracilaria sp. sebagai sumber glukosa alternatif yang ramah lingkungan.

Kata kunci*— Deep Eutectic Solvent (DES), Gracilaria Sp., glukosa, lignin*

Abstract

Indonesia's national sugar production continues to face a significant deficit, highlighting the need for sustainable alternative sources to increase glucose yield. This study aims to evaluate the potential of Gracilaria sp. macroalgae as a raw material for glucose production through enzymatic hydrolysis following pretreatment with Deep Eutectic Solvent (DES). The DES solution was prepared using a mixture of oxalic acid and ethylene glycol at varying concentrations of 20%, 30%, 50%, and 90%, and applied at temperatures of 60°C, 80°C, and 100°C. Enzymatic hydrolysis was carried out using commercial cellulase enzymes from C-Tech (Novozymes). The results indicated that the most effective pretreatment condition was at 80°C with 50% DES concentration, yielding the highest glucose content of 2.3% and the lowest lignin content of 12.82%. The significant reduction in lignin under these conditions demonstrated improved

Received: May 21, 2025; Online Available: June 18, 2025

delignification efficiency and glucose release, supporting the potential of Gracilaria sp. as an environmentally friendly alternative glucose source.

Keywords— *Deep Eutectic Solvent (DES), Gracilaria Sp., glucose, lignin*

1. PENDAHULUAN

Produksi gula nasional Indonesia memiliki defisit yang signifikan dan membutuhkan solusi alternatif untuk meningkatkan produksi glukosa. Dalam penelitian ini, makroalga Gracilaria sp, peneliti menyelidiki kemungkinan ini. Produksi glukosa dengan proses hidrolisis setelah *pretreatment* menggunakan larutan pelarut simbiotik dalam *Deep Eutectic Solvent* (DES). Hal ini dibuat menggunakan campuran asam oksalat dan etilen glikol pada konsentrasi yang berbeda dari 20%, 30%, 50% dan 90% pada 60 ° C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *pretreatment* pada 80 ° C pada 50% konsentrasi paling efektif dalam mengurangi kandungan tanah liat dan meningkatkan ketersediaan glukosa. Dalam keadaan ini, kandungan glukosa tertinggi dicatat pada 2.300% pada 80 ° C selama 72 jam setelah hidrolisis enzimatik. Hasil ini adalah Gracilaria sp. Makroalga dapat menjadi sumber alternatif glukosa yang ramah lingkungan [1].

Dengan nilai ekonominya yang tinggi, makroalga berfungsi sebagai produsen utama di lingkungan perairan dan sering dikonsumsi oleh masyarakat pesisir sebagai makanan dan obat tradisional. Makroalga merupakan tumbuhan tingkat rendah tanpa akar, batang, atau daun sejati, dan dapat dilihat dengan mata telanjang karena ukurannya yang besar. Makroalga tersebar di daerah litoral dan sublitoral yang masih mendapatkan cahaya matahari cukup. Salah satu jenis rumput laut, banyak dibudidayakan dan diperdagangkan karena nilai ekonomisnya yang tinggi, yaitu *Gracilaria Sp*. *Gracilaria Sp.* memiliki zat antibakteri seperti *alkaloid, flavonoid*, dan *steroid* yang dapat menghentikan pertumbuhan bakteri terdapat pada kandungan agar-agarnya, yang digunakan dalam industri sebagai pengental, penstabil, dan pengemulsi. Gracilaria Sp. memiliki banyak karbohidrat, sekitar 65,46% dari komposisi keseluruhannya, yang dapat diubah menjadi glukosa melalui proses sakarifikasi. Glukosa dapat digunakan sebagai substrat untuk membuat bioetanol, sumber energi berkelanjutan yang aman bagi lingkungan [2].

Isolasi Selulosa [3] menggunakan bahan baku biomassa berupa tongkol jagung menggunakan larutan DES dari campuran kolin klorida dengan asam oksalat dihidrat ChCl-AOD. Diperoleh hasil *%yield* selulosa metode konvensional dan DES sebesar 40,07% dan 76,81%. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa metode konvensional dan DES tersebut memverifikasi keberhasilan isolasi selulosa dibandingkan kondisi awal serbuk tongkol jagung. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa diperlukan penelitian dan *treatment* lanjutan menggunakan tongkol jagung untuk melakukan optimasi proses isolasi selulosa menggunakan DES. Penggunaan *Deep Eutectic Solvent* (DES) sebagai metode *pretreatment* untuk Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) memiliki potensi yang cukup besar untuk meningkatkan produksi glukosa, berdasarkan penelitian lain oleh [4] yang menggunakan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai bahan baku. *Pretreatment* dengan DES juga memberikan hasil yang paling baik, sedangkan *pretreatment* dengan NaOH memberikan hasil yang paling tinggi yaitu hampir 60%. *Pretreatment* dengan DES menghasilkan rendemen sekitar 45% setelah 4 jam pada suhu 110ºC dan 35% setelah 4 jam pada suhu 80ºC. Berdasarkan pemeriksaan morfologi, struktur serat OPEFB terdegradasi secara efektif oleh DES dan NaOH, sehingga meningkatkan jumlah rongga dan membuat selulosa lebih mudah diakses untuk hidrolisis enzimatik. Dalam memaksimalkan produksi glukosa, penelitian lebih lanjut disarankan untuk meneliti prosedur pretreatment menggunakan larutan DES pada biomassa makroalga *Gracilaria Sp*.

2. METODE PENELITIAN

2. 1 Lokasi Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan Februari 2024. Dalam rentang waktu tersebut sudah disertai dengan proses pembuatan sampel dan pengujian diLaboratorium BRIN (Badan Riset Dan Inovasi Nasional), Tangerang Selatan.

2. 2 Alat dan Bahan

Tabel 1 memperlihatkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang terdiri dari alat utama, alat pendukung.

Tabel 1. Alat dan Bahan

Kategori	Nama Alat dan Bahan
Alat Utama	Oil bath heater, magnetic stirrer, oven, autoklaf (Vacuum Drying 2321 VD), spektrofotometer UV–Vis (Hitachi U–2900), shaker, vortex (DLAB MX–S)
Alat Pendukung	Botol schott 500 mL, gelas ukur, labu ukur, spatula, neraca analitik, tabung bilasan, tabung fitrat, hopper, kertas saring, aluminium foil
Bahan Utama	Rumput laut *Gracilaria sp.* (asal: perairan Kabupaten Banten), asam oksalat ($C_2H_2O_4$), etilena glikol ($C_2H_6O_2$), enzim selulase *C–Tech (Novozymes)*
Bahan Pendukung	Asam sulfat (H_2SO_4), aquades, DNS (Dinitro Salicylic Acid), potassium sodium tartrate tetrahydrate ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$), buffer sitrat 0.05 M

2. 3 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan praperlakuan biomassa makroalga *Gracilaria sp.* menggunakan *Deep Eutectic Solvent* (DES) dengan variasi konsentrasi dan suhu, diikuti dengan proses hidrolisis enzimatis. Tahapan penelitian meliputi pencucian dan pengeringan makroalga, pencacahan, perlakuan DES, sterilisasi, penambahan enzim selulase, proses hidrolisis dalam shaker, hingga analisis kandungan gula menggunakan metode DNS (3,5-dinitrosalisilat). Proses pembuatan glukosa dapat dilihat pada Gambar 1.

2. 3.1 Preparasi Bahan

Preparasi bahan yang dilakukan pertama yaitu proses pembuatan larutan DES (*Deep Eutectic* Solvent). Proses ini diawali dengan penimbangan $C_2H_2O_3$ (asam oksalat) sebanyak 90 g/mol dan $C_2H_6O_2$ (*glycol*) 124 g/mol dimasukkan kedalam botol schot 500 ml. Setelah itu dipanaskan ke dalam oil bath dengan temperatur 80^{o}C selama 1 jam dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Lalu mendinginkan dalam suhu ruang.

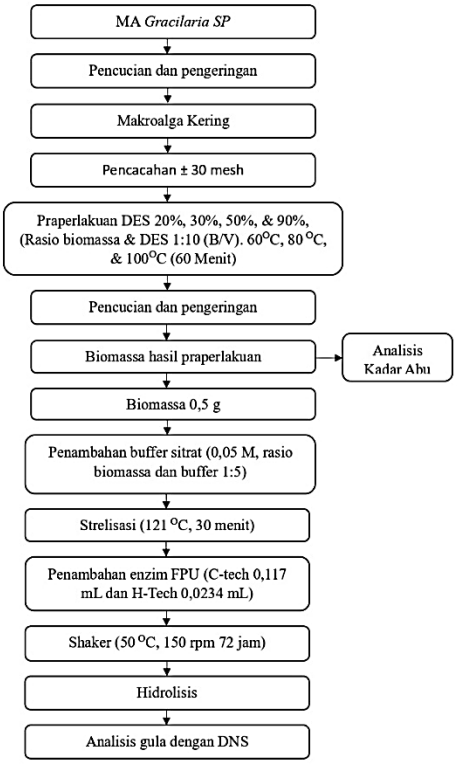
2. 3.1 Praperlakuan Delignifikasi

Dalam proses ini dilakukan dengan persiapan sampel, autoklaf, netralisasi, dan pengeringan. Sterilisasi, penyaringan, pengeringan, dan perolehan biomassa yang telah diolah sebelumnya mengikuti perlakuan awal dengan DES (*Deep Eutectic Solvent*) yang menggunakan C2H2O4 dan C2H6O2 pada suhu 80°C. Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven 50°C selama tiga hari. Kadar air dari produk pretreatment yang telah dikeringkan kemudian diukur; batas atas adalah 10%.

2. 3.1 Analisis Gula Pereduksi

Pada proses analisis ini filtrat yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mengukur kadar gula pereduksi menggunakan metode DNS. Sampel diencerkan sebanyak 50 kali untuk perlakuan suhu 60°C dan 80°C, sedangkan untuk suhu 100°C dilakukan pengenceran 100 kali. Sebanyak 0,5 mL larutan hasil pengenceran diambil dan dicampur dengan 0,5 mL larutan

DNS, lalu dipanaskan selama 5 menit. Setelah didinginkan, larutan ditambahkan 1,5 mL aquades. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.



Gambar 1 Prosedur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis makroalga sebelum perlakuan awal memiliki kandungan komponen lignin dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Lignin dari Proses *Pretreatment*

Suhu (°C)	Konsentrasi DES (%)	Kadar Lignin (%)
60	20	18.10
60	30	16.61
60	50	20.02
60	90	23.14
80	20	24.43
80	30	24.72
80	50	12.82
80	90	14.17
100	20	23.26
100	30	26.20
100	50	26.64
100	90	40.58

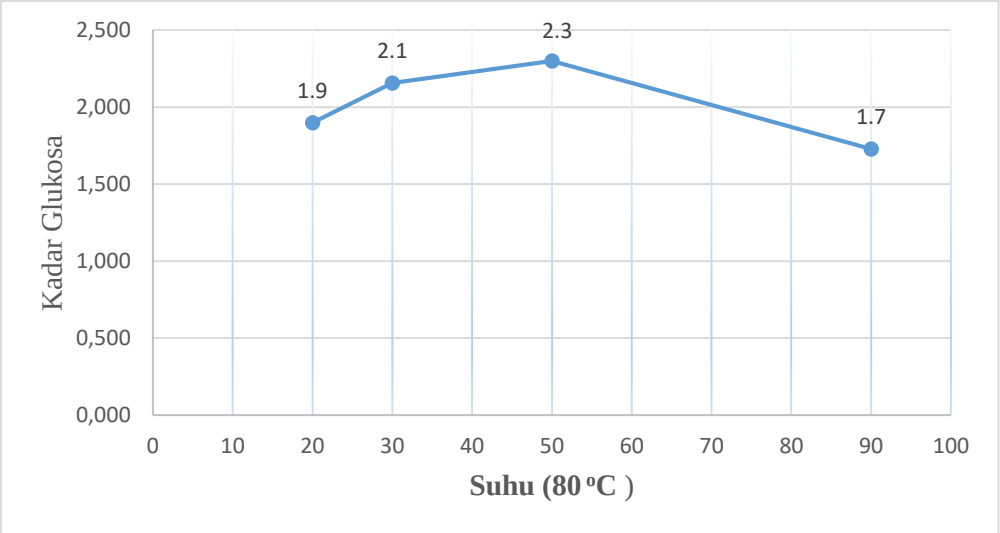


Gambar 2 Kandungan lignin (%) pada makroalga *Gracilaria sp.* Setelah pretreatment dengan berbagai konsentrasi DES pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C.

Pada suhu 60°C dengan variasi konsentrasi DES sebesar 20%, 30%, 50%, dan 90%, kandungan lignin yang diperoleh berturut-turut adalah 18,10%, 16,61%, 20,02%, dan 23,14%. Sementara itu, pada suhu 80°C, kadar lignin untuk konsentrasi yang sama tercatat sebesar 24,43%, 24,72%, 12,82%, dan 14,17%. Di suhu 100°C, kandungan lignin meningkat menjadi 23,26%, 26,20%, 26,64%, dan 40,58%. Menurut [5], kadar lignin yang baik berada di bawah 15% agar proses degradasi dapat berlangsung optimal. Berdasarkan Gambar 2, hanya pada suhu 80°C dengan konsentrasi 50% dan 90% yang menunjukkan kadar lignin di bawah ambang tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu yang lebih tinggi berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi delignifikasi karena DES menjadi lebih reaktif dalam melarutkan lignin.

Efisiensi delignifikasi juga dipengaruhi oleh konsentrasi DES. Konsentrasi yang lebih tinggi (50%–90%) menunjukkan penurunan kadar lignin yang lebih signifikan, terutama pada suhu tinggi, sedangkan konsentrasi rendah (20%–30%) menghasilkan pengurangan lignin yang lebih kecil karena jumlah pelarut aktif yang tersedia tidak mencukupi [4]. Suhu tinggi meningkatkan energi kinetik molekul, yang mempercepat laju reaksi antara DES dan lignin serta meningkatkan kemampuan pelarut dalam memecah struktur lignin. Oleh karena itu, kombinasi suhu yang optimal dan konsentrasi DES yang tepat sangat penting untuk mempercepat proses delignifikasi dan meningkatkan efisiensinya [3].

Pada Gambar 3 Menunjukan bahwa kadar glukosa yang dihasilkan memiliki hubungan langsung dengan konsentrasi larutan pada suhu 80°C. Kadar glukosa tertinggi (2,3%) dicapai pada konsentrasi 50%, yang menunjukkan kondisi optimal untuk degradasi lignin. Pada konsentrasi rendah (10%) dan tinggi (90%), kadar glukosa yang dihasilkan lebih rendah, masing-masing 1,898 dan 1,728. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi rendah, reaksi degradasi lignin kurang efisien, sementara pada konsentrasi tinggi terjadi efek penghambatan. Dengan demikian, konsentrasi 50% pada suhu 80°C menjadi kondisi terbaik untuk menghasilkan glukosa secara maksimal, seiring dengan rendahnya kadar lignin yang terdegradasi.



Gambar 3 Hasil Perbandingan kadar lignin dan kadar glukosa

Pada Gambar 3 menunjukan bahwa kadar glukosa yang dihasilkan memiliki hubungan langsung dengan konsentrasi larutan pada suhu 80°C. Kadar glukosa tertinggi (2,3%) dicapai pada konsentrasi 50%, yang menunjukkan kondisi optimal untuk degradasi lignin. Pada konsentrasi rendah (10%) dan tinggi (90%), kadar glukosa yang dihasilkan lebih rendah, masing-masing 1,898 dan 1,728. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi rendah, reaksi degradasi lignin kurang efisien, sementara pada konsentrasi tinggi terjadi efek penghambatan. Dengan demikian, konsentrasi 50% pada suhu 80°C menjadi kondisi terbaik untuk menghasilkan glukosa secara maksimal, seiring dengan rendahnya kadar lignin yang terdegradasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa simpulan diperoleh sebagai berikut:

- Peningkatan suhu dan konsentrasi DES selama perlakuan awal *(pretreatment)* pada makroalga *Gracilaria Sp*. menunjukkan peningkatan kandungan lignin yang tersisa, yang berdampak pada efisiensi delignifikasi dan pemrosesan biomassa lebih lanjut. Suhu 80°C dengan konsentrasi DES sebesar 50% memberikan hasil terbaik untuk proses *pretreatment* dalam mengurangi kadar lignin dan meningkatkan kadar glukosa.
- Kadar gula tertinggi diperoleh pada suhu 80°C, yang menghasilkan peningkatan kadar gula hingga 2,300%. Hasil ini dicapai setelah proses hidrolisis selama 72 jam, menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi, proses hidrolisis mungkin tidak seimbang dengan laju degradasi, sehingga kadar gula akhir justru menurun.

5. SARAN

Dalam penelitian selanjutnya disarankan melakukan penelitian lanjutan dengan variasi waktu hidrolisis yang lebih lama untuk mengoptimalkan produksi glukosa. Penelitian ini dapat diperluas dengan menggunakan variasi jenis DES yang berbeda guna menentukan kombinasi yang paling efisiensi untuk pemisahan lignin dan produksi glukosa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Panjaitan, S. R.S. and Y. &. Sumantri, "Ekstrak Lemak Gracilaria Verrucosa sebagai antibakteri shigella dysentrie dan Escherichia coli.," *Jurnal pascapanen dan bioteknologi kelautan dan perikanan ,* 2020.

[2] L. d. S. R. Suryaningrum, "Potensi Enzim Selulase dalam Mendegradasi Material Lignoselulosa sebagai Bahan Pakan Ikan.," *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan,* 2018.

[3] I. Pasue, E. Saleh and S. dan Bahri, "Analisis Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa Jerami Jagung Hasil di Fermentasi Trichoderma viride dengan Masa Inkubasi yang Berbeda.," *Jambura Journal of Animal Science,* 2019.

[4] T. Handayani, "Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Pengolahan Data Persediaan Obat Pada Pos Kesehatan Desa Wonoanti,," *Speed Journal - Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi ,* 2014.

[5] S. Kurniawan, "Pendidikan Karakter: Konsepsi & Implementasinya secara Terpadu di Lingkungan Keluarga, Sekolah, Perguruan Tinggi, dan Masyarakat," *Ar-Ruzz Media,* 2017.

[6] S. K, D. S and R. G, "Evaluasi proses sakarifikasi dan fermentasi dua rumput laut berbeda untuk produksi bioetanol yang ramah lingkungan.," *Bioteknologi Pertanian Biocata,* 2018.

[7] G. Solvason, "Master of Science Thesis, Mechanical Engineering, Reykajavic University, Iceland,," 2015.

[8] M. Kawaroe, D. Augustin, A. Sunuddin and F. Sofyan, "Anaerobic Biodegradation using macroalgae Eucheuma cottonii to produce bio-methane.," 2015.

[9] F. Cotana, G. Cavalaglio, M. Gelosia, A. Nicolini, V. Coccia and A. and Petrozzi, "Production of bioethanol in a secondgeneration prototype from pine wood chips, Energy Procedia,," 2014.

[10] A. Hernanto, S. R and W. A. dan Restiana, "Pertumbuhan budidaya rumput laut (Eucheuma cottoni dan Gracilaria sp.) dengan metode long line di perairan pantai Bulu Jepara.," *Journal of Aquaculture Management and Technology,* 2015.

[11] M. M. V. Sasadara, N. K. A. P. Pooja and d. N. M. R. Putri, "Pengaruh Proses Pengolahan Terhadap Kadar Glukosa Dan Serat Total," *JASINTEK,* 2022.

[12] M. E. Magdalena and a. Herlinawati, "Analysis of the Utilization of VCO as a Glucose Level Reducing," *IJCST-UNIMED,* 2021.

[13] A. Harahap, R. Pramesti and A. Ridlo, "Pertumbuhan Rumput Laut Gracilaria sp. terhadap Variasi Dosis Media Walne," *Journal of Marine Research,* 2022.

[14] F. G. Mantika, Y. Prasetyaningsih, Y. Kusumastuti and d. M. Hidayat, "Isolasi Selulosa dari Tongkol Jagung dengan Menggunakan Metode," *SENASTITAN ,* 2024.

[15] S. O. Gultom, "Mikroalga: Sumber Energi Terbarukan Masa Depan," *Jurnal Kelautan,* 2018.

[16] N. P. Purwanto, "KEBIJAKAN KENAIKAN HARGA GULA PETANI," 2023.

[17] S. Timbangen, D. Indri and R. Martha, "Alat Penguji Material.," *Guepedia.,* 2019.

[18] N. Maftucha, R. Amelia and S. M. Vilya Syafriana, "EFISIENSI PRETREATMENT DALAM PENGOLAHAN BAMBU," *Kumpulan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasiona,* 2022.

[19] A. Fuadi, K. Harismah and A. Setiawan, "PENGARUH SUHU DAN PH TERHADAP BANYAKNYA YIELD (KADAR GLUKOSA) YANG DIHASILKAN PADA PROSES HIDROLISIS," *Simposium Nasional,* 2015.

[20] A. Kusumaningrum, I. B. W. Gunam and I. M. M. Wijaya, "OPTIMASI SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM ENDOGLUKANASE MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri,* 2019.

[21] N. A. Md, N. Aida, W. Mustapha and A. HasanA, "Pelarut Eutektik Dalam (DES) Sebagai Pretreatment pada Lahan Kosong Kelapa Sawit," *Procedia Chemistry,* 2016.