

Ethanol Extraction from Fresh Algae (*Gracilaria* sp) Using Various Concentrations of Hydrochloric Acid Solution in The Hydrolysis Process

(*Ekstraksi Etanol Alga (*Gracilaria* sp) Segar dengan Berbagai Konsentrasi Larutan Asam Klorida pada Proses Hidrolisis*)

Putri E. Malinti*, Grevo S. Gerung, Natalia D.C. Rumampuk, Markus T. Lasut, Nickson J. Kawung, Esther D. Angkouw

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

*Penulis Korespondensi: Ekklesiaputry@gmail.com

ABSTRACT

Bioethanol is ethanol obtained through the fermentation of biomass rich in starch or cellulose from plant materials. *Gracilaria* sp. algae is one potential biomass source because it contains 54.4% galactan and 19.7% cellulose. This content makes it a promising alternative raw material for bioethanol production. Until now, there has been no scientific report related to ethanol extraction from *Gracilaria* sp. originating from the waters of Gunung Kidul, Yogyakarta. This study aims to: (1) determine the presence of ethanol in *Gracilaria* sp.; (2) measure the volume of ethanol from distillation; and (3) test ethanol qualitatively using potassium dichromate and sulfuric acid reagents. The research procedures include sample preparation, hydrolysis with HCl of various concentrations (0.5–2 M), fermentation using *Fermipan* yeast, urea, EM4, and NaOH (pH 4), and fermentation for 5 days. Distillation was carried out at a temperature of 78–80°C and the results were tested qualitatively by a color change from orange to blue as an indicator of ethanol. The results showed that *Gracilaria* sp. can produce ethanol, and the qualitative test method used has proven effective, simple, and economical. Further research is recommended to improve the purity and efficiency of bioethanol production from *Gracilaria* sp.

Keywords: algae, bioethanol, *Gracilaria* sp., ethanol, qualitative ethanol analysis.

ABSTRAK

Bioetanol adalah etanol yang diperoleh melalui fermentasi biomassa yang kaya akan pati atau selulosa dari bahan nabati. Alga *Gracilaria* sp. merupakan salah satu sumber biomassa potensial karena mengandung 54,4% galaktan dan 19,7% selulosa. Kandungan ini menjadikannya bahan baku alternatif yang menjanjikan untuk produksi bioetanol. Hingga kini, belum ada laporan ilmiah terkait ekstraksi etanol dari *Gracilaria* sp. yang berasal dari perairan Gunung Kidul, Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan etanol dalam *Gracilaria* sp. mengukur volume etanol hasil distilasi, dan menguji etanol secara kualitatif menggunakan pereaksi kalium dikromat dan asam sulfat. Prosedur penelitian meliputi persiapan sampel, hidrolisis dengan HCl berbagai konsentrasi (0,5–2 M), fermentasi menggunakan ragi *Fermipan*, urea, EM4, dan NaOH (pH 4), serta fermentasi selama 5 hari. Distilasi dilakukan pada suhu 78–80°C dan hasilnya diuji kualitatif dengan perubahan warna dari oranye ke biru sebagai indikator etanol. Hasil menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp. dapat menghasilkan etanol dan metode uji kualitatif yang digunakan terbukti efektif, sederhana, dan ekonomis. Penelitian lanjutan disarankan untuk meningkatkan kemurnian dan efisiensi produksi bioetanol dari *Gracilaria* sp.

Kata kunci: alga, bioetanol, *Gracilaria* sp, Etanol, analisis kualitatif etanol

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia dari tahun ketahun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia. Berdasarkan rencana strategi (Renstra) kementerian ESDM tahun 2015-2019 cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang (Rahmawati, 2018).

Sumber energi baru yang lebih ramah lingkungan, seperti energi terbarukan, diperlukan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang semakin terbatas. Alternatif yang dapat menggantikan peran minyak bumi salah satu energi yang menjanjikan adalah bioetanol. Bioetanol, salah satu jenis biofuel dibuat dari materi hidup, biasanya tanaman, dan dapat diproduksi dari bahan baku nabati. Bioetanol dibuat dengan teknik fermentasi biomassa dan dilanjutkan dengan proses destilasi.

Salah satu sumber bahan baku yang menjanjikan adalah makroalga atau alga besar karena ketersediaannya yang melimpah, pertumbuhan yang cepat dan kandungan karbohidrat yang tinggi (Solle *et al.*, 2025). Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi (Musnif, 2010).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmawati (2018), rumput laut *Eucheuma cottoni* mengandung selulosa 12,14%, kandungan air sebesar 11,90%. Rahmawati (2018) berhasil melakukan konsentrasi katalis HCl yang menghasilkan kadar glukosa yang tinggi pada produksi bioetanol adalah 1 M. Sedangkan Loupatty (2014) melakukan hidrolisis pada rumput laut *Eucheuma*

cottoni dengan asam sulfat H_2SO_4 dan menghasilkan etanol sebesar 4,08%. *Gracilaria* sp. Mengandung galaktan sebesar 54,4% serta selulosa sebanyak 19,7% (Kim *et al.*, 2008). Adanya galaktan dan selulosa dalam rumput laut ini menjadikannya sebagai alternative bahan baku untuk produksi bioetanol. Produksi bioetanol yang telah dilakukan (Sari *et al.*, 2018).

Pembuatan bioetanol dapat melalui dua tahap yaitu, proses hidrolisis dan proses fermentasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2018), rumput laut merah *Eucheuma cottoni* menggunakan proses hidrolisis asam dan katalis HCl. Kelebihan dari hidrolisis asam adalah etanol yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan hidrolisis enzimatis, proses hidrolisisnya lebih cepat dan cenderung memutuskan ikatan glikosida secara acak (Saputra *et al.*, 2012). Melalui penelitian bioetanol ini, rumput laut yang digunakan yaitu rumput laut merah (*Gracilaria* sp.) yang dijadikan sebagai bahan baku utama dalam proses ekstraksi bioetanol. Rumput laut merah dipilih sebagai bahan baku dalam proses ekstraksi bioetanol karena memiliki beragam kegunaan di sektor industri, seperti pangan, farmasi dan mikrobiologi.

Proses pembuatan bioetanol ini melibatkan beberapa tahapan diantaranya proses hidrolisis, proses fermentasi, destilasi. Proses hidrolisis merupakan tahapan mengubah polisakarida menjadi gula sederhana dengan menggunakan larutan HCl yang sudah dibuat variasi konsentrasinya. Proses fermentasi merupakan tahapan mengubah gula menjadi etanol dengan menggunakan fermipan, EM4, urea, dan NaOH 1M untuk mengatur pH.

Destilasi merupakan salah satu tahapan memisahkan etanol dari campuran fermentasi, destilasi juga digunakan untuk memisahkan etanol berdasarkan perbedaan titik didih. Pada penelitian ini akan mengkaji ekstraksi etanol pada rumput laut merah yang telah diekstraksi menjadi destilat. Destilat ini akan dianalisis melalui uji etanol menggunakan kalium dikromat dan asam sulfat. Uji etanol menggunakan kalium dikromat dan asam sulfat adalah uji reaksi oksidasi yang sering digunakan untuk mengidentifikasi adanya alkohol, khususnya etanol.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel basah yang diolah di laboratorium Pengujian Produk Perikanan dan Kelautan, Universitas Sam Ratulangi Manado. Sampel yang digunakan pada penelitian telah tersedia di Laboratorium Bioteknologi Dan Farmasitika Laut. sampel tersebut diambil dari Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Setelah sampel didapat kemudian dikirim ke

Laboratorium Bioteknologi dan Farmasetika Laut untuk dilakukan proses identifikasi dan proses penelitian lebih lanjut.

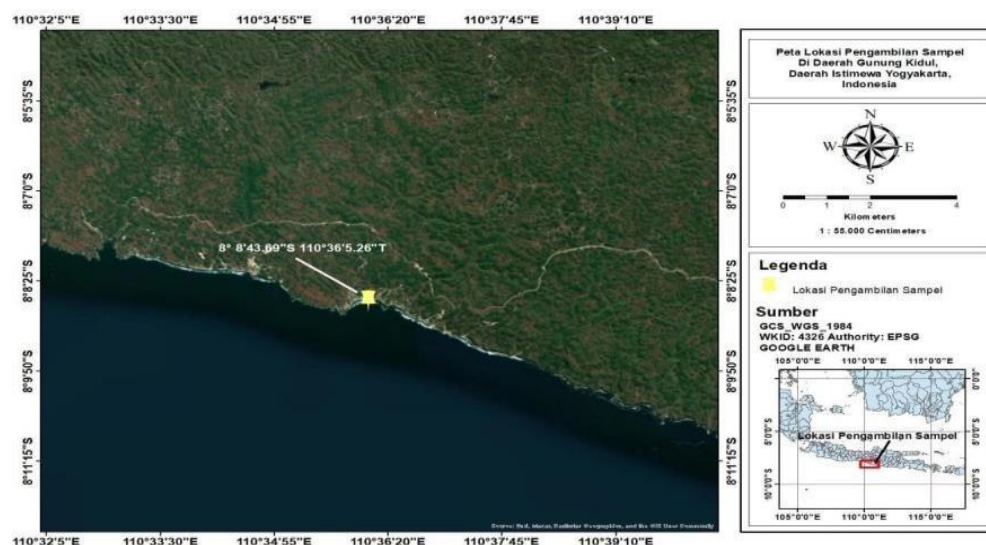
Prosedur Penelitian

Pengenceran HCl

Larutan HCl pekat 12 M terlebih dahulu diencerkan menjadi larutan induk dengan konsentrasi 5 M. Selanjutnya, larutan tersebut digunakan untuk membuat variasi konsentrasi HCl sebesar 0,5 M, 1 M, 1,5 M, dan 2 M. Setiap variasi konsentrasi dihitung terlebih dahulu volumenya menggunakan rumus pengenceran, kemudian ditakar sesuai volume yang diperlukan menggunakan gelas ukur berkapasitas 100 mL. (Rahmawati, 2018).

Proses Hidrolisis Asam

Sampel alga dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, lalu ditambahkan 200 ml larutan HCl dengan konsentrasi yang bervariasi (0,5 M; 1 M; 1,5 M; dan 2 M). Campuran dipanaskan pada suhu 70°C



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

selama 3 jam di atas hot plate magnetic stirrer dengan kecepatan putaran 120 rpm. Setelah itu, larutan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang.

Fermentasi

Larutan hidrolisis disaring, lalu didinginkan. Setelah itu ditimbang sebanyak 16 gram, ditambahkan fermipan sebanyak 10 gram sebagai sumber mikroorganisme fermentasi, 2 gram urea sebagai sumber nitrogen, serta 2 gram EM₄ sebagai activator fermentasi. Sebelum proses fermentasi berlangsung pH larutan hidrolisat disesuaikan hingga mencapai pH 4 dengan penambahan larutan NaOH 1 M. Setelah pH mencapai nilai yang diinginkan, larutan ditutup rapat menggunakan aluminium foil. Kemudian dishaker selama 24 jam pada suhu 30°C. fermentasi dilakukan dalam wadah tertutup selama 5 hari pada suhu kamar ($\pm 30^\circ\text{C}$).

Destilasi

Setelah fermentasi selesai, hasilnya disaring untuk memisahkan filtrat. Filtrat yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam alat destilasi sederhana pada suhu 78–80°C selama 3 jam untuk memisahkan etanol dari campuran. Volume etanol yang dihasilkan dicatat untuk masing-masing perlakuan.

Uji Kualitatif Etanol

Pengujian diawali dengan menyiapkan tabung reaksi, kemudian ditambahkan larutan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 2% sebanyak 2 mL, diikuti dengan 5 tetes asam sulfat (H_2SO_4) pekat, serta 1 mL sampel hasil destilasi, sebagaimana dijelaskan oleh Kolo *et al.* (2022). Apabila sampel tidak mengandung etanol, maka warna larutan yang terbentuk merupakan hasil interaksi antara ekstrak sampel dan larutan kalium dikromat dalam kondisi asam. Dalam lingkungan asam, kalium dikromat dapat mengalami reduksi pada suhu ruang, membentuk senyawa kromium (III) yang ditandai dengan perubahan warna menjadi hijau kebiruan (Sari *et al.*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi etanol dari alga *Gracilaria* sp. diawali dengan tahapan preparasi sampel, yaitu pembersihan rumput laut dari kontaminan seperti organisme lain dan kotoran yang menempel pada permukaannya. Selanjutnya, dilakukan proses hidrolisis menggunakan metode hidrolisis asam, di mana larutan asam klorida (HCl) digunakan sebagai katalis pada beberapa variasi konsentrasi (0,5 M; 1 M; 1,5 M; dan 2 M). Setelah tahap hidrolisis, dilanjutkan dengan proses fermentasi dan destilasi untuk memperoleh etanol. Hasil pengukuran volume etanol menunjukkan

Tabel 1. Data hasil dari hidrolisis alga

Variasi HCl	Berat sampel (g)	Jumlah HCl (ml)	Volume akhir (ml)
0,5 M	25	100	83
1 M	25	100	82
1,5 M	25	100	84
2 M	25	100	91

adanya perbedaan signifikan antar perlakuan konsentrasi HCl yang digunakan. Penggunaan HCl sebagai agen hidrolisis dipilih berdasarkan pertimbangan efisiensi dan keamanan, sebagaimana dijelaskan oleh Ningsih *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa HCl memiliki sifat sebagai oksidator kuat, harga yang terjangkau, ketersediaan yang melimpah, serta tingkat risiko yang lebih rendah dibandingkan asam kuat lainnya seperti HNO_3 dan H_2SO_4 .

Hidrolisis Alga *Gracilaria* sp dengan Variasi Konsentrasi HCl

Selama proses hidrolisis, suhu reaksi dipertahankan secara konstan dengan pemantauan rutin setiap 30 menit menggunakan termometer raksa. Menurut Ningsih *et al.* 2012, HCl digunakan sebagai katalis dengan pertimbangan sebagai berikut, HCl merupakan salah satu oksidator kuat, harga HCl lebih murah, mudah diperoleh dan HCl lebih aman dibandingkan dengan jenis asam yang lain seperti HNO_3 dan H_2SO_4 . Setelah tahap hidrolisis selesai, campuran disaring untuk memisahkan residu padat dari larutan, kemudian volume hidrolisat yang diperoleh diukur dan dicatat untuk keperluan analisis lanjutan pada hasil hidrolisis di peroleh data hasil hidrolisis berdasarkan Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh volume akhir yang dihasilkan dari masing-masing variasi konsentrasi HCl, yaitu pada konsentrasi 0,5 M sebesar 83 mL, 1 M 82 mL, 1,5 M sebesar 84 mL, dan 2 M sebesar 91 mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi HCl 2 M volume akhir yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Volume etanol

tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan konsentrasi HCl 2 M, di mana proses hidrolisis berlangsung lebih efektif dalam memutus ikatan glikosidik pada polisakarida alga. Sementara itu, pada konsentrasi 0,5 M, volume etanol yang dihasilkan relatif rendah, yang menunjukkan bahwa hidrolisis tidak berjalan optimal akibat rendahnya kekuatan asam dalam melisiskan struktur kompleks polisakarida. Kondisi larutan yang pekat menyebabkan pergeseran air dari bahan ke dalam larutan, sehingga meningkatkan volume cairan akhir. Jenis asam yang digunakan turut memengaruhi kualitas produk hasil hidrolisis (Fadia *et al.*, 2024).

Fermentasi Hidrolisat Alga *Gracilaria* sp.

Setelah tahap hidrolisis selesai, proses dilanjutkan dengan fermentasi selama lima hari. Setelah fermentasi, campuran disaring dan filtrat yang diperoleh kemudian digunakan dalam tahap destilasi. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* digunakan dalam proses ini karena kemampuannya mengkonversi glukosa menjadi etanol melalui jalur glikolisis dalam kondisi pH netral hingga sedikit asam (Purba *et al.*, 2016). Faktor pH berperan penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas etanol yang dihasilkan, di mana pH optimum sebesar 4,5 menghasilkan kadar etanol tertinggi, yaitu sebesar 5,6%. Hal ini disebabkan karena *S. cerevisiae* dapat tumbuh dan berfermentasi secara optimal pada rentang pH 4 hingga 5 (Anggraini *et al.*, 2017). Temuan ini didukung oleh hasil penelitian Phuong & Huu (2014) yang menunjukkan bahwa pH alami media

Tabel 2. Data hasil hidrolisis alga

Variasi Konsentrasi HCl (M)	Volume Akhir fermentasi (mL)
0.5 M	8
1 M	21
1.5 M	16
2 M	29

molase sebesar 4,66 mampu menghasilkan konsentrasi etanol maksimum setelah fermentasi selama lima dan tujuh hari, masing-masing sebesar 3,81% dan 3,90% (b/v). Sebaliknya, peningkatan pH hingga 6 menyebabkan penurunan produksi etanol, dengan konsentrasi terendah sebesar 1,87% (b/v) setelah tiga hari fermentasi. Penurunan pH dari 6 ke 4,66 meningkatkan produksi etanol, namun penurunan lebih lanjut hingga pH 4 justru menyebabkan penurunan kembali dalam konsentrasi etanol. Pada proses fermentasi di peroleh hasil akhir setelah penyaringan untuk menghasilkan filtrat dari sampel rumput laut.

Berdasarkan Tabel 2 di atas, diperoleh filtrat hasil saringan dari proses fermentasi sebagai berikut: pada konsentrasi 0,5 M sebesar 8 mL, 1 M sebesar 21 mL, 1,5 M sebesar 16 mL dan 2 M sebesar 29 mL. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa konsentrasi HCl 2 M menghasilkan volume akhir tertinggi. Konsentrasi HCl yang lebih tinggi dalam proses fermentasi berperan dalam

mempercepat hidrolisis ikatan glikosidik, menghasilkan monosakarida. Senyawa-senyawa ini berfungsi sebagai sumber substrat bagi mikroorganisme dalam proses konversi menjadi etanol.

Destilasi Hasil Fermentasi

Setelah fermentasi selesai dan filtrat yang dihasilkan telah diketahui volumenya, larutan tersebut kemudian dilakukan destilasi. Pada kolom fraksinasi terjadi proses pengembunan menyebabkan air akan menetes turun kembali dan uap etanol yang memiliki titik didih lebih rendah akan naik dan mengalir melalui pipa pendingin (kondensor) sehingga terkondensasi menjadi etanol cair kembali (Bilyartinus & Siswanto, 2021). Pada proses destilasi di peroleh jumlah volume akhir dari etanol melalui proses tersebut.

Berdasarkan Tabel 3, peningkatan volume etanol mulai terlihat pada konsentrasi 1 M dan 1,5 M yang mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi HCl mampu meningkatkan efektivitas hidrolisis ikatan glikosidik dan

Tabel 3. Data hasil volume akhir etanol melalui proses destilasi

Konsentrasi HCl (M)	Volume Akhir (ml)
0.5	11
1	17.2
1.5	21
2	25


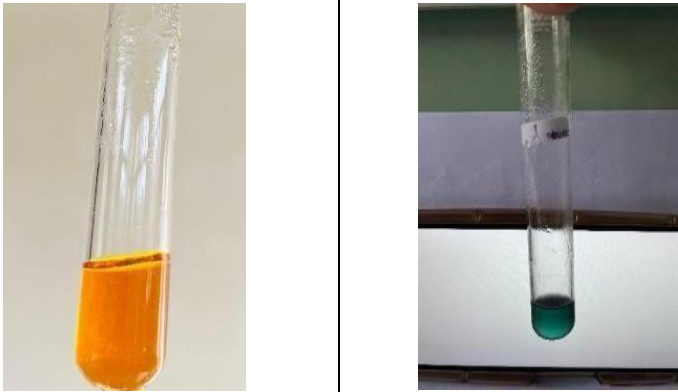
polisakarida alga *Gracilaria* sp. Volume destilat etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi 2 M, menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut proses hidrolisis berlangsung secara optimal, menghasilkan jumlah monosakarida maksimum yang dapat di fermentasi menjadi etanol. Namun, perlu dicatat bahwa terdapat batas optimal dalam penggunaan konsentrasi HCl.

Analisis Kualitatif Bioetanol

Analisis kualitatif dilakukan untuk mengkonfirmasi keberadaan etanol dalam sampel hasil fermentasi dengan menggunakan larutan kalium dikromat

(K₂Cr₂O₇). Prinsip dasar uji ini melibatkan reaksi redoks antara etanol dan K₂Cr₂O₇ dalam kondisi asam (Kolo *et al.*, 2022). Uji positif untuk keberadaan etanol dapat dibuktikan dengan perubahan warna larutan kalium dikromat dari jingga menjadi hijau kebiruan (Kolo *et al.*, 2022b).

Hasil uji kualitatif menggunakan pereaksi kalium dikromat dan asam sulfat menunjukkan perubahan warna dari jingga menjadi biru kehijauan pada seluruh perlakuan, mengindikasikan keberadaan etanol dalam hasil destilasi. Keberadaan etanol dalam sampel alga dapat dipasikan melalui perbandingan kondisi sebelum dan setelah sampel alga

Sampel	Hasil Uji	Gambar
Etanol Murni	+	
Bioetanol Alga <i>Gracilaria</i> sp		

Gambar 1. Hasil uji kualitatif etanol

dicampurkan. Namun, persentase kandungan etanol dalam alga tersebut belum dapat ditentukan secara pasti. Untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai kadar etanol, diperlukan analisis lebih lanjut melalui beberapa tahap deteksi. Analisis kualitatif dilakukan untuk membuktikan adanya etanol hasil fermentasi menggunakan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), prinsipnya adalah reaksi redoks yang terjadi antara etanol dengan $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam. (Kolo *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi larutan asam klorida (HCl) memberikan pengaruh nyata terhadap efisiensi proses hidrolisis dalam produksi etanol dari biomassa alga segar *Gracilaria sp.* Penggunaan HCl pada konsentrasi 2 M menghasilkan volume etanol tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, yang mengindikasikan bahwa konversi selulosa dan polisakarida menjadi gula fermentabel berlangsung secara lebih efisien pada kondisi tersebut. Namun demikian, berdasarkan keseimbangan antara efektivitas hidrolisis dan potensi pembentukan senyawa penghambat fermentasi, konsentrasi 1,5 M HCl direkomendasikan sebagai kondisi yang paling optimal untuk mendukung proses hidrolisis dalam ekstraksi etanol dari *Gracilaria sp.*

KESIMPULAN

Alga *Gracilaria sp.* terbukti menghasilkan etanol setelah melalui proses hidrolisis, fermentasi, dan destilasi yang ditunjukkan oleh perubahan warna dari jingga menjadi biru pada uji kualitatif menggunakan pereaksi kalium dikromat dan asam sulfat. Variasi konsentrasi larutan HCl berpengaruh terhadap hasil

etanol yang dihasilkan, dimana konsentrasi asam yang lebih tinggi cenderung menghasilkan volume etanol yang lebih besar hingga batas tertentu. Konsentrasi asam yang terlalu tinggi dapat merusak kandungan karbohidrat dalam alga. Metode uji kualitatif dengan kalium dikromat dan asam sulfat efektif digunakan untuk mendeteksi keberadaan etanol dalam hasil destilasi secara sederhana, cepat, dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, A., Yuningsih, S., Sota, M.M. 2017. Pengaruh pH Terhadap Kualitas Produk Etanol. *J. Reka Buana*, 2, 99–105.
- Bilyartinus, G., Siswanto, A.P. 2021. The Effect of *Bacillus Subtilis* on Bioethanol Production from Ambon Banana (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum* Linn) Peels by Using Fermentation Process. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3, 26–30. doi: 10.14710/jvsar.v3i2.11081.
- Fadia Dinda., Jaksen M., Amin., Erwana, D. 2024. Proses Hidrolisis Biji Cempedak dengan HCL untuk Bahan Baku Pembuatan Bioethanol (Hydrolysis Process of Cempedak Seeds with HCl As Raw Material for Making Bioethanol). *Jurnal Teknologi Riset Terapan (JATRA)*, 2(1), 2024, 1-14. ISSN 2986-7169,
- Kolo, S.M.D., Pardosi, L., Baru, A.E. 2022b. The Effect of Hydrolysis Time Using Microwave on Bioethanol Production from Sorghum Waste (*Sorghum Bicolor* L.). *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 18(2), 183-192. doi: 10.20527/jstk.v16i1.11404.
- Kolo, S.M.D., Presson, J., Amfotis, P. 2021. Produksi Bioetanol Sebagai Energi Terbarukan dari Rumput Laut *Ulva reticulata* Asal Pulau Timor. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(159), 159-167. doi: 10.20961/alchemy.17.2.45476.
- Loupatty, V. D. 2014, Pemanfaatan

- Rumput Laut *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Bioetanol, FMIPA, Universitas Pattimura, Ambon Methode of Producing Biofuel Using Sea Algae. World Intellectual Property Organization. Seoul.
- Musanif, J. 2010. BIOETANOL. (www.academia.edu/7265182/BIOETANOL).
- Ningsih, Y. A., Lubis, K. R., Moeksin, R. 2012, Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi, Jurusan Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- Phuong, N.T., Huu, N. 2014. Study on Ethanol Fermentation Conditions from Molasses by Thermo-Tolerant Yeasts. *International Journal of Business and Applied Science* 1, 13–22.
- Purba, D.E.H., Suprihatin, I.E., Laksmiwati, A.A.I.A.M. 2016. Pembuatan Bioetanol dari Kupasan Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Kimia*, 10, 155–160.
doi: 0.24843/jchem.2016.v10.i01.p21.
- Rahmawati, N. F. 2018. Pembuatan Bioetanol dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida pada Proses Hidrolisis. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram*, 1(2), 1-10.
- Saputra, D.R., Ridlo, A., Widowati, I. 2012, Kajian Rumput Laut *Sargassum duplicatum* J.G. Agardh sebagai Penghasil Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Sari, M., Zainul, R. 2018. Kalium Dikromat (K₂Cr₂O₇) Spektroskopi dan Transpor 2Cr₂O₇.
- Solle, C. I., Riwu, D. B., Neolaka, Y. 2025. The Mini Review: Preparasi Bioetanol Berbasis Makroalga. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, 12(1), 26-32.