

PRODUKSI GULA PEREDUKSI DARI *EUCHEUMA COTTONII* SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL MELALUI PROSES HIDROLISIS ASAM BERBANTUKAN *MICROWAVE*

RIGEL ADIKA PUTRA



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Produksi Gula Pereduksi dari *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Bioetanol melalui Proses Hidrolisis Asam Berbantuan *Microwave*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Rigel Adika Putra
F1401221055

ABSTRAK

RIGEL ADIKA PUTRA. Produksi Gula Pereduksi dari *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Bioetanol melalui Proses Hidrolisis Asam Berbantuan *Microwave*. Dibimbing oleh EDY HARTULISTIYOSO.

Indonesia merupakan produsen rumput laut merah *Eucheuma cottonii* terbesar di dunia sehingga berpotensi menjadikannya bahan baku bioetanol generasi ketiga. Produksi gula pereduksi sebagai prekursor bioetanol melalui hidrolisis asam konvensional terkendala waktu reaksi yang lama dan pembentukan inhibitor 5-hidroksimetilfurfural. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4), waktu reaksi, dan interaksinya terhadap perolehan gula pereduksi hidrolisat *E. cottonii* berbantuan *microwave*, serta menentukan kombinasi optimumnya dalam rentang yang diuji. Tepung *E. cottonii* dihidrolisis dalam *microwave* domestik 100 W dengan rasio padatan-pelarut 1:10 pada H_2SO_4 0,1; 0,2; dan 0,3 M serta waktu 10, 15, dan 20 menit, yang disusun sebagai rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan tiga ulangan. Gula pereduksi ditetapkan dengan metode asam dinitrosalisilat (DNS), kemudian dianalisis menggunakan ANOVA, uji Duncan, metode permukaan respons (RSM), dan analisis energi. Waktu reaksi berpengaruh nyata dan dominan, konsentrasi berpengaruh sekunder, sedangkan interaksinya tidak nyata. Perolehan gula pereduksi tertinggi sebesar 18,317 g/L setara glukosa dicapai pada 0,3 M dan 20 menit, kondisi yang juga menuntut konsumsi energi spesifik tertinggi (33,5 kJ/g). Hasil ini menunjukkan *microwave* domestik berpotensi sebagai reaktor hidrolisis yang cepat dan terjangkau, meskipun nilai berbasis DNS masih perlu diverifikasi dengan kromatografi.

Kata kunci: bioetanol generasi ketiga, *Eucheuma cottonii*, gula pereduksi, hidrolisis asam, *microwave*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

RIGEL ADIKA PUTRA. Production of Reducing Sugar from *Eucheuma cottonii* as a Bioethanol Feedstock through Microwave-Assisted Acid Hydrolysis. Supervised by EDY HARTULISTIYOSO.

Indonesia is the world's largest producer of the red seaweed *Eucheuma cottonii*, a potential feedstock for third-generation bioethanol. Producing its reducing-sugar precursor by conventional acid hydrolysis is limited by long reaction times and formation of the inhibitor 5-hydroxymethylfurfural. This study aimed to determine the effects of sulfuric acid (H_2SO_4) concentration, reaction time, and their interaction on the reducing sugar yield of microwave-assisted *E. cottonii* hydrolysate, and identify the optimal combination within the tested range. *E. cottonii* powder was hydrolyzed in a 100 W domestic microwave at a 1:10 ratio using H_2SO_4 at 0.1, 0.2, and 0.3 M for 10, 15, and 20 minutes, arranged as a completely randomized design (CRD) with a full factorial and three replicates. Reducing sugar was quantified by the dinitrosalicylic acid (DNS) method and analyzed using ANOVA, Duncan's test, response surface methodology, and energy analysis. Reaction time had a significant and dominant effect, acid concentration a secondary effect, and their interaction was not significant. The highest yield, 18.317 g/L glucose equivalent, occurred at 0.3 M and 20 minutes, which also required the highest specific energy consumption (33.5 kJ/g). These results indicate a domestic microwave is a potential rapid, low-cost hydrolysis reactor, although DNS-based values require chromatographic verification.

Keywords: acid hydrolysis, *Eucheuma cottonii*, microwave, reducing sugar, third-generation bioethanol



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PRODUKSI GULA PEREDUKSI DARI *EUCHEUMA COTTONII* SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL MELALUI PROSES HIDROLISIS ASAM BERBANTUKAN *MICROWAVE*

RIGEL ADIKA PUTRA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Lenny Saulia, S.TP., M.Si.
- 2 Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Produksi Gula Pereduksi dari *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Bioetanol melalui Proses Hidrolisis Asam Berbantuan *Microwave*

Nama : Rigel Adika Putra
NIM : F1401221055

Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.
NIP. 196304251989031001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.
NIP. 196304251989031001

Tanggal Ujian:
(Selasa, 28 Juli 2026)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Produksi Gula Pereduksi dari *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Bioetanol melalui Proses Hidrolisis Asam Berbantuan *Microwave*” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Februari hingga Juni 2026.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan, dan masukan yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Lenny Saulia, S.TP., M.Si. serta Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji atas saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
3. Dr. Liyantonno, S.TP., M.Agr selaku dosen moderator pada sidang skripsi.
4. Dr. Nanik Purwanti, S.T.P., M.Sc dan Prof. Dr-Ing. Azis Boing Sitanggang, S.T.P., M.Sc. yang telah menyediakan ruangan serta peralatan laboratorium selama pelaksanaan penelitian.
5. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Baskara dan Ibu Khania selaku teknisi lab TPPHP, serta Bapak Angga selaku teknisi lab TET yang telah membantu penulis selama menjalani penelitian.
7. Bang Rey, Alifia, Dipa, Berlian, Eliza, Regi, Izra, Dinur, Dede, Resi, Rere, Karin, Farsa, Syamsi, serta teman-teman Lab Measure Hub lainnya yang selama ini memberikan bantuan yang berarti selama pelaksanaan penelitian ini.
8. Seluruh keluarga besar Teknik Mesin dan Biosistem, khususnya Angkatan Vermillion 59, atas segala kebersamaan, perjuangan, dan kenangan indah selama masa studi.
9. Serta semua pihak yang baik langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik pertanian dan biosistem.

Bogor, Juli 2026

Rigel Adika Putra



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rumpun Laut Merah <i>Eucheuma cottonii</i>	5
2.2 Hidrolisis Asam Berbantuan <i>Microwave</i>	6
2.3 Gula Pereduksi	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	8
3.4 Analisis Hasil Hidrolisis <i>E.cottonii</i>	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Penentuan Kadar Air Bahan Baku	18
4.2 Produksi Gula Pereduksi dengan Hidrolisis Asam Berbantuan <i>Microwave</i>	18
4.3 Analisis Penggunaan Energi	28
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	51

DAFTAR TABEL

1.1	Komposisi kimia beberapa jenis rumput laut	1
3.1	Matriks variabel penelitian	17
4.1	Hasil penentuan kadar air bahan baku <i>E. cottonii</i> setelah pengeringan	18
4.2	Pengaruh konsentrasi H_2SO_4 dan waktu reaksi terhadap perolehan gula pereduksi setara glukosa	23
4.3	Hasil optimasi permukaan respons melalui fungsi <i>desirability</i>	26
4.4	Energi dan SEC rata-rata tiap kombinasi perlakuan	28
4.5	Perbandingan konsumsi energi spesifik dengan penelitian terdahulu	29
4.6	Energi per gram gula pereduksi glukosa	30

DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>E. cottonii</i>	5
3.1	Diagram alir proses penepungan <i>E. cottonii</i>	10
3.2	Proses hidrolisis asam berbantuan <i>microwave</i>	12
3.3	Design modifikasi reaktor <i>microwave</i> dengan <i>stirrer</i> dan <i>recorder</i> (Aslamah 2024)	13
4.1	Kenampakan fisik campuran sebelum hidrolisis. (a) 0,1 M; (b) 0,2 M; (c) 0,3 M	19
4.2	Kenampakan fisik campuran setelah hidrolisis. (a) 0,1 M; (b) 0,2 M; (c) 0,3 M	19
4.3	Hasil supernatan setelah sentrifugasi. (a) 10 menit; (b) 15 menit; (c) 20 menit.	20
4.4	Pola pemanasan <i>microwave</i> ketika hidrolisis pada H_2SO_4 0,1 M selama 20 menit	21
4.5	Perolehan gula pereduksi setara glukosa hidrolisat <i>E. cottonii</i> pada berbagai konsentrasi H_2SO_4 dan waktu reaksi. Garis vertikal adalah simpangan baku ($n = 3$)	22
4.6	Perolehan gula pereduksi setara galaktosa hidrolisat <i>E. cottonii</i> pada berbagai konsentrasi H_2SO_4 dan waktu reaksi. Garis vertikal adalah simpangan baku ($n = 3$)	23
4.7	<i>Contour plot</i> perolehan gula pereduksi setara glukosa	25
4.8	<i>Contour plot</i> perolehan gula pereduksi setara galaktosa	25

DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi proses penepungan <i>E. cottonii</i>	38
2	Dokumentasi proses hidrolisis asam <i>E. cottonii</i> berbantuan <i>microwave</i>	39



3	Dokumentasi analisis gula pereduksi	41
4	Grafik perubahan suhu untuk seluruh kombinasi perlakuan dan ulangan	42
5	Suhu maksimum tiap ulangan pada proses hidrolisis <i>E. cottonii</i> berbantuan <i>microwave</i>	43
6	Laju pemanasan tiap ulangan pada proses hidrolisis <i>E. cottonii</i> berbantuan <i>microwave</i>	44
7	Hasil ANOVA	45
8	Pengaruh konsentrasi H_2SO_4 dan waktu reaksi terhadap perolehan gula pereduksi setara galaktosa	46
9	Diagram pareto <i>standardized</i> RSM	47
10	Kurva standar glukosa untuk analisis gula pereduksi metode DNS	48
11	Kurva standar galaktosa untuk analisis gula pereduksi metode DNS	49
12	Energi per gram gula pereduksi setara galaktosa	50

@Hak cipta milik IPB University