

**ANALISIS PENGARUH LAMA WAKTU HIDROLISIS DENGAN H₂SO₄
TERHADAP KANDUNGAN LIGNOSELULOSA DAN GULA PEREDUKSI PADA
ALGA MERAH (*Eucheuma cottoni*) SEBAGAI BAHAN BIOETANOL**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Oleh:
FITA KURNIASARI
NIM. 115080300111120**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**ANALISIS PENGARUH LAMA WAKTU HIDROLISIS DENGAN H₂SO₄
TERHADAP KANDUNGAN LIGNOSELULOSA DAN GULA PEREDUKSI PADA
ALGA MERAH (*Eucheuma cottoni*) SEBAGAI BAHAN BIOETANOL**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :
**FITA KURNIASARI
NIM. 115080300111120**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH LAMA WAKTU HIDROLISIS DENGAN H₂SO₄
TERHADAP KANDUNGAN LIGNOSELULOSA DAN GULA PEREDUKSI PADA
ALGA MERAH (*Eucheuma cottoni*) SEBAGAI BAHAN BIOETANOL

OLEH :

FITA KURNIASARI
NIM. 115080300111120

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal : 10 Agustus 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. :
Tanggal :

Dosen Penguji I

Dr. Ir. Hardoko, MS
NIP. 19620108 1998802 1 001
Tanggal :

Dosen Penguji II

Dr. Ir. Dwi Setijawati, M. Kes
NIP. 19611022 198802 2 001
Tanggal :

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Kartini Zailanie, MS
NIP. 19550503 198503 2 001
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

Ekowaluyo, S.Pi, M.Sc
NIP. 19800424 2005001 1 001
Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 10 Agustus 2015

Mahasiswa

Fita Kurniasari



UCAPAN TERIMAKASIH

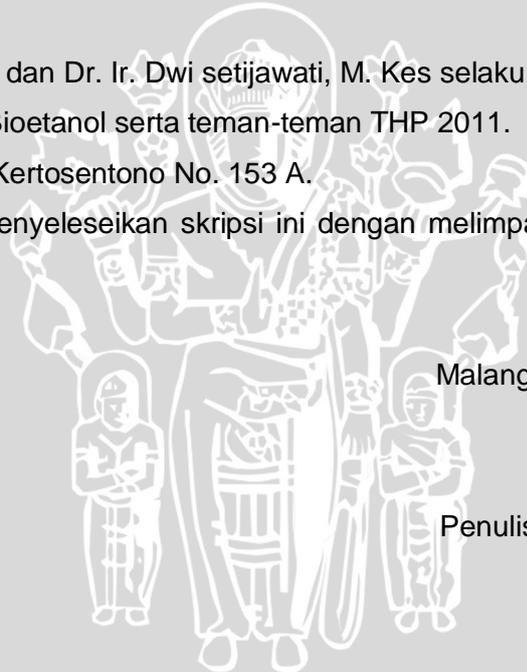
Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis banyak menghadapi kesulitan karena terbatasnya kemampuan serta pengetahuan yang dimiliki, namun berkat bimbingan, arahan, koreksi dan saran dari berbagai pihak, akhirnya penulis skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas segala kemudahan yang telah diberikan.
2. Kedua orang tua ku yang selalu memberikan do'a serta dukungan materi maupun moril.
3. Dr. Ir. Kartini Zailanie, MS dan Eko Waluyo, S. Pi, M. Sc selaku dosen pembimbing.
4. Dr. Ir. Hardoko, MS dan Dr. Ir. Dwi setijawati, M. Kes selaku dosen penguji.
5. Teman-teman tim Bioetanol serta teman-teman THP 2011.
6. Teman-teman kos Kertosentono No. 153 A.

telah membantu menyelesaikan skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia_Nya.

Malang, 10 Agustus 2015

Penulis



RINGKASAN

FITA KURNIASARI. Analisis Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis dengan H_2SO_4 terhadap Kandungan Lignoselulosa dan Gula Pereduksi Pada Alga Merah (*Eucheuma cottoni*) Sebagai Bahan Bioetanol (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Kartini Zailanie, MS. Dan Eko Waluyo, S. Pi, M. Sc**)

Bioetanol dapat diproduksi dari bahan lignoselulosa (biomassa). Lignoselulosa merupakan bahan yang mengandung karbohidrat yang berlimpah yaitu berupa selulosa dan hemiselulosa. Bahan ini dapat dikonversi menjadi energi ataupun bahan kimia lainnya. Tetapi keberadaannya dalam bersamaan dengan lignin yang membungkus matrix selulosa dan hemiselulosa, sehingga dalam pemanfaatannya memerlukan pengolahan awal (pretreatment) untuk mencapai selulosa ataupun hemiselulosa dan mendegradasi menjadi monomer-monomer gula.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 yang terbaik terhadap kandungan lignoselulosa dan gula pereduksi alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan bioetanol. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – April 2015 di Laboratorium Perikanan Hasil Perikanan dan Laboratorium Nutrisi dan Biokimia Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen eksploratif. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Metode uji yang digunakan yaitu metode *Chesson* untuk lignoselulosa dan *Nelson* untuk uji gula pereduksi. Parameter yang diamati antara lain kadar selulosa, kadar hemiselulosa, dan kadar lignin pada rumput laut segar *E. cottoni* dan kadar selulosa, hemiselulosa, lignin dan gula pereduksi pada hidrolisis *E. cottoni* menggunakan H_2SO_4 .

Berdasarkan hasil penelitian, sampel *Eucheuma cottoni* segar memiliki kadar selulosa ($15,39 \pm 0,57$), kadar hemiselulosa ($19,95 \pm 0,43$), dan kadar lignin ($7,42 \pm 0,48$). Lama waktu yang optimum untuk menghidrolisis lignoselulosa yaitu selama 120 menit dengan suhu $100^\circ C$ dan konsentrasi H_2SO_4 2% dengan hasil presentase selulosa ($8,29 \pm 1,11$); hemiselulosa ($12,25 \pm 1,04$) dan lignin ($0,7 \pm 0,17$). Lama waktu yang optimum untuk menghidrolisis lignoselulosa menjadi gula pereduksi adalah 120 menit dengan suhu $100^\circ C$ didapatkan hasil ($5,03 \pm 0,363$).

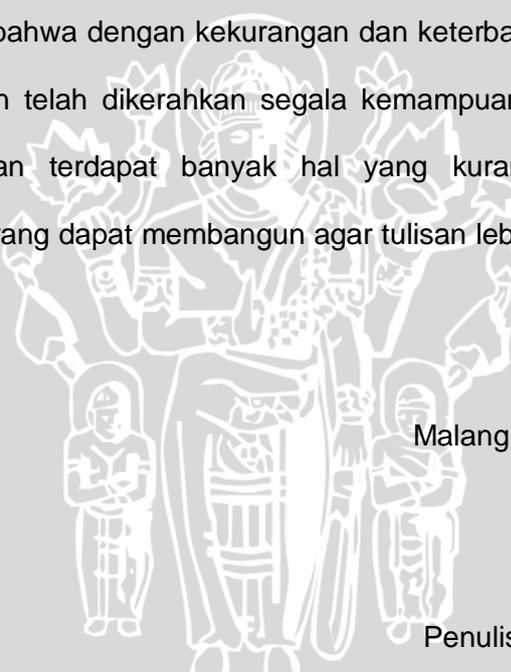
KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi dengan judul Analisis Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis dengan H_2SO_4 terhadap Kandungan Lignoselulosa dan Gula Pereduksi Pada Alga Merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan bioetanol. Dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi penjelasan bioetanol dalam rumput laut merah *Eucheuma cottoni* dan metode analisa lignoselulosa (metode *Chesson*) serta metode analisa gula pereduksi (metode *Nelson*).

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan terdapat banyak hal yang kurang tepat. Penulis mengharapkan saran yang dapat membangun agar tulisan lebih bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 10 Agustus 2015

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR UCAPAN TERIMAKASIH	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesa	3
1.5 Kegunaan Penelitian	4
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Rumput Laut	5
2.2 Alga Merah (<i>Rhodophyceae</i>).....	5
2.3 <i>Eucheuma cottoni</i>	6
2.4 Lignoselulosa	7
2.5 Selulosa	8
2.6 Hemiselulosa	9
2.7 Lignin	10
2.8 Delignifikasi	10
2.9 Hidrolisis	12
2.10 Bioetanol.....	13
2.11 Pelarut	14
2.11.1 Natrium Hidroksida (NaOH).....	14
2.11.2 Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	15
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Materi Penelitian	17
3.1.1 Bahan Penelitian.....	17

3.1.2	Alat Penelitian	17
3.2	Metode Penelitian	18
3.2.1	Penelitian Tahap I	18
3.2.2	Perlakuan dan Rancangan Penelitian	18
3.2.3	Alur Proses Penelitian Tahap I	21
3.2.4	Penelitian Tahap II (Inti)	30
3.2.5	Perlakuan dan Rancangan Penelitian Tahap II	30
3.3	Prosedur Penelitian	31
3.3.1	Persiapan Sampel	31
3.3.2	Delignifikasi dengan NaOH	32
3.3.3	Hidrolisis Asam (H ₂ SO ₄)	32
3.4	Analisa Kandungan Lignoselulosa	33
3.4.1	Analisa Hemiselulosa	33
3.4.2	Analisa Selulosa	33
3.4.3	Analisa Lignin	34
3.4.4	Analisa Gula Pereduksi (metode <i>Nelson</i>)	36
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Analisa Hasil Uji Lignoselulosa	38
4.2	Analisa Kadar Selulosa	39
4.3	Analisa Kadar Hemiselulosa	40
4.4	Analisa Kadar Lignin	41
4.5	Analisa Gula Pereduksi	42
4.6	Analisa Persen (%) Penurunan Selulosa dan Hemiselulosa Terhadap Kenaikan Persen (%) Gula Pereduksi	43
5.	KESIMPULAN DAN PENUTUP	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Kimia Rumput Laut	7
2. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi NaOH (5%, 10%, 15%) Terbaik pada Proses Delignifikasi)	19
3. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Penguapan NaOH Setelah Proses Delignifikasi)	20
4. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi H ₂ SO ₄ Terbaik (1%; 1,5%; 2% v/v) pada Proses Hidrolisis)	20
5. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Lama Waktu yang Terbaik pada Proses Hidrolisis)	21
6. Desain Rancangan Penelitian Tahap II (inti).....	31
7. Penurunan Persen Selulosa	43
8. Penurunan Persen Hemiselulosa	44
9. Kenaikan Persen Lignin	44

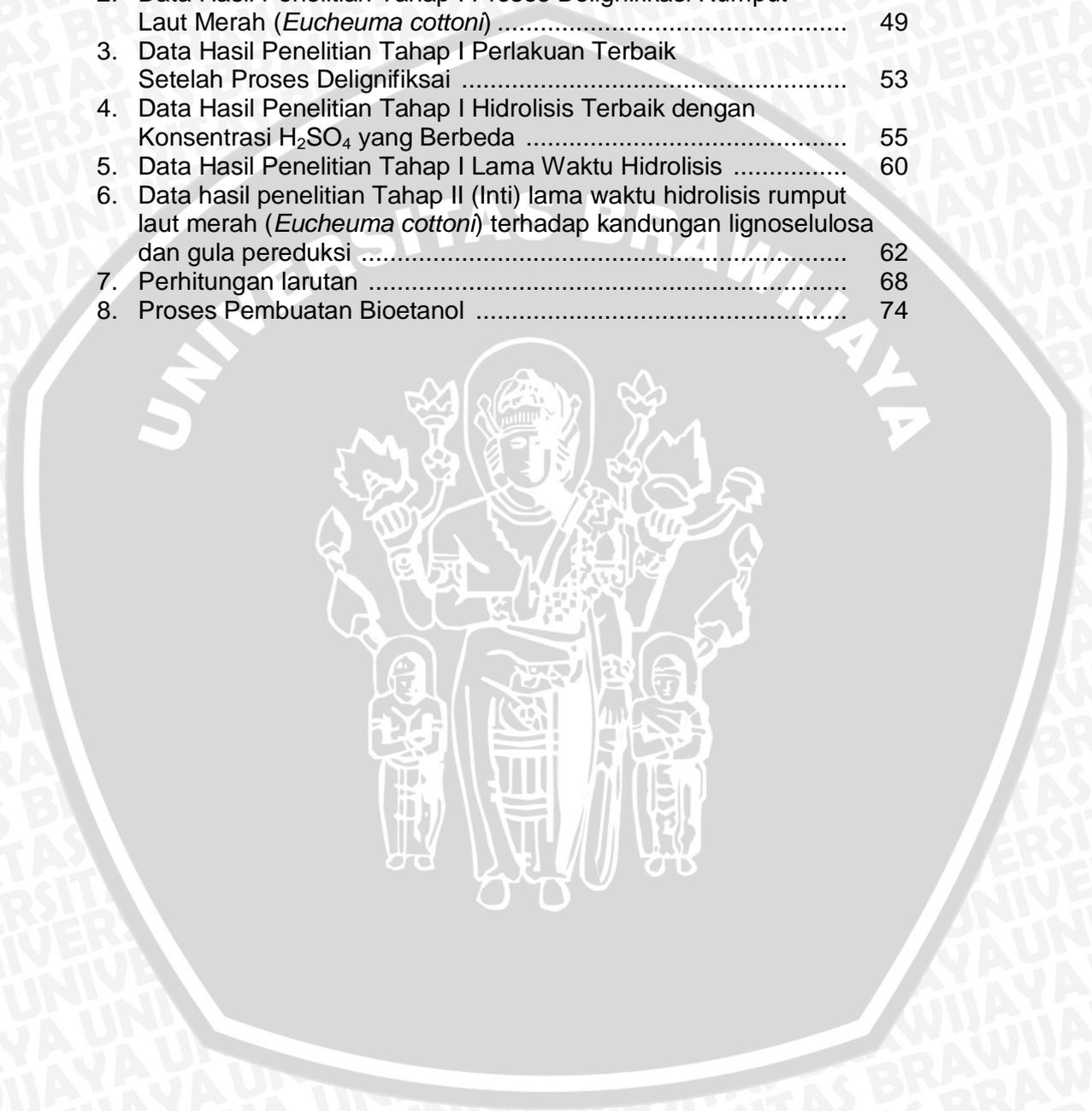


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Eucheuma cottoni</i>	7
2. Struktur lignoselulosa	8
3. Struktur selulosa	9
4. Struktur hemiselulosa	9
5. Struktur lignin	10
6. Pemutusan ikatan lignin dengan NaOH	12
7. Proses hidrolisis glukosa	13
8. Uji lignoselulosa rumput laut segar	26
9. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi NaOH yang Terbaik (5%, 10%, 15%) pada Proses Delignifikasi)	27
10. Penelitian Tahap I (Penguapan NaOH setelah proses delignifikasi)	28
11. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi H ₂ SO ₄ Terbaik (1%, 1,5%, 2% v/v) pada Proses Hidrolisis)	29
12. Penelitian Tahap I (Mencari Lama Waktu yang Terbaik pada Proses Hidrolisis)	30
13. Penelitian Tahap II (Inti) Uji Lignoselulosa pada Sampel setelah dihidrolisis dengan Metode <i>Chesson</i>	36
14. Penelitian Tahap II (inti) Prosedur Uji Gula Pereduksi	38
15. Grafik Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar.....	40
16. Grafik uji selulosa	41
17. Grafik uji hemiselulosa	43
18. Grafik uji lignin	44
19. Grafik uji gula pereduksi	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Hasil Penelitian Tahap I Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar	48
2. Data Hasil Penelitian Tahap I Proses Delignifikasi Rumput Laut Merah (<i>Eucheuma cottoni</i>)	49
3. Data Hasil Penelitian Tahap I Perlakuan Terbaik Setelah Proses Delignifikasai	53
4. Data Hasil Penelitian Tahap I Hidrolisis Terbaik dengan Konsentrasi H ₂ SO ₄ yang Berbeda	55
5. Data Hasil Penelitian Tahap I Lama Waktu Hidrolisis	60
6. Data hasil penelitian Tahap II (Inti) lama waktu hidrolisis rumput laut merah (<i>Eucheuma cottoni</i>) terhadap kandungan lignoselulosa dan gula pereduksi	62
7. Perhitungan larutan	68
8. Proses Pembuatan Bioetanol	74



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini sumber daya energi negara kita masih tergantung pada minyak, gas, batubara, panas bumi, air dan sebagainya yang digunakan dalam berbagai aktivitas pembangunan baik secara langsung maupun tidak langsung. Kebutuhan energi saat ini pada umumnya didominasi oleh energi fosil yaitu minyak bumi, gas bumi dan batubara. Di lain pihak, karena adanya cadangan energi fosil yang terbatas, sudah seharusnya dilakukan antisipasi dengan berbagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil tersebut, salah satunya dengan produksi bioetanol (Putra *et al.*, 2011).

Semakin berkurangnya sumber bahan bakar minyak di Indonesia sedang laju penggunaannya semakin meningkat, mengakibatkan pemerintah harus memangkas subsidi BBM. Selain pemangkasan subsidi BBM pemerintah juga melakukan langkah-langkah penghematan energi dan mencari sumber energi baru untuk menggantikan minyak bumi. Karena itu pemerintah mengeluarkan perpes no.5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, dimana pemanfaatan BBM ditargetkan 2% pada tahun 2010 dan 5% ditahun 2025. Untuk mengurangi konsumsi BBM jenis bensin, dapat dilakukan dengan menambah 10% bioetanol (Hikmiyati dan Yanie, 2010).

Menurut Umi (2009), apabila tidak ditemukan cadangan minyak terbaru, minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 10 tahun, gas bumi 30 tahun dan batu bara akan habis sekitar 50 tahun. Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui dan diproduksi dari biomassa melalui fermentasi menggunakan yeast/khamir. Namun pembuatan bioetanol dengan bahan baku biomassa akan membuat persaingan dengan sumber pangan, karena terbaginya lahan yang digunakan untuk sumber pangan dan

bahan baku bioetanol. Indonesia memiliki potensi laut yang luas untuk mengembangkan etanol dari bahan baku rumput laut. Salah satu rumput laut yang berpotensi yaitu *Eucheuma cottoni*.

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari karbohidrat yang potensial sebagai bahan baku seperti tebu, nira sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, sagu, jagung, jerami, bonggol jagung, rumput laut, dan kayu (Putra *et al.*, 2011). Dari penelitian terdahulu menyatakan *Eucheuma cottoni* mengandung kadar air 16,69%, protein 2,48%, lemak 4,30%, serat kasar 0%, karbohidrat 63,19% dan kadar abu 13,34%.

Wibowo dan Fitriyani (2012) melaporkan bahwa kandungan gizi rumput laut sebagai bahan pangan ialah air sekitar 80-90%, karbohidrat, protein, lemak, abu berupa senyawa garam natrium dan kalium, β -karoten, vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B6, B12, C, dan vitamin E, serta mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi, dan iodin.

Menurut Octavia *et al* (2011), bioetanol dapat diproduksi dari bahan lignoselulosa (biomassa). Lignoselulosa merupakan bahan yang mengandung karbohidrat yang berlimpah yaitu berupa selulosa dan hemiselulosa. Bahan ini dapat dikonversi menjadi energi ataupun bahan kimia lainnya. Tetapi keberadaannya di dalam bersamaan dengan lignin yang membungkus matrix selulosa dan hemiselulosa, sehingga dalam pemanfaatannya memerlukan pengolahan awal (pretreatment) untuk mencapai selulosa ataupun hemiselulosa dan mendegradasi menjadi monomer-monomer gula (gula fermentasi).

Penelitian sebelumnya telah membahas tentang lama waktu hidrolisis. Menurut Saputra *et al* (2012) hidrolisis dengan menggunakan H_2SO_4 dengan

variasi waktu 30 menit, 60 menit dan 120 menit, hasilnya menunjukkan dalam waktu hidrolisis 120 menit kadar glukosa mencapai 23,128 mg/ml.

Dari penelitian tersebut didapatkan waktu hidrolisis terbaik pada menit ke 120, sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu hidrolisis yang optimum dengan menggunakan waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan suhu 100°C.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah berapa lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 yang terbaik untuk menghidrolisis lignoselulosa dan gula pereduksi pada rumput laut merah (*Eucheuma cottoni*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 yang terbaik untuk memperoleh gula pereduksi pada alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan bioetanol.

1.4 Hepotesis

H0: diduga lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 tidak berpengaruh terhadap kandungan Lignoselulosa dan juga gula pereduksi pada alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan baku bioetanol.

H1: diduga lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 berpengaruh terhadap kandungan lignoselulosa dan gula pereduksi pada alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan baku bioetanol.

1.5 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat, pemerintah dan peneliti tentang kegunaan alga merah khususnya (*Eucheuma cottoni*), bahwa *E. cottoni* dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol yang ramah lingkungan.

1.6 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini di laksanakan pada bulan Februari sampai April 2015 di Laboratorium Perekayasaan Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang dan Laboartorium Nutrisi dan Biokimia Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput laut

Rumput laut merupakan jenis alga (ganggang) multiseluler yang termasuk dalam golongan *thallophyta*. Rumput laut memiliki ciri-ciri tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati, namun berbentuk menyerupai batang yang disebut thallus. Rumput laut tumbuh di alam dengan melekatkan diri pada substrat berupa karang, lumpur, pasir, batu, maupun pada tumbuhan lain secara epifitik. Terdapat beberapa jenis rumput laut antara lain berbentuk bulat, pipih, tabung seperti dahan yang bercabang. Seperti halnya tanaman darat, rumput laut juga memiliki klorofil dan pigmen warna (Prasetyowati *et al.*, 2008). Menurut Suparman (2013), jenis rumput laut yang dapat dimakan antara lain jenis ganggang hijau (*chlorophyceae*), ganggang merah (*rhodophyceae*), ganggang coklat (*phaeophyceae*), dan ganggang biru (*Cyanophyceae*).

2.2 Alga Merah (*Rhodophyceae*)

Alga merah merupakan kelompok alga yang jenisnya memiliki berbagai bentuk dan variasi warna. Salah satu indikasi dari alga merah yaitu terjadi perubahan warna dari warna aslinya menjadi ungu atau merah apabila alga tersebut terkena panas atau sinar matahari secara langsung. Alga merah termasuk alga yang mengandung karagenan dan agar yang memiliki manfaat dalam industri kosmetik dan makanan (Wiratmaja *et al.*, 2011).

Menurut Rohman (2013), sel alga merah terdiri dari perakaran sel tunggal maupun sel banyak dengan komponen dinding sel berupa selulosa, agar, karagenan, porpiran, dan selaran. Menurut Purnomo (2005), perbedaan utama rumput laut merah dengan rumput laut jenis lainnya ialah pigmen berwarna merah dan dinding sel yang mengandung karagenan.

2.3 *Eucheuma cottoni*

Suparman (2013), melaporkan bahwa dari empat kelas rumput laut berdasarkan pigmen yang terkandung didalamnya, jenis yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku industri ialah jenis *Rhodophyceae* (ganggang merah). Indonesia merupakan salah satu negara produsen *Eucheuma cottoni* yang memasok 50% kebutuhan rumput laut dunia, jenis ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam industri kosmetik maupun farmasi.

Eucheuma cottoni memiliki ciri-ciri fisik berupa thallus silindris, dengan permukaan licin dan cartilaginous (seperti tulang rawan). Warna fisik *Eucheuma cottoni* tidak selalu tetap terkadang berwarna hijau, hijau kekuningan, abu-abu, sampai merah. Kondisi warna fisik pada *Eucheuma cottoni* yang berbeda-beda sering terjadi diakibatkan pengaruh lingkungan yang berbeda. Kondisi lingkungan berpengaruh terhadap proses adaptasi kromatik berupa penyesuaian antara proporsi pigmen dengan kualitas pencahayaan yang digunakan *Eucheuma cottoni* pada proses fotosintesis untuk memproduksi makanannya sendiri (Prasetyowati *et al.*, 2008).

Berikut ini taxonomy *Eucheuma cottoni* menurut Zipcodezoo (2015), yaitu:

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Biliphyta
Phylum	: Phodophyta
Subphylum	: Macrorodhophytina
Class	: Florideophyceae
Order	: Gigartinales
Family	: Solieraceae
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Specific epithet	: <i>Cottoni</i>
Botanical name	: <i>Eucheuma cottoni</i>



Gambar 1. *Eucheuma cottoni*
(Dokumentasi penelitian)

Tabel 1. Komposisi Kimia Rumput Laut *Eucheuma Cottoni*

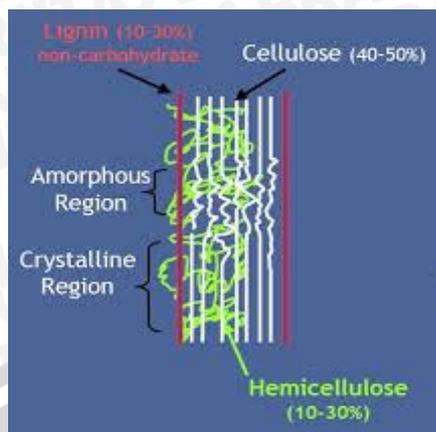
Komponen	(%)
Kadar Air	16,69
Protein	2,48
Lemak	4,30
Karbohidrat	63,19
Serat kasar	-
Abu	13,34

Sumber: Putra *et al.*, 2011

2.4 Lignoselulosa

Lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tiga tipe polimer, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen ini merupakan sumber penting untuk menghasilkan produk bermanfaat seperti gula dari proses fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cair. Lignoselulosa bisa diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat lainnya (Anindyawati. 2009). Salah satu proses konversi bahan lignoselulosa banyak dengan menjadikan konversi lignoselulosa menjadi etanol yang dapat digunakan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin untuk keperluan transportasi (Indriany *et al.*, 2013).

Menurut Octavia *et al* (2011), struktur lignoselulosa yang tersusun atas matrix selulosa dan lignin yang berikatan melalui rantai hemiselulosa, harus dipecah dengan cara hidrolisis asam. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan enzim menghidrolisis bahan lignoselulosa diantaranya kandungan lignin dan hemiselulosa dan tingkat kekristalan selulosa.

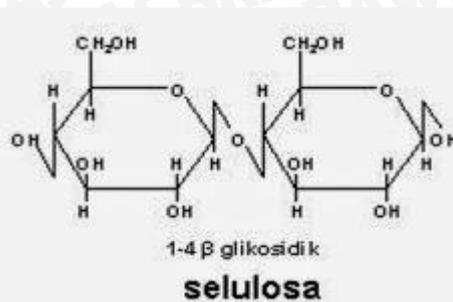


Gambar 2. Struktur lignoselulosa
Sumber: Google image, 2015

2.5 Selulosa

Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan β -1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler sehingga memberikan struktur yang larut. Mikrofibril selulosa terdiri dari 2 tipe, yaitu kristalin dan amorf (Anindyawati, 2009). Perbedaan ikatan α dan β pada selulosa adalah bentuk α memiliki gugus hidroksil dibawah hidrogennya, sedangkan bentuk β gugus hidroksilnya diatas hidrogennya.

Menurut Wiratmaja *et al* (2011), selulosa merupakan substansi organik yang paling melimpah di alam. Selulosa tidak larut di dalam air dan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia. Selulosa mendominasi karbohidrat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan hampir mencapai 50% karena selulosa merupakan bagian yang terpenting dari dinding sel tumbuh-tumbuhan. Selulosa ditemukan dalam tanaman yang dikenal sebagai microfibril dengan diameter 2-20 nm dan panjang 100-40000 nm.

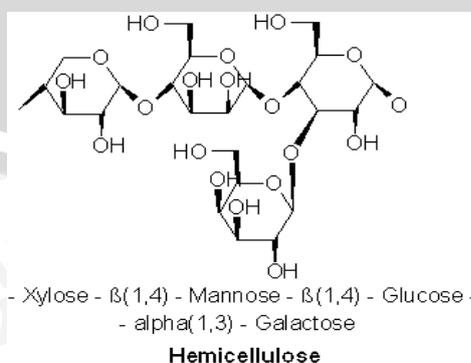


Gambar 3. Struktur Selulosa

2.6 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut heteropolisakarida, dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti *xylan*, *mannan*, *galactan* dan *glucan*. Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa (Anindyawati, 2009).

Sumber karbohidrat lain yang terkandung dalam bahan lignoselulosa adalah hemiselulosa atau yang dikenal juga dengan poliosa, karena terdiri atas berbagai macam gula monomer, yaitu pentose (*ksilosa*, *rhamnosa*, dan *arabinosa*); heksosa (*glukosa*, *manosa*, dan *galaktosa*). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, sehingga sebagian besar dapat larut dalam air. Oleh karena itu, hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi monomer-monomernya (Octavia *et al.*, 2011).

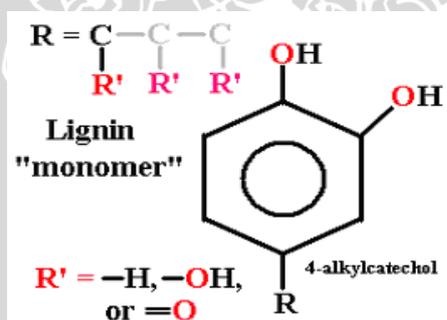


Gambar 4. Struktur kimia hemiselulosa
Sumber: Google image, 2015

2.7 Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40%. Komponen lignin pada sel tanaman berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida (Anindyawati, 2009).

Menurut Sun dan Cheng (2002), lignin atau zat kayu adalah salah satu zat komponen penyusun tumbuhan. Komposisi bahan penyusun ini berbeda-beda bergantung jenisnya. Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi sangat kuat.



Gambar 5. Struktur Lignin
Sumber: Google image, 2015

2.8 Delignifikasi

Salah satu hambatan proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa baik dengan asam maupun enzim adalah adanya lignin yang melindungi komponen tersebut. Delignifikasi dilakukan dengan NaOH karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin sehingga dapat memisahkan lignin, selulosa, dan hemiselulosa, serta menyebabkan pengembangan struktur. Hal ini dilakukan agar komponen selulosa dan hemiselulosa menjadi lebih mudah untuk dihidrolisis (Aryanti, 2013).

Delignifikasi adalah pemutusan ikatan lignin dan makromolekul lignoselulosa yang diikuti dengan pelarutan lignin dalam suatu pelarut serta degradasi sebagian kecil polisakarida sehingga memperlancar proses reaksi hidrolisis dan fermentasi karena selulosa tidak dapat dicapai oleh enzim selulase dan air. Proses delignifikasi secara kimia menggunakan bahan kimia seperti asam, basa atau pelarut organik. Bahan-bahan alkali seperti NaOH, KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, hydrazine dan ammonia anhydrous dapat menyebabkan biomassa bengkak (*swell*).

Menurut Tim Teknik Kimia (2006), dalam pembuatan bioetanol dari rumput laut yang digunakan adalah selulosanya sehingga ligninnya harus dihilangkan. Proses pemisahan atau penghilangan lignin dari serat-serat selulosa disebut delignifikasi atau pulping. Proses pemisahan lignin dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Cara Mekanis

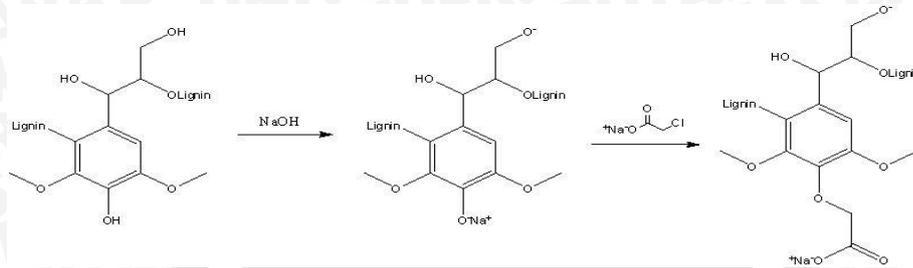
Prosesnya sangat sederhana dan tidak menggunakan bahan kimia.

2. Cara Kimia

Proses ini menggunakan bahan kimia pada suhu, tekanan, konsentrasi dan waktu tertentu. Bahan kimia yang digunakan tergantung macam proses dan macam bahan bakunya.

Menurut Ariestaningtyas (1991), selulosa dapat dikonversi menjadi produk-produk bernilai ekonomi, termasuk bioetanol melalui proses hidrolisis secara asam atau basa. Namun, lignin harus dihilangkan terlebih dahulu melalui proses delignifikasi. Adanya lignin dalam bahan berselulosa ini akan menghambat aktifitas enzim yang terdapat didalam ragi dalam proses pengkonversian gula sederhana menjadi etanol. Sehingga untuk meningkatkan proses hidrolisis, maka perlu dilakukan proses delignifikasi untuk mendegradasi lignin dari struktur

selulosa dengan menggunakan bantuan senyawa katalis, salah satu caranya adalah dengan menggunakan katalis kimia berupa senyawa NaOH.



Gambar 6. Pemutusan Ikatan Lignin dengan NaOH
Sumber: Google image, 2015

2.9 Hidrolisis

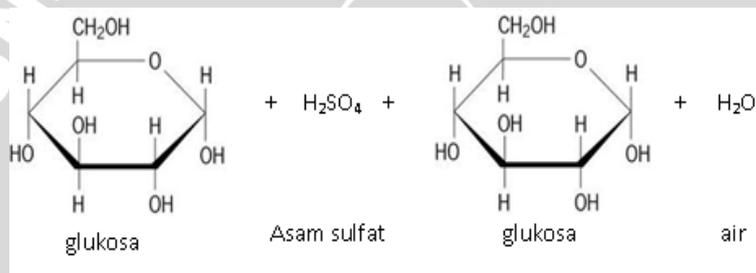
Hidrolisis adalah salah satu tahapan selanjutnya dalam pembuatan bioetanol berbahan baku lignoselulosa. Hidrolisis bertujuan untuk memecah hemiselulosa dan selulosa menjadi gula-gula sederhana/monosakarida (glukosa dan xyloza) yang selanjutnya difermentasi menjadi etanol. Secara umum teknik hidrolisis dibagi menjadi dua, yaitu : hidrolisis berbasis asam dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan gula, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentosa (C_5) dan heksosa (C_6).

Hidrolisis bisa diartikan sebagai reaksi yang berhubungan dengan air. Reaksi hidrolisis merupakan reaksi pemutusan ikatan sebuah molekul air. Contoh reaksi hidrolisis adalah reaksi inversi gula, pemutusan ikatan glikosidik pada polisakarida dan pemecahan protein menjadi asam amino penyusunnya. Monosakarida saling berikatan dengan ikatan glikosidik membentuk polisakarida. Polisakarida ini dapat dipecah melalui proses hidrolisis. Hidrolisis dapat dilakukan dengan dua cara yaitu kimia dan enzimatik (Ashariyani. 2009).

Menurut Ariestaningtyas (1991), selulosa dapat dikonversi menjadi produk-produk bernilai ekonomi, termasuk bioetanol melalui proses hidrolisis secara

asam atau basa. Namun, lignin harus dihilangkan terlebih dahulu melalui proses delignifikasi. Fridia (1989) mengatakan bahwa proses pendahuluan ini dapat dilakukan dengan cara fisik (penggilingan, pemanasan uap, radiasi, atau pemanasan dengan udara kering) dan kimia (menggunakan pelarut).

Hidrolisis dilakukan untuk mengkonversi polisakarida menjadi gula sederhana. Hidrolisis pada bahan yang mengandung selulosa dipengaruhi oleh konsentrasi asam, waktu hidrolisis, dan konsentrasi padatan. Semakin tinggi konsentrasi asam, maka semakin banyak ion H^+ yang terbentuk, dan reaksi hidrolisis untuk memecah senyawa polisakarida menjadi monosakarida semakin besar (Hidayat, 2013).



Gambar 7. Proses hidrolisis glukosa
Sumber: Google image, 2015

2.10 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari hayati yang banyak mengandung karbohidrat, seperti tebu, nira, ubi kayu, garut, ubi jalar, sagu, jagung, benggol jagung, rumput laut dan kayu (Putra *et al.*, 2011). Menurut Wiratmaja (2011), etanol merupakan zat cair yang tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, serta dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, ester, spirtus, asetaldehid, antiseptik dan sebagai bahan baku pembuatan eter dan etil ester. Etanol juga sebagai bahan campuran dan dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Bioetanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus C_2H_5OH . Sifat fisika etanol adalah bersifat polar disebabkan karena gugus hidroksil (OH). Seperti air etanol dapat membentuk ikatan hidrogen. Karena adanya ikatan hidrogen ini maka etanol memiliki titik didih yang lebih tinggi dari senyawa lain yang memiliki berat formula yang sama. Etanol juga memiliki nilai pH sebagai asam lemah. Etanol mudah menguap meskipun pada suhu rendah, mudah terbakar dan mendidih pada suhu $78^\circ C$ (Putra *et al.*, 2011).

2.11 Pelarut

Menurut Yasita dan Rachmawati (2013), pelarut merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses ekstraksi. Pemilihan pelarut didasarkan pada kemampuan dan kelarutannya dalam mengekstrak senyawa yang diinginkan (Guenther, 1987). Pelarut yang baik untuk digunakan dalam proses ekstraksi adalah pelarut yang mempunyai daya melarutkan yang tinggi terhadap senyawa yang diekstraksi. Daya melarutkan tersebut berhubungan dengan polaritas pelarut dan polaritas senyawa yang diekstraksi (Vogel, 1987). Beberapa sifat pelarut yang ideal antara lain memiliki selektifitas yang tinggi terhadap senyawa yang diekstraksi, memiliki perbedaan titik didih dan densitas yang cukup besar, bersifat inert, tidak beracun, memiliki viskositas yang kecil, tidak bersifat korosif, tidak mudah terbakar, tidak bersifat reaktif terhadap senyawa yang diekstraksi, murah dan mudah didapat.

2.11.1 Natrium Hidroksida (NaOH)

Delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dengan menggunakan larutan NaOH, karena larutan ini dapat merusak struktur lignin, memisahkan lignin dari hemiselulosa dan selulosa. Lignin dapat dihilangkan

dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH. Lignin dalam larutan NaOH akan membentuk garam fenolat yang larut dalam air. Apabila garam fenolat tersebut terbentuk maka ikatan antara selulosa dengan lignin akan lepas sehingga diperoleh selulosa dalam keadaan bebas lignin.

Natrium hidroksida merupakan basa kuat yang menerima proton dari Na^+ . Basa ini mengandung unsur dari golongan alkali, yaitu Natrium (Na^+). Ciri lain dari golongan alkali adalah bersifat reduktor kuat dan mampu mereduksi asam, mudah larut dalam air, merupakan penghantar arus listrik yang baik dan panas, urutan kereaktifannya meningkat seiring dengan bertambahnya berat atom. NaOH biasanya digunakan sebagai pelarut disebabkan kegunaan dan efektifitasnya sangat banyak antara lain untuk menetralkan asam. NaOH dihasilkan dari elektrolisis larutan NaCl dan merupakan basa kuat (Fauzan, 2001).

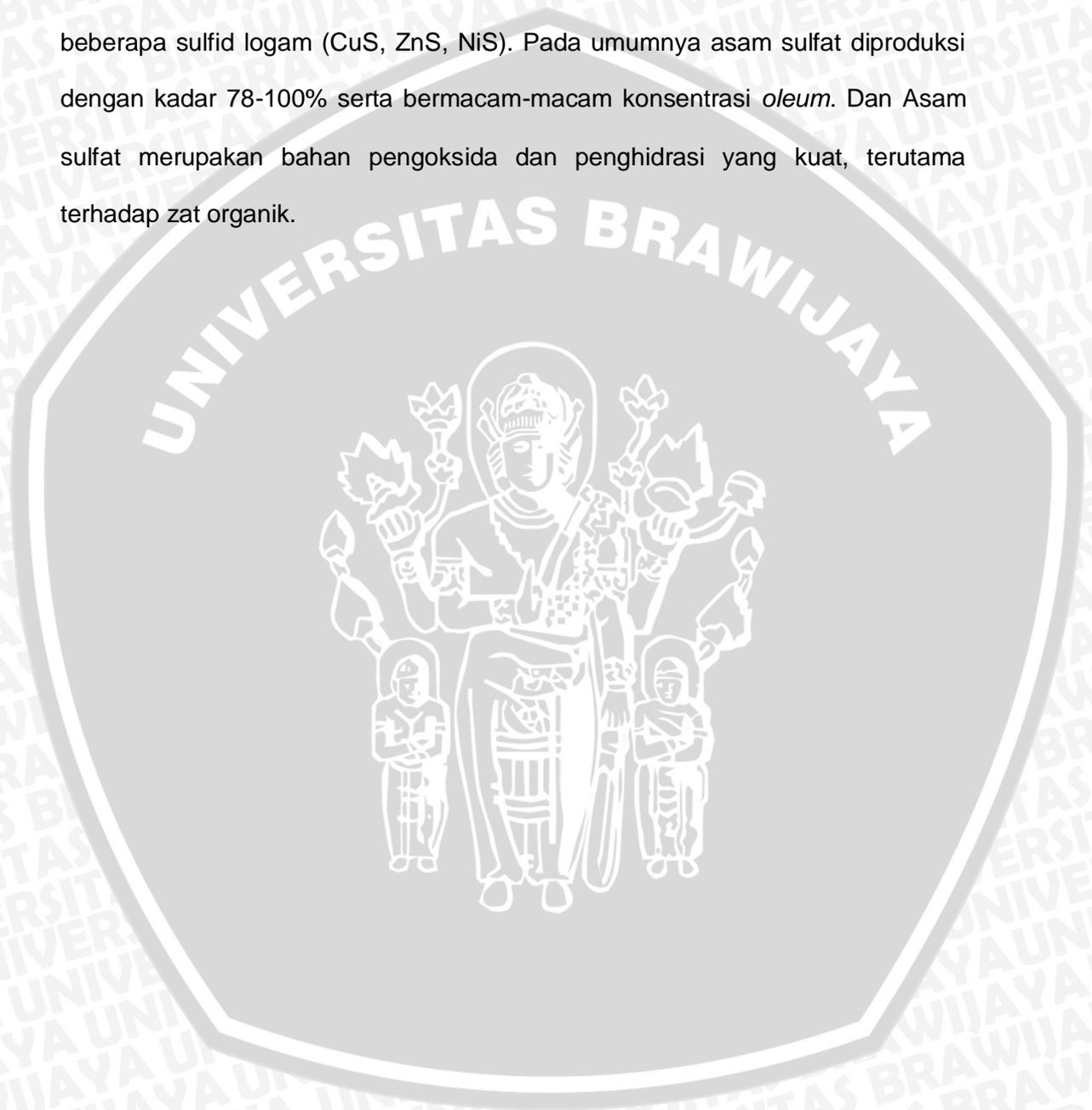
2.11.2 Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan cairan yang memiliki sifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam. Bahan kimia ini dapat larut dengan air, memiliki titik lebur $10,31^\circ\text{C}$ dan titik didih $336,85^\circ\text{C}$ tergantung kepekatan serta temperatur 300°C atau lebih terdekomposisi menghasilkan sulfur trioksida (Putra *et al.*, 2011).

Menurut Gumilar *et al* (2010), Asam sulfat memiliki daya ionisasi asam lebih kuat sehingga asam sulfat lebih mudah dan lebih banyak bereaksi dengan zat didalam kulit. Banyaknya asam sulfat yang berikatan dengan zat didalam kulit akhirnya akan memudahkan terikatnya krom dengan kolagen kulit sehingga kulit dapat tersemak secara penuh. Kelemahan dari penggunaan asam sulfat ini adalah dapat menyebabkan bagian luar kulit menjadi kasar.

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan cairan yang bersifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam.

Bahan kimia ini dapat larut dengan air dengan segala perbandingan, mempunyai titik lebur $10,31^{\circ}\text{C}$ dan titik didih pada $336,85^{\circ}\text{C}$ tergantung kepekatan serta pada temperatur 300°C atau lebih terdekomposisi menghasilkan sulfur trioksida. Asam sulfat (H_2SO_4) dapat dibuat dari belerang (S), *pyrite* (FeS) dan juga beberapa sulfid logam (CuS , ZnS , NiS). Pada umumnya asam sulfat diproduksi dengan kadar 78-100% serta bermacam-macam konsentrasi *oleum*. Dan Asam sulfat merupakan bahan pengoksidasi dan penghidrasi yang kuat, terutama terhadap zat organik.



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan utama dan bahan kimia. Bahan utama yang digunakan adalah rumput laut merah *Euचेuma cottoni* yang diperoleh dari Kabupaten Sumenep, Kepulauan Madura, Jawa Timur. Rumput laut dipanen kemudian dicuci dengan air laut. Sampel dicuci untuk menghilangkan sisa pasir, lumpur dan kotoran lainnya yang masih melekat, setelah itu dimasukkan dalam kantong gelap untuk menghindari dari sinar matahari agar tidak terjadi pigmentasi dan kebusukan. Sampel dimasukan dalam coolbox dan diberi es balok untuk mempertahankan suhu rendah selama proses transportasi, karena lama pengangkutan menuju Laboratorium adalah kurang lebih 24 jam.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain CaCO_3 , asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH), larutan nelson, sedangkan bahan-bahan yang dipakai plastik wrap, plastik klip, alumunium foil, kertas saring, selang, kertas label dan aquadest.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : kompor gas, panci, botol kaca 1000 ml, gelas kaca, erlenmayer 300ml, gelas ukur 150ml, gelas ukur 250 ml, beaker glass 500ml, pendingin balik, labu bulat 250 ml, waterbath, desikator,botol timbang, timbangan analitik, timbangan digital, oven, cawan porselin, pipet, spatula, crustable tank dan corong.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen eksploratif, yang artinya penelitian ini dilakukan bila pengetahuan tentang gejala yang diteliti masih sangat kurang. Penelitian ini juga bertujuan untuk memformulasikan pertanyaan penelitian yang lebih tepat, sehingga hasil penelitian ini dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan selanjutnya dimasa yang akan datang. Metode eksploratif adalah suatu metode yang bertujuan untuk menghimbau informasi awal yang akan membantu upaya menetapkan masalah dan merumuskan hipotesis (Amirin, 2009). Penelitian eksploratif juga bertujuan untuk menggambarkan suatu keadaan atau fenomena tertentu secara sistematis, faktual dan akurat melalui berbagai sifat dan faktor yang mempengaruhinya (Chusairi, 2013). Eksperimen dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian tahap I dan penelitian tahap II (inti).

3.2.1 Penelitian Tahap I

Pada penelitian tahap I mencari kandungan lignoselulosa pada sampel rumput laut segar sebagai acuan untuk penelitian tahap II serta ada empat perlakuan terbaik yang akan di cari yaitu konsentrasi NaOH dalam proses delignifikasi, perlakuan setelah delignifikasi, konsentrasi H_2SO_4 untuk menghidrolisis (selulosa, hemiselulosa dan lignin) serta lama waktu hidrolisis (selulosa, hemiselulosa dan lignin).

3.2.2 Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Menurut Surachmad (1994), ada dua macam variabel dalam penelitian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang diperkirakan akan timbul sebagai pengaruh dari variabel bebas.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan yang digunakan. Perlakuan yang pertama yaitu faktor lama waktu hidrolisis (F) dengan level 5(F1),

60menit (F2), 90menit (F3) dan 120menit (F4). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah parameter yang diamati, yaitu kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa dan gula pereduksi dari sampel alga merah *Eucheuma cottoni*.

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan dua faktor yang terdiri dari 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Model matematika dari penelitian ini yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + W_i + P_{ijk}$$

μ adalah rata-rata umum, W_i adalah faktor W dengan level i , dan P_{ijk} adalah galat dari faktor. Desain rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi NaOH (5%,10%, 15%) Terbaik pada Proses Delignifikasi)

Perlakuan	ULANGAN			TOTAL	Rata-rata
	U1	U2	U3		
F1	F1U1	F1U2	F1U3		
F2	F2U1	F2U2	F2U3		
F3	F3U1	F3U3	F3U3		

Keterangan:

F1 : Konsentrasi NaOH 5%
 F2 : Konsentrasi NaOH 10%
 F3 : Konsentrasi NaOH 15%

Langkah selanjutnya adalah membandingkan F hitung dan F tabel:

- Jika F hitung < F tabel 5%, maka perlakuan tidak beda nyata
- Jika F hitung > F tabel 5%, maka perlakuan menyebabkan hasil beda nyata

Apabila dari hasil perhitungan didapatkan perbedaan yang nyata (F hitung > F tabel 1%) maka dilanjutkan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk menentukan hasil yang terbaik dari perlakuan.

Tabel 3. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Penguapan NaOH Setelah Proses Delignifikasi)

Perlakuan	ULANGAN			TOTAL	Rata-rata
	U1	U2	U3		
F1	F1U1	F1U2	F1U3		
F2	F2U1	F2U2	F2U3		

Keterangan:

F1 : Penguapan dengan sinar matahari

F2 : tanpa diuapkan

Tabel 4. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi H₂SO₄ Terbaik (1%; 1,5%; 2% v/v) pada Proses Hidrolisis)

Perlakuan	ULANGAN			TOTAL	Rata-rata
	U1	U2	U3		
F1	F1U1	F1U2	F1U3		
F2	F2U1	F2U2	F2U3		
F3	F3U1	F3U3	F3U3		

Keterangan:

F1 : konsentrasi H₂SO₄ 1%

F2 : Konsentrasi H₂SO₄ 1,5%

F3 : Konsentrasi H₂SO₄ 2%

Langkah selanjutnya adalah membandingkan F hitung dan F tabel :

- Jika F hitung < F tabel 5%, maka perlakuan tidak beda nyata atau H0 diterima
- Jika F hitung > F tabel 1%, maka perlakuan menyebabkan hasil sangat beda nyata atau H1 diterima.

Apabila dari hasil perhitungan didapatkan perbedaan yang sangat nyata (F hitung > F tabel 1 %) maka dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk menentukan hasil terbaik dari perlakuan.

Tabel 5. Desain Rancangan Penelitian Tahap I (Mencari Lama Waktu yang Terbaik pada Proses Hidrolisis)

Perlakuan	ULANGAN			TOTAL	Rata-rata
	U1	U2	U3		
F1	F1U1	F1U2	F1U3		
F2	F2U1	F2U2	F2U3		

Keterangan:

F1 : suhu 100°C selama 30 menit

F2 : suhu 100°C selama 60 menit

3.2.3 Alur Proses Penelitian Tahap I

1. Penelitian Tahap I (Uji Lignosesulosa Pada Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Segar)

Pada penelitian tahap I ini bertujuan untuk mencari kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rumput laut segar *Eucheuma cottoni* sebelum proses hidrolisis yang diuji secara kuantitatif dengan metode Chesson yang akan dijadikan acuan sebagai penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Prosedur pengujian kadar lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan selulosa sebesar 15,39%, hemiselulosa 19,95% dan lignin 7,42%, hal ini sesuai dengan penelitian Rianti (2012), menyatakan bahwa kandungan lignoselulosa pada *Eucheuma cottoni* segar yaitu pada selulosa 17,41%, hemiselulosa 21,75% dan lignin sebesar 8,23%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi NaOH (5%, 10% dan 15%) Terbaik pada Proses Delignifikasi)

Pada penelitian tahap I bertujuan untuk mencari konsentrasi NaOH yang terbaik untuk proses delignifikasi, konsentrasi yang digunakan yaitu, 5%, 10%, dan 15% dengan pengujian menggunakan parameter kadar lignoselulosa dan kadar gula pereduksi. Penggunaan konsentrasi tersebut mengacu pada penelitian Wiratmaja *et al.*, (2011), menggunakan pretreatment dengan NaOH konsentrasi 5%, 10% dan 15% pada proses pretreatment rumput laut *E. cottoni*.

Prosedur penelitian pendahuluan untuk mengetahui konsentrasi yang terbaik dalam proses delignifikasi dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil penelitian pendahuluan untuk mencari konsentrasi NaOH yang terbaik dengan perhitungan ANOVA didapatkan konsentrasi terbaik yaitu konsentrasi NaOH 15% dimana pada konsentrasi tersebut selulosa, hemiselulosa, lignin mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi NaOH, Hal ini sesuai dengan penelitian dari Wiratmaja *et al.*, (2011), menyatakan bahwa NaOH yang terbaik dalam proses treatment rumput laut yaitu konsentrasi NaOH sebesar 15%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Penelitian Tahap I (Penguapan NaOH setelah Proses Delignifikasi)

Pada penelitian tahap I ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan terbaik setelah proses delignifikasi, perlakuan setelah proses delignifikasi yaitu dengan penguapan sampel dengan sinar matahari, penguapan sampel dengan oven dan sampel tanpa proses penguapan yang menggunakan parameter uji lignoselulosa, perlakuan ini sesuai dengan penelitian Hidayat (2013), sampel setelah didelignifikasi dibilas dan dijemur dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kandungan NaOH dan mengurangi kadar air pada rumput laut. Prosedur penelitian Tahap I untuk mengetahui penguapan NaOH yang terbaik setelah proses delignifikasi dapat dilihat pada Gambar 10.

Hasil penelitian pendahuluan untuk mencari perlakuan terbaik setelah proses delignifikasi yang dihitung dengan ANOVA didapatkan perlakuan terbaik yaitu diuapkan dengan sinar matahari yang menunjukkan nilai selulosa, hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan yang menunjukkan proses hidrolisis sedang terjadi dimana selulosa, hemiselulosa terdegradasi menjadi gula pereduksi. Hal ini sesuai dengan penelitian Hidayat (2013), menyatakan bahwa sampel setelah direndam NaOH dibilas dan kembali dijemur dibawah

sinar matahari, kemudian sampel dipotong dengan gunting hingga terbentuk potongan kecil. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi H₂SO₄ (1%, 1,5% dan 2% v/v) pada Proses Hidrolisis)

Pada penelitian tahap I ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi H₂SO₄ yang terbaik dalam menghidrolisis rumput laut dengan menggunakan tiga perlakuan dan tiga kali ulangan, konsentrasi yang digunakan yaitu, 1%, 1,5% dan 2% v/v dengan parameter kadar selulosa, kadar hemiselulosa dan kadar lignin, penggunaan konsentrasi H₂SO₄ 2% mengacu pada penelitian Wiratmaja *et al.* (2011) yang melakukan proses hidrolisis pada rumput laut *C.racemosa* dengan menggunakan katalis asam H₂SO₄ konsentrasi 2% v/v. Prosedur penelitian pendahuluan untuk mengetahui kadar konsentrasi H₂SO₄ yang terbaik dapat dilihat pada Gambar 11.

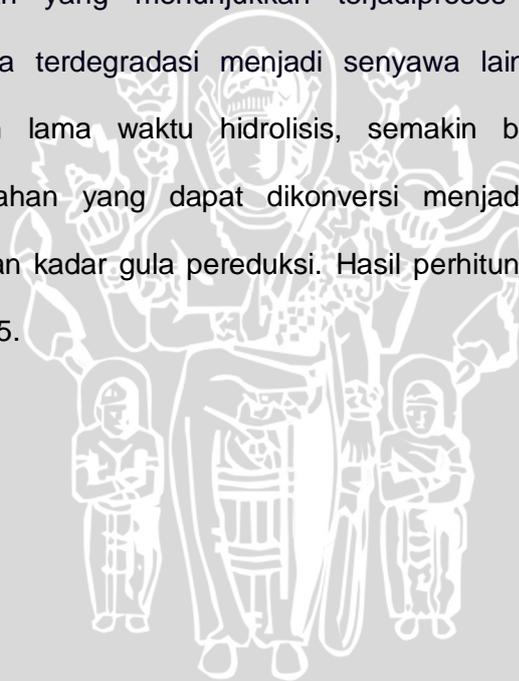
Hasil penelitian tahap I untuk mencari konsentrasi H₂SO₄ yang terbaik dihitung menggunakan ANOVA didapatkan konsentrasi terbaik yaitu konsentrasi 2% dimana pada konsentrasi tersebut selulosa, hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan seiring naiknya konsentrasi H₂SO₄ hal ini menunjukkan pada konsentrasi tersebut selulosa dan hemiselulosa telah terdegradasi, hal ini sesuai dengan pernyataan Mussatto dan Roberto (2004), yang mengatakan peningkatan konsentrasi asam menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 4.

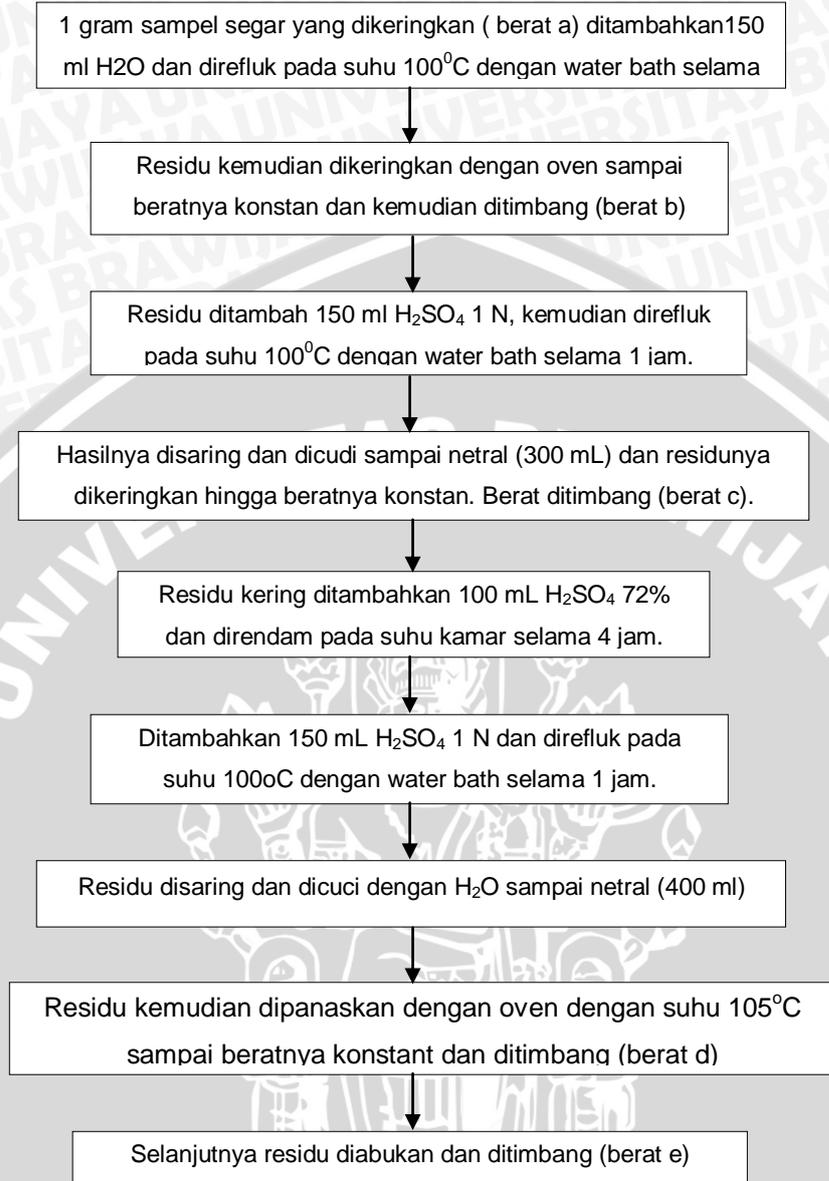
5. Penelitian Tahap I (Mencari Lama Waktu yang Terbaik pada Proses Hidrolisis)

Pada penelitian tahap I ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu hidrolisis rumput laut dengan menggunakan tiga perlakuan dan tiga kali ulangan , yaitu proses hidrolisis menggunakan suhu 100°C selama 30 menit, suhu 100°C selama 60 menit dan suhu ruang selama 8 jam, dengan pengujian menggunakan

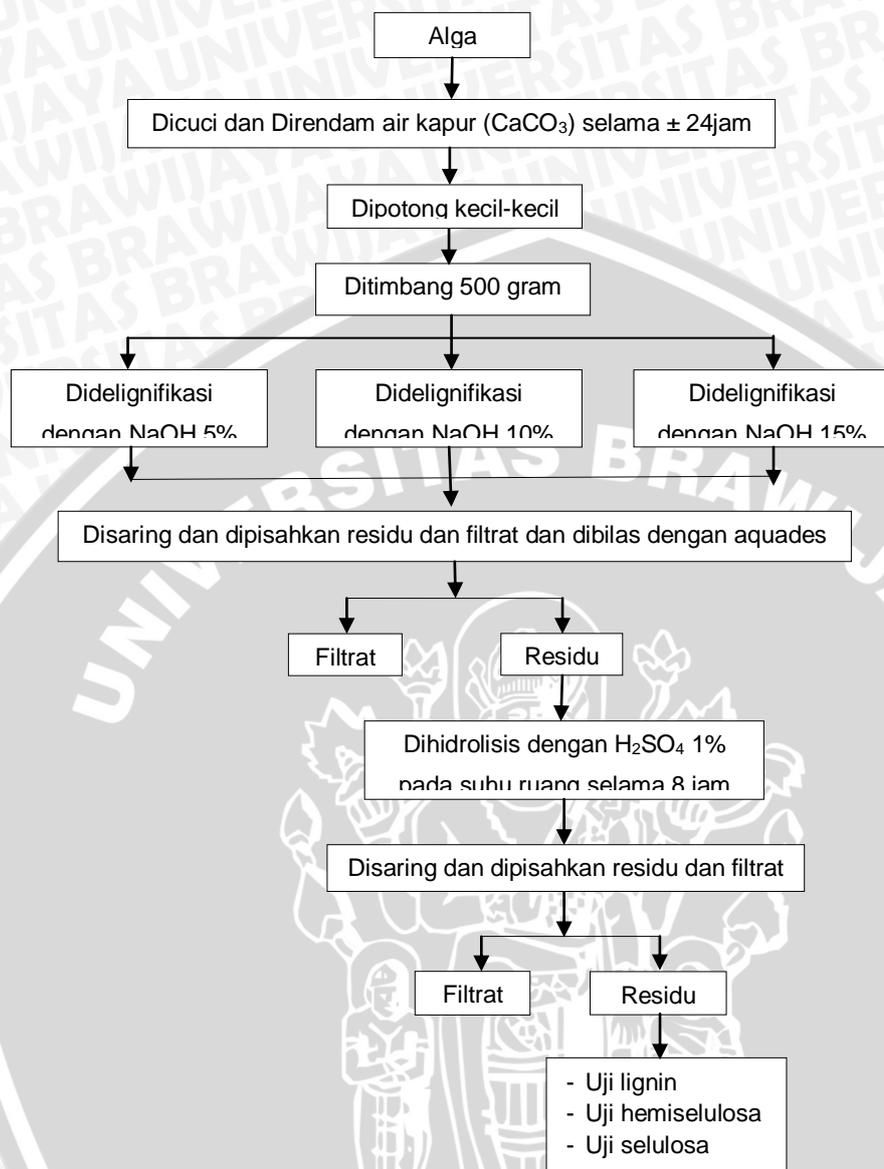
parameter kadar selulosa, kadar hemiselulosa dan kadar lignin, penetapan waktu hidrolisis ini mengacu pada prosedur Saputra *et al.* (2012), yang menggunakan waktu hidrolisis selama 30 menit 60 menit dan 120 menit pada suhu 100° untuk menghidrolisis rumput laut coklat *S. duplicatum*. Prosedur penelitian tahap I untuk mengetahui lama waktu proses hidrolisis yang terbaik dapat dilihat pada Gambar 12.

Hasil penelitian tahap I untuk mencari suhu dan waktu hidrolisis yang terbaik dihitung dengan ANOVA didapatkan hasil terbaik yaitu suhu 100°C selama 60 menit yang menunjukkan nilai selulosa hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan yang menunjukkan terjadiproses hidrolisis dimana selulosa, hemiselulosa terdegradasi menjadi senyawa lain. Hidayat (2013), menyatakan semakin lama waktu hidrolisis, semakin banyak kandungan polisakarida pada bahan yang dapat dikonversi menjadi gula sederhana sehingga meningkatkan kadar gula pereduksi. Hasil perhitungan ANOVA dapat dilihat pada Lampiran 5.

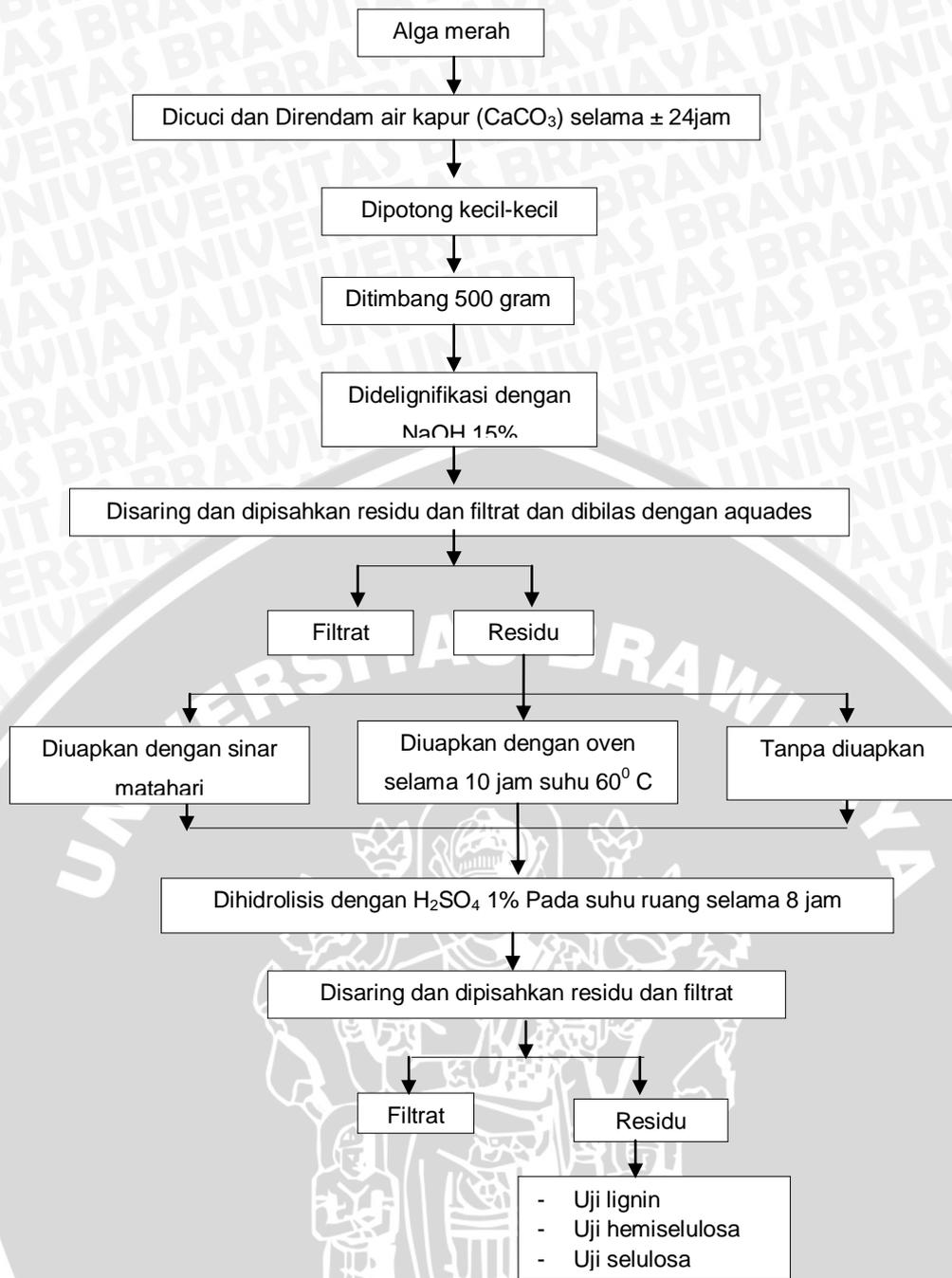




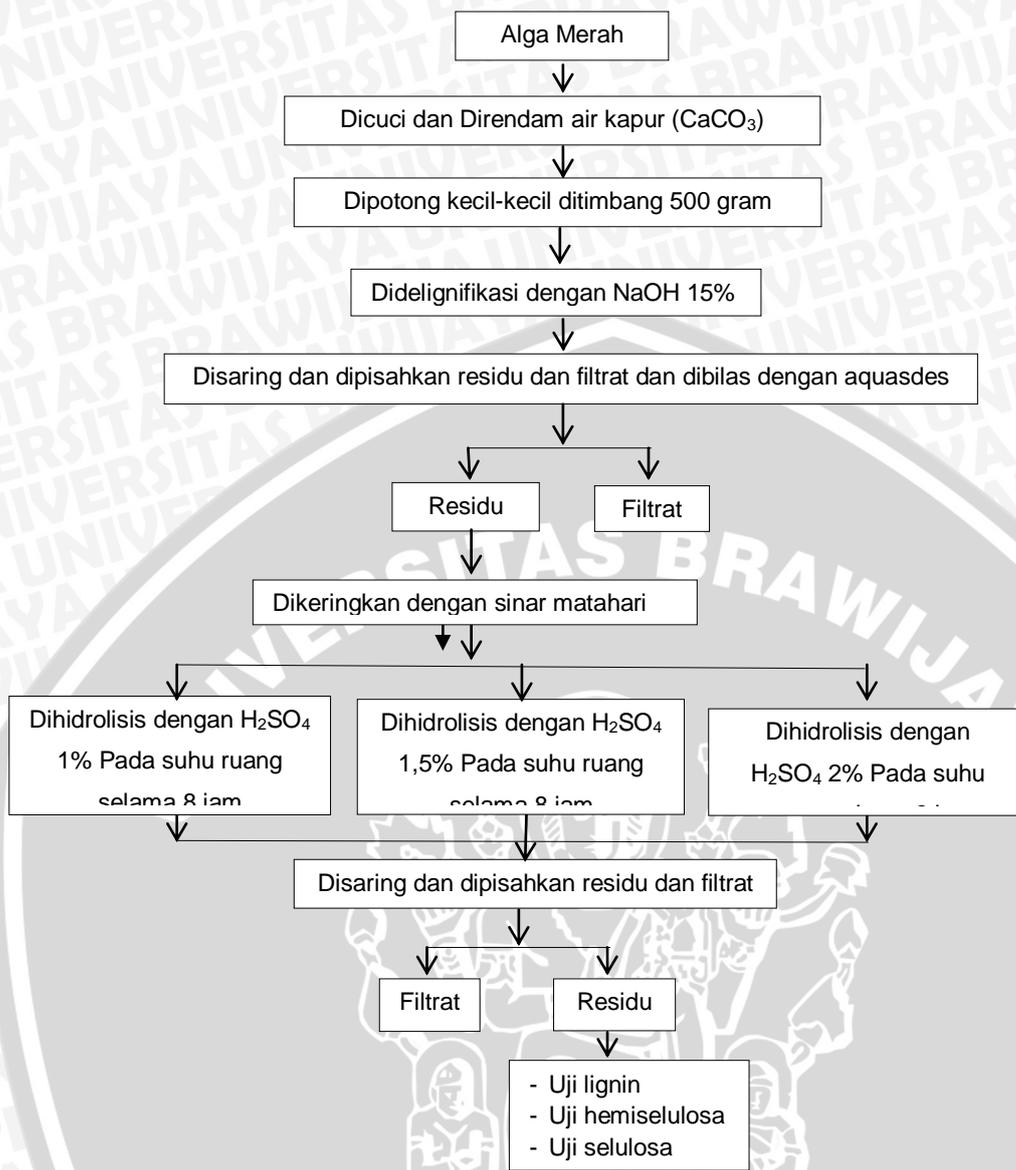
Gambar 8. Penelitian Tahap I Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar Metode Chesson (Datta, 1981)



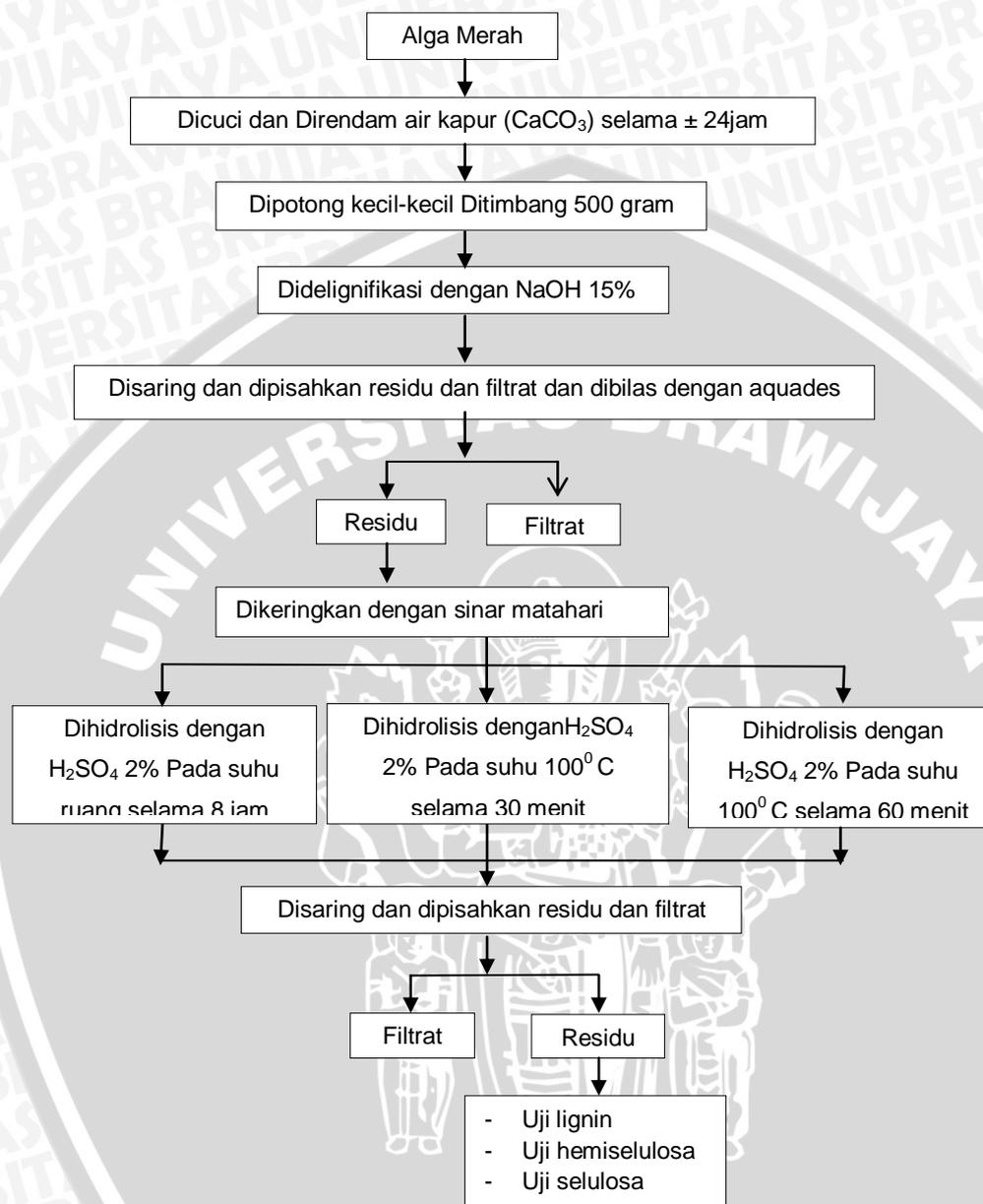
Gambar 9. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi NaOH yang Terbaik (5%, 10%, 15%) pada Proses Delignifikasi) (Wiratmaja *et al.*, 2011)



Gambar 10. Penelitian Tahap I (Penguapan NaOH setelah proses delignifikasi) (Hidayat, 2013)



Gambar 11. Penelitian Tahap I (Mencari Konsentrasi H₂SO₄ Terbaik (1%, 1,5%,2% v/v) pada Proses Hidrolisis) (Hidayat, 2013).



Gambar 12. Penelitian Tahap I (Mencari Lama Waktu yang Terbaik pada Proses Hidrolisis) (Hidayat, 2013)

3.2.4 Penelitian Tahap II (Inti)

Hasil penelitian tahap I digunakan sebagai dasar penelitian tahap II (inti). Penelitian tahap II (inti) ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang terbaik pada proses hidrolisis rumput laut untuk menghasilkan lignin, selulosa, hemiselulosa dan gula pereduksi, kemudian diterapkan dan disimpulkan pada hidrolisis rumput laut yang tepat dan memiliki nilai efektivitas yang tinggi dalam proses hidrolisis.

3.2.5 Perlakuan dan Rancangan Penelitian Tahap II

Menurut Surachmad (1994), ada dua macam variabel dalam penelitian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang diperkirakan akan timbul sebagai pengaruh dari variabel bebas.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan yang digunakan. Perlakuan yang pertama yaitu faktor lama waktu hidrolisis (F) dengan level 5(F1), 60menit (F2), 90menit (F3) dan 120menit (F4). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah parameter yang diamati, yaitu kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa dan gula pereduksi dari sampel alga merah *Euचेuma cottoni*.

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan dua faktor yang terdiri dari 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Model matematika dari penelitian ini yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + W_i + P_{ijk}$$

μ adalah rata-rata umum, W_i adalah faktor W dengan level i, dan P_{ijk} adalah galat dari faktor. Desain rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Desain Rancangan Penelitian Tahap II (inti)

Perlakuan	ULANGAN			TOTAL	Rata-rata
	U1	U2	U3		
F1	F1U1	F1U2	F1U3		
F2	F2U1	F2U2	F2U3		
F3	F3U1	F3U3	F3U3		
F4	F4U1	F4U4	F4U4		

Keterangan:

F1 : Suhu Ruang Selama 8 jam

F2 : Lama Waktu Hidrolisis 60 menit

F3 : Lama Waktu Hidrolisis 90 menit

F4 : Lama Waktu Hidrolisis 120 menit

Langkah selanjutnya adalah membandingkan F hitung dan F tabel :

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel} 5\%$, maka perlakuan tidak beda nyata atau H_0 diterima
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel} 1\%$, maka perlakuan menyebabkan hasil sangat beda nyata atau H_1 diterima.

Apabila dari hasil perhitungan didapatkan perbedaan yang sangat nyata ($F_{hitung} > F_{tabel} 1\%$) maka dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk menentukan hasil terbaik dari perlakuan.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

Sampel alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebanyak 25 kg yang diambil dari Madura, sampel dicuci dengan air mengalir dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada rumput laut. Sampel kemudian direndam dalam larutan $CaCO_3$ selama 24 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan garam-garam dan mineral yang ada pada rumput laut. Sampel dipotong kecil-kecil dan ditimbang seberat 500 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kaca 1000mL. Menurut Wiratmaja *et al* (2011), menyatakan bahwa proses awal yaitu

pretreatment dengan cara direndam menggunakan kapur (CaCO_3) selama 24 jam yang bertujuan untuk menghilangkan/menetralkan kandungan garam yang ada didalamnya, agar nantinya tidak menghambat proses hidrolisis maupun fermentasi untuk mendapatkan etanol.

3.3.2 Delignifikasi dengan NaOH

Delignifikasi merupakan proses penghilangan komponen lignin. Delignifikasi dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan larutan NaOH. Sampel sebanyak 500 gram dimasukkan kedalam gelas kaca 1000 ml, kemudian ditambahkan larutan NaOH 15% sebanyak 1000 ml yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin pada rumput laut sehingga didapatkan selulosa dan hemiselulosa. Selanjutnya gelas kaca ditutup dengan alumunium foil dan ditinggi selama 1 jam. Kemudian dipisahkan antara filtrat dan residu dengan kertas saring dan dibilas akuades untuk menetralkan, selanjutnya residu dikeringkan dibawah sinar matahari dengan tujuan untuk menguapkan NaOH yang masih tersisa pada rumput laut saat proses delignifikasi.

3.3.3 Hidrolisis Asam (H_2SO_4)

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hydrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia sehingga selulosa dan hemiselulosa terputus dan menjadi gula sederhana. Sampel yang sudah diuapkan setelah proses delignifikasi dimasukkan dalam gelas kaca 1000 ml kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 2% dan gelas kaca kemudian ditutup dengan alumunium foil dan di wrap. Sampel kemudian dipanaskan didalam waterbath dengan waktu yang berbeda (kontrol dengan duhu ruang selama 8 jam, 60 menit, 90 menit, 120 menit). Setelah itu sampel disaring dan dipisahkan antara filtrat dan residu. Filtrat diuji gula pereduksinya dan residu diuji kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa.

3.4 Analisis Kandungan Lignoselulosa (metode Chesson)

Metode *Chesson* adalah analisis gravimetri setiap komponen setelah dihidrolisis atau dilarutkan. Tahapan pertama yaitu menghilangkan kandungan ekstraktif, kemudian hidrolisis hemiselulosa dengan menggunakan asam kuat tanpa pemanasan, dilanjutkan dengan hidrolisis menggunakan asam encer pada suhu tinggi. Bagian terakhir yang tidak larut adalah lignin. Kandungan lignin dikoreksi dengan kandungan abu. Prosedur uji Lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 13.

3.4.1 Analisa Hemiselulosa

Pengukuran kadar hemiselulosa dianalisis dengan metode *Chesson* (Datta, 1981), yaitu sampel sebanyak 1 gram (a) dicampur dengan 150 ml air destilat, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam, selanjutnya sampel difiltrasi dengan kertas saring dan terakhir dibilas dengan air destilat, bagian padat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai konstan dan ditimbang beratnya (b), selanjutnya sampel dicampur dengan 150 ml larutan H₂SO₄ 1 N, dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam, kemudian sampel difiltrasi dengan kertas saring dan terakhir dibilas dengan air destilat, bagian padat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai konstan dan ditimbang beratnya (c).

$$\text{Kadar hemiselulosa} = \frac{b-c}{a} \times 100\%$$

3.4.2 Analisa Selulosa

Pengukuran kadar selulosa dianalisis dengan metode *Chesson* (Datta, 1981), yaitu sampel yang telah dikeringkan pada analisis hemiselulosa (c) dicampur dengan larutan H₂SO₄ 72% sebanyak 10ml, dilakukan perendaman pada suhu ruang selama 4 jam, lalu dicampur dengan 150ml larutan H₂SO₄ 1 N, sampel kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 4 jam, sampel difiltrasi

dengan kertas saring dan terakhir sampel dibilas dengan air destilat. Sampel bagian padat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai konstan dan ditimbang beratnya (d).

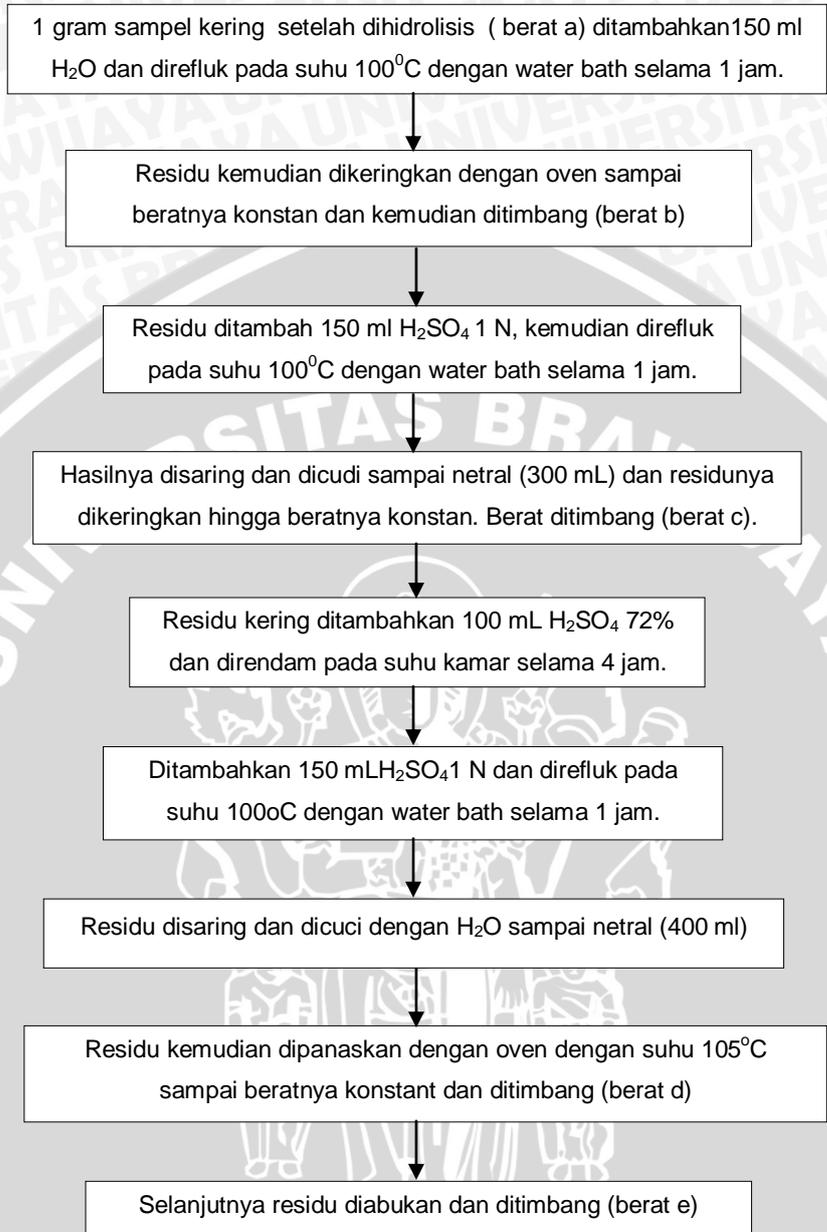
$$\text{Kadar selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\%$$

3.4.3 Analisa Lignin

Pengukuran kadar lignin dianalisis dengan metode *Chesson* (Datta, 1981), yaitu sampel yang telah dikeringkan pada analisis selulosa (d), selanjutnya dipanaskan pada suhu 600°C selama 4-6 jam sampai menjadi abu, lalu ditimbang beratnya (e). Prosedur penelitian uji lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar

$$\text{Kadar lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$





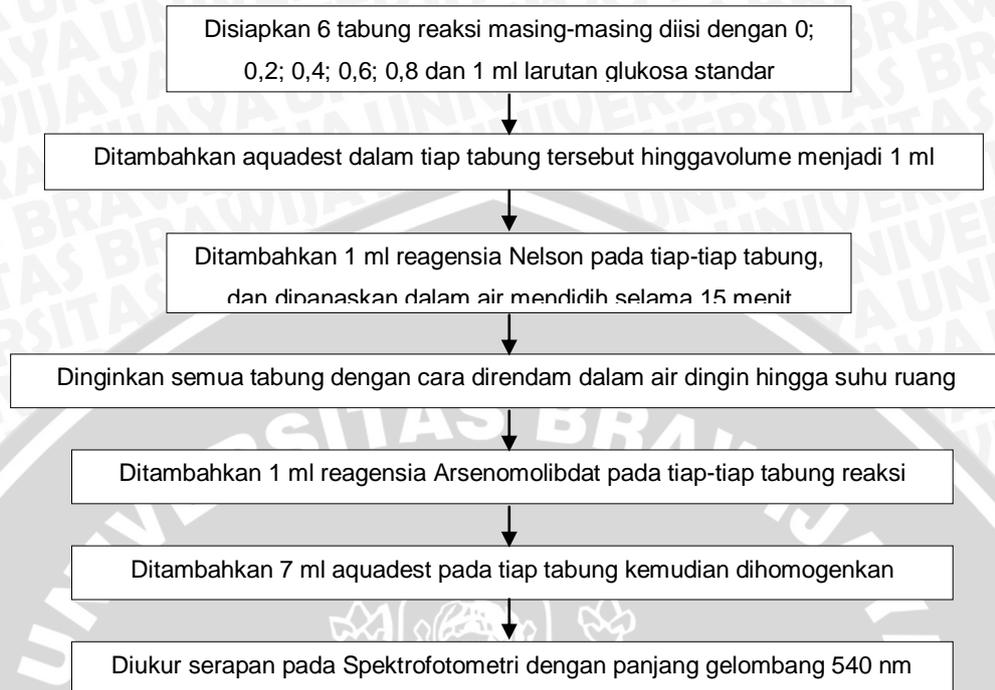
Gambar 13. Penelitian Tahap II (Inti) Uji Lignoselulosa pada Sampel setelah dihidrolisis dengan Metode *Chesson* (Datta, 1981)

3.4.4 Analisa Gula Pereduksi (metode *Nelson*)

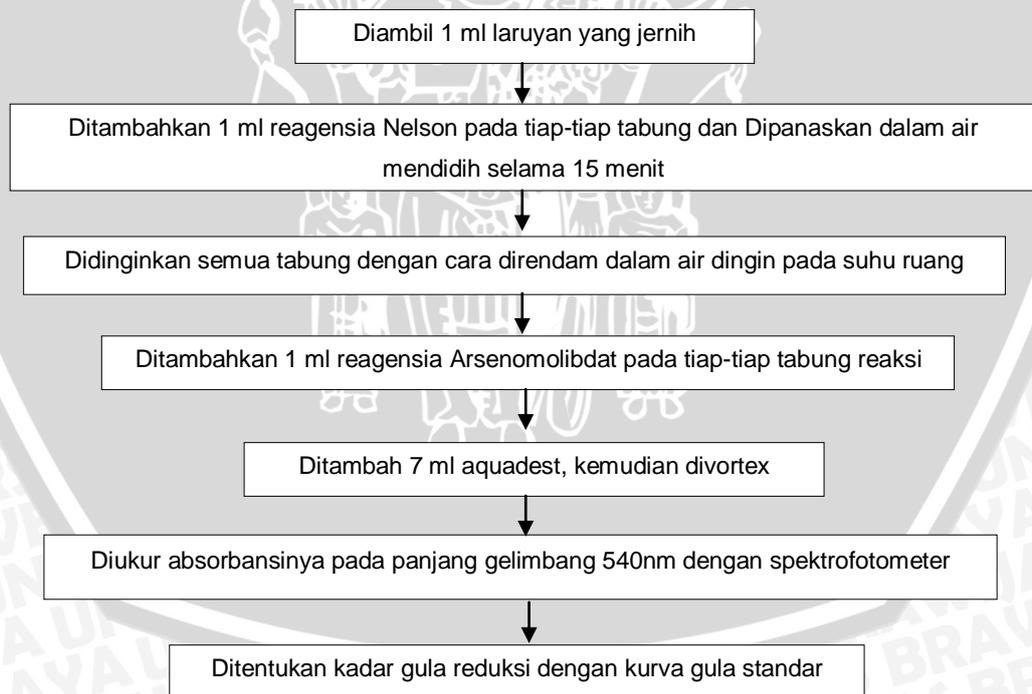
Analisis gula reduksi menggunakan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji *et al.*, 1984). Prinsip analisis kadar gula reduksi menggunakan metode Nelson-Somogyi adalah gula reduksi akan mereduksi kuprioksida menjadi kuprooksida, kuprooksida yang terbentuk direaksikan dengan arsenomolibdat sehingga terbentuk molybdenum yang berwarna biru, intensitasnya diukur dengan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 510—600 nm. Absorbansi yang ditunjukkan akan semakin besar apabila gula reduksi dalam bahan itu besar. Hal itu menunjukkan bahwa intensitas absorbansi secara tidak langsung menunjukkan kadar gula reduksi pada sampel.

Penentuan kadar gula reduksi dengan metode Nelson-Somogyi dibuat larutan glukosa standar dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 ml, larutan standar tersebut masing-masing ditambah reagensia Nelson-Somogyi yang berwarna biru. Penambahan reagensia Nelson ini bertujuan untuk mereduksi kuprioksida menjadi kuprooksida yang mana K-Na-tartrat yang terkandung dalam reagensia Nelson berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan kuprioksida. Selain 6 larutan standar tersebut, dibuat juga larutan blanko dari aquades yang digunakan sebagai pembanding. Dengan membandingkannya terhadap larutan standar, konsentrasi gula dalam sampel dapat ditentukan. Adapun prosedur kerja uji gula pereduksi dapat dilihat pada Gambar 14.

a. Pembuatan Kurva Standar



b. Penentuan Gula Pereduksi

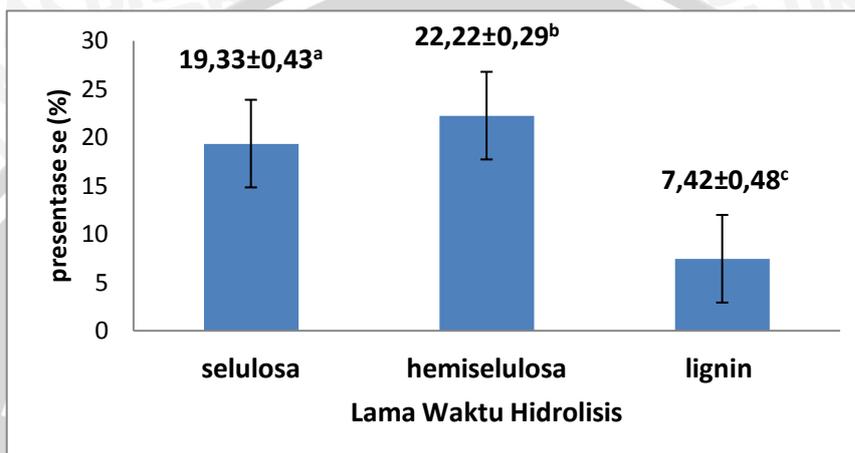


Gambar 14. Penelitian Tahap II (inti) Prosedur Uji Gula Pereduksi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Uji Lignoselulosa

Hasil presentase uji selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rumput laut *E. cottoni* segar sebelum dilakukan hidrolisis dengan H_2SO_4 dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa (*E. cottoni*) memiliki kadar selulosa lebih rendah daripada kadar hemiselulosa, kadar hemiselulosa lebih tinggi daripada kadar lignin. kadar selulosa ($19,33 \pm 0,43$), hemiselulosa ($22,22 \pm 0,29$), dan lignin ($7,42 \pm 0,48$), pada penelitian Rianti (2012), menyatakan bahwa kandungan lignoselulosa pada *Euचेuma cottoni* yaitu selulosa 17,47%, hemiselulosa 21,16% dan sebesar 8,23%.

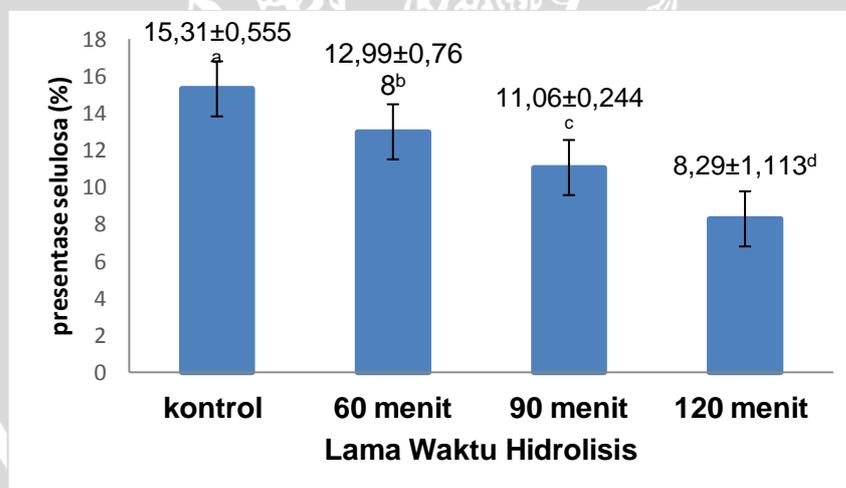
Hasil persen yang didapatkan termasuk berat kering, dimana berat kering merupakan berat bahan setelah dilakukan pengeringan dan memiliki nilai lebih dari 100%, sedangkan berat basah merupakan berat bahan mula-mula yang memiliki batas maksimum teoritis sebesar 100%.

Menurut Hidayat (2013), selulosa merupakan polimer glukosa yang membentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut.

Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Umumnya, selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin dan hemiselulosa membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Perbedaan selulosa dan hemiselulosa terletak pada susunan gula, dimana selulosa hanya tersusun atas glukosa sedangkan hemiselulosa tersusun atas bermacam-macam jenis gula. Glukosa, manosa, dan galaktosa (heksosan), serta xilosa dan arabinosa (pentosan) merupakan komponen gula utama pada hemiselulosa. Menurut Wiratmaja *et al.*, (2011), struktur kimia lignin mengalami perubahan di bawah kondisi suhu yang tinggi dan asam. Pada reaksi dengan temperatur tinggi mengakibatkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa.

4.2 Analisa Kadar Selulosa

Hasil presentase uji selulosa pada proses hidrolisis rumput laut dengan menggunakan lama waktu yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 16.



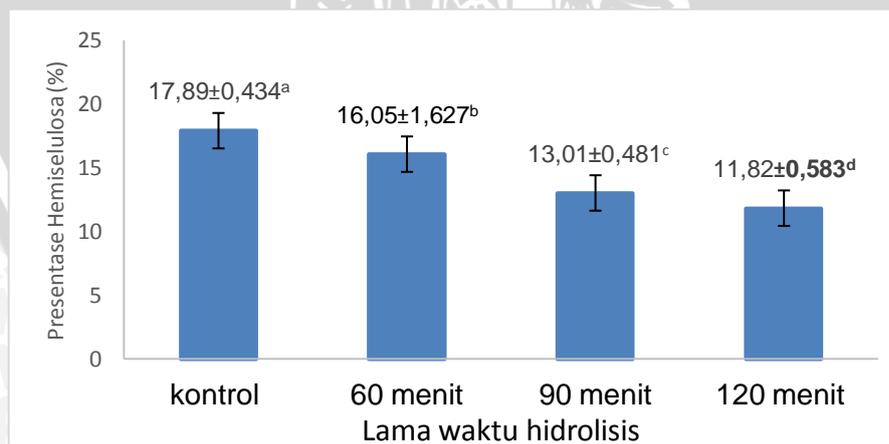
Gambar 16. Grafik Uji Selulosa

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa semakin lama waktu pemanasan kadar selulosa semakin menurun seiring dengan lamanya waktu hidrolisis dari kontrol (15,31 ± 0,55), 60 menit (12,99 ± 0,76), 90 menit (11,06 ± 0,24), dan 120 menit (8,29 ± 1,11) waktu terbaik pada menit ke 120 karena selulosa mengalami

degradasi. Indriyani *et al* (2013) menyatakan, lama waktu hidrolisis mempengaruhi proses degradasi selulosa menjadi glukosa dan juga mempengaruhi degradasi glukosa sebagai produk, waktu hidrolisis yang melebihi waktu optimum akan mendegradasi menjadi komponen yang lebih sederhana. Karbohidrat pada rumput laut terdiri dari polisakarida sulfat, serat kasar (hemiselulosa dan selulosa), dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Selain mengalami penyusutan lignin, bahan yang telah mengalami delignifikasi melalui perlakuan perendaman juga dapat mengalami penyusutan selulosa dan hemiselulosa karena lignin larut dalam basa pada saat masih berasosiasi dengannya dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa. Semakin lama waktu hidrolisis menunjukkan semakin kecil hasil selulosa yang dihasilkan, karena selulosa mengalami degradasi, semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan proses hidrolisis semakin sempurna.

4.3 Analisa Kadar Hemiselulosa

Hasil presentase uji hemisesulosa pada proses hidrolisis rumput laut dengan lama waktu hidrolisis yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Uji Hemiselulosa

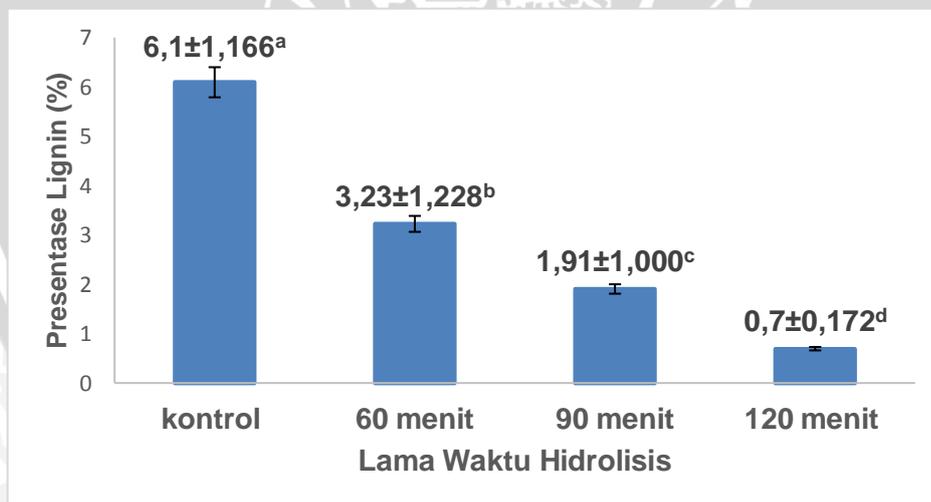
Grafik diatas menjelaskan bahwa semakin lama waktu hidrolisis kandungan hemiselulosa mengalami penurunan dari kontrol (17,89 ± 0,43), 60 menit (16,05

$\pm 1,62$), 90 menit ($13,01 \pm 0,48$), dan 120 menit ($11,82 \pm 0,58$) hasil hemiselulosa mengalami penurunan karena hemiselulosa mengalami degradasi jika terkena asam dengan waktu yang lama. Menurut Hidayat (2013), seiring meningkatnya konsentrasi basa pada perendaman, kandungan hemiselulosa menurun, sementara kandungan selulosa meningkat. Kandungan hemiselulosa meningkat sangat tinggi setelah perendaman. Hal ini menunjukkan adanya perubahan karakteristik pada polisakarida setelah perendaman.

Menurut Aisah (2009), hemiselulosa mudah dimasuki pelarut dan juga ikatannya lemah sehingga relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa.

4.4 Analisa Kadar Lignin

Hasil presentase uji lignin pada hidrolisis rumput laut *Euचेuma cotton* dengan lama waktu hidrolisis yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Uji Lignin

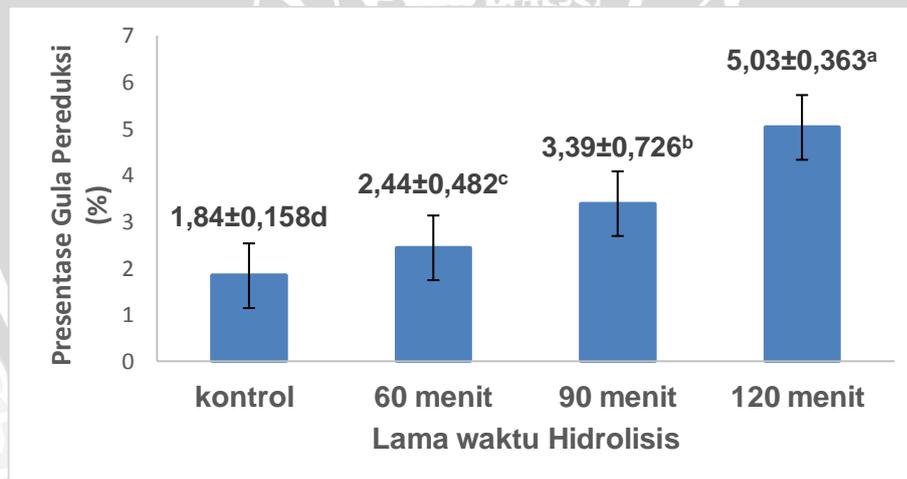
Dari grafik diatas menjelaskan bahwa semakin lama waktu hidrolisis maka semakin kecil kandungan lignin yang dihasilkan dari kontrol ($6,1 \pm 1,16$), 60 menit ($3,23 \pm 1,22$), 90 menit ($1,91 \pm 1,00$), dan 120 menit ($0,7 \pm 0,17$) karena lignin mengalami degradasi. Menurut Wiratmaja *et al.*, (2011), struktur kimia lignin

mengalami perubahan di bawah kondisi suhu yang tinggi dan asam. Pada reaksi dengan temperatur tinggi mengakibatkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata pada hidrolisis rumput laut merah dengan lama waktu yang berbeda. Semakin lama waktu hidrolisis kandungan lignin semakin kecil. Kandungan lignin merupakan salah satu penghambat utama biokonversi lignoselulosa menjadi etanol. Lignin melindungi selulosa, sehingga selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Proses pretreatment saat ini banyak dilakukan untuk memecah pelindung ini sehingga selulosa menjadi mudah dihidrolisis tanpa banyak kehilangan polysakaridanya (Wiratmaja *et al.*, 2011).

4.5 Analisa Gula Pereduksi

Hasil presentase uji gula pereduksi pada hidrolisis rumput laut *E cottoni* dengan lama waktu hidrolisis yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Uji Gula Pereduksi

Grafik diatas menjelaskan bahwa Semakin lama waktu hidrolisis kandungan gula pereduksi semakin tinggi diperoleh dari kontrol (1,84±0,15), waktu 60 menit (2,44±0,48), waktu 90 menit (3,39±0,72) dan waktu 120 menit

(5,03±0,36). Secara umum kandungan gula pereduksi meningkat dalam waktu hidrolisis yang optimum.

semakin lama waktu hidrolisis maka semakin tinggi gula pereduksi yang dihasilkan, karena waktu yang optimum dapat mendegradasi lignoselulosa sehingga menjadi komponen yang sederhana menjadi glukosa, hal ini sesuai dengan pernyataan kadar glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis dipengaruhi oleh konsentrasi asam dan lama waktu hidrolisis. Menurut Hidayat (2013), kandungan gula pereduksi setelah hidrolisis pada sampel perendaman air lebih tinggi dari kandungan gula pereduksi pada sampel dengan perlakuan lainnya. Sampel perendaman dengan air maupun basa menunjukkan peningkatan kandungan gula pereduksi jika dibandingkan dengan sampel yang tidak mengalami perendaman. Hidrolisis asam juga dapat menghasilkan gula non reduksi, yaitu gula yang gugus karbonilnya berikatan dengan monosakarida lain sehingga tidak bebas lagi.

4.6 Analisa Persen (%) Penurunan Selulosa dan Hemiselulosa terhadap Kenaikan Persen (%) Gula Pereduksi

Tabel 7. Penurunan persen selulosa

Selulosa	Nilai awal (%)	Nilai akhir (%)	Hasil (%)	% Penurunan
Kontrol ke 60 menit	15,31	12,99	2,32	15,15
60 menit ke 90 menit	12,99	11,06	1,93	14,85
90 menit ke 120 menit	11,06	8,29	2,77	25

$$\begin{aligned} \text{Rumus penurunan selulosa} &= \text{nilai awal (a)} - \text{nilai akhir (b)} \\ &= \text{hasil (c)} \\ &= \frac{\text{hasil (c)}}{\text{nilai awal (a)}} \times 100\% \end{aligned}$$

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa penurunan persen selulosa kontrol ke 60 menit mengalami penurunan 15,15%. Pada menit 60 ke 90 mengalami penurunan 14,85% dan pada menit 90 ke 120 mengalami penurunan 25%.

Tabel 8. Penurunan persen hemiselulosa

Hemiselulosa	Nilai awal (%)	Nilai akhir (%)	Hasil (%)	% Penurunan
Kontrol ke 60 menit	17,89	16,05	1,84	10,28
60 menit ke 90 menit	16,05	13,01	3,04	18,94
90 menit ke 120 menit	13,01	11,82	1,19	9,14

$$\begin{aligned} \text{Rumus penurunan hemiselulosa} &= \text{nilai awal (a)} - \text{nilai akhir (b)} \\ &= \text{hasil (c)} \\ &= \frac{\text{hasil (c)}}{\text{nilai awal (a)}} \times 100\% \end{aligned}$$

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa penurunan persen hemiselulosa kontrol ke 60 menit mengalami penurunan 10,28%. Pada menit 60 ke 90 mengalami penurunan 18,94% dan pada menit 90 ke 120 mengalami penurunan 9,14%.

Tabel 8. Kenaikan persen gula pereduksi

Gula pereduksi	Nilai awal (%)	Nilai akhir (%)	Hasil (%)	% Kenaikan
Kontrol ke 60 menit	15,31	12,99	2,32	32,6
60 menit ke 90 menit	12,99	11,06	1,93	28,02
90 menit ke 120 menit	11,06	8,29	2,77	32,6

$$\begin{aligned} \text{Rumus kenaikan gula pereduksi} &= \text{nilai akhir (b)} - \text{nilai awal (a)} \\ &= \text{hasil (c)} \\ &= \frac{\text{hasil (c)}}{\text{nilai awal(a)}} \times 100\% \end{aligned}$$

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa kenaikan persen gula pereduksi kontrol ke 60 menit mengalami kenaikan 32,6%. Pada menit 60 ke 90 mengalami kenaikan 28,02% dan pada menit 90 ke 120 mengalami kenaikan 32,6%. Dari hasil penurunan selulosa dan hemiselulosa tidak sebanding terhadap kenaikan gula pereduksi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian analisis pengaruh lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 terhadap kandungan lignoselulosa dan gula pereduksi pada alga merah (*Eucheuma cottoni*) sebagai bahan bioetanol adalah:

- Kandungan lignoselulosa pada alga merah *E. cottoni* segar adalah selulosa ($19,33 \pm 0,43$); hemiselulosa ($22,22 \pm 0,29$) dan lignin ($7,42 \pm 0,48$).
- Lama waktu hidrolisis kontrol, 60 menit, 90 menit dan 120 menit yang optimum untuk menghidrolisis lignoselulosa dengan suhu $100^\circ C$ adalah waktu 120 menit dengan hasil presentase selulosa ($8,29 \pm 1,11$); hemiselulosa ($12,25 \pm 1,04$) dan lignin ($0,7 \pm 0,17$).
- Lama waktu hidrolisis kontrol, 60 menit, 90 menit dan 120 menit yang optimum untuk menghidrolisis lignoselulosa dengan suhu $100^\circ C$ menjadi gula pereduksi adalah waktu hidrolisis 120 menit dengan hasil presentase gula pereduksi tertinggi ($5,03 \pm 0,363$).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian analisis pengaruh lama waktu hidrolisis dengan H_2SO_4 terhadap kandungan lignoselulosa dan gula pereduksi pada alga merah (*Eucheuma cottoni*) disarankan agar lebih meningkatkan konsentrasi H_2SO_4 agar didapatkan gula pereduksi yang tinggi dan dapat dilanjutkan proses fermentasi sehingga didapatkan etanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirin, T. M. (2009). *Penelitian eksploratori (eksploratif)*. Yogyakarta: Ekonisia Fakultas Ekonomi UII.
- Anindyawati, T. 2009. Prospen Enzim dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol. Pusat Penelitian-LIPI, Cibinong 16911.
- Ariestaningtyas, Y. 1991. Pemanfaatan Tongkol Jagung Untuk Produksi Enzim Selulose Oleh *Trichoderma viride*. Skripsi. Departemen Teknologi Pertanian. Fateta IPB. Bogor.
- Aryanti E. 2013. *Pretreatment Basa Makroalga Gelidium Latifolium untuk Produksi Bioetanol*. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. (Skripsi).
- Chusairi, Ahmad. 2002. *Perkembangan Masa Hidup*. John W Santrock. *Alifespand Development*. Edisi ke Lima Jilid II. Jakarta : Erlangga.
- Datta, R. 1981. *Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-acid Yield and Conversion of Components*. *Biotechnology and Bioengineering* 23 (9) : 2167-2170.
- Fauzan, A. 2001. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Proses terhadap Derajat Deasetilasi Chitosan. Skripsi. Fakultas perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Guenther, E. Terjemahan oleh S. Ketaren. 1987. Minyak Atsiri I. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Gumilar, J., S. P. Wedri dan W. Eka. 2010. Pengaruh Penggunaan Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Formiat ($HCOOH$) pada Proses Pikel terhadap Kualitas Kulit Jadi (Leather) Domba Garut. *Jurnal Ilmu Ternak*, Juni 2010, Vol. 10 No. 1, 1-6.
- Hidayat, A. 2013. Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Kualitas Rumput Laut Kering Asin Jenis *Eucaema cottonii* dan *Gracillaria sp.* Selama Penyimpanan. Departemen Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Hikmiyati N dan Yanie N.S. (2008). *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong melalui Proses Hidrolisa Asam*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Mussatto, S.I. and Roberto, I.C., (2004). *Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosichydrolyzates for use in fermentative process: a review*. *Bioresource Technology*, 93, pp. 1-10.
- Octavia, S., T. H. Soerawidjaja., R. Purwadi., I. D. G. A. Putrawan. 2011. Pengolahan Awal Lignoselulosa Menggunakan Amoniak Untuk Meningkatkan Perolehan Gula Fermentasi. ISSN 1693 - 4393
- Prasetyowati, C. Jasmine A., dan D. Agustawan. 2008. Pembuatan Tepung Karaginan dari Rumput Laut (*Eucaema cottonii*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan. *Jurnal Teknik Kimia*. 15(2): 27-33.

Putra, I. N. W., I. G. B. W, Kusuma dan I, Nyoman S. W. 2011. Proses Treatment dengan Menggunakan NaOCl dan H₂SO₄ untuk Mempercepat Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Rumput Laut *Euchemum cottonii*. Program Magister Teknik Mesin Program Pasca Sarjana Universitas Udayana. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol.5 No. 1. April 2011 (64-68).

Rohman, S. 2013. Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Kandungan Protein dan Abu pada Karagenan Rumput Laut (*Euchemum cottonii*) Pasca Panen. IKIP PGRI Semarang. Semarang. 103 hlm.

Saputra, D. R., A. Ridlo dan I. Widowati. 2012. Kajian Rumput Laut *Sargassum duplicatum* J. G. Agardh Sebagai Penghasil Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Journal Of Marine Research*. Volume 1, Nomor 2, tahun 2012, halaman 145-151.

Sudarmadji S., Haryono., dan Suhardi. 1998. *Prosedur Analisa untuk Bahan Pangan*. Penerbit Liberty: Yogyakarta.

Sun, Y. E dan J, Cheng. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic materials for ethanol production. A review, *Bioresource technology*, Vol. 83, No, 1, pp. 1-11, 2002.

Suparman. 2013. Cara mudah Budidaya Rumput Laut Menyejahterakan dan Menguntungkan. Pustaka Baru Press. Yogyakarta. 225 hlm.

Tim Teknik Kimia. 2006. Petunjuk praktikum Proses II, UNS Press, Surakarta.

Umi. 2009. *Konservasi Bioetanol sebagai Energi Pengganti Minyak Bumi*. Waste Article 2009

Vogel, A. I. 1987. *Textbook of Practical Organic Chemistry*, Revised by Furnies, B. S. Fourth Edition. New York. pp?

Wibowo, L. Dan E. Fitriyani. 2012. Pengolahan Rumput Laut (*Euchemum cottonii*) Menjadi Serbuk Minuman Instan. *Vokasi*. 8(2): 101-109.

Wiratmaja, I. G, I. G. B. W, Kusuma dan I. N. S, Winay. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput laut *Euchemum cottonii* Sebagai Bahan. *Jurnal ilmiah Teknik Mesin* Vol. 5 No. 1. April 2011 (75-84)

Yasita, D dan I. D, Rachmawati. 2013. Optimasi Proses Ekstraksi pada Pembuatan Karagenan dari Rumput Laut *Euchemum cottonii* untuk Mencapai Food Grade. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro Semarang.

Zipcodezoo, 2015. Klasifikasi dan Taxonomy *Euchemum cottonii*. http://www.zipcodezoo.com/Plants/Euchemum_cottonii. Diakses tanggal 13 April 2015.

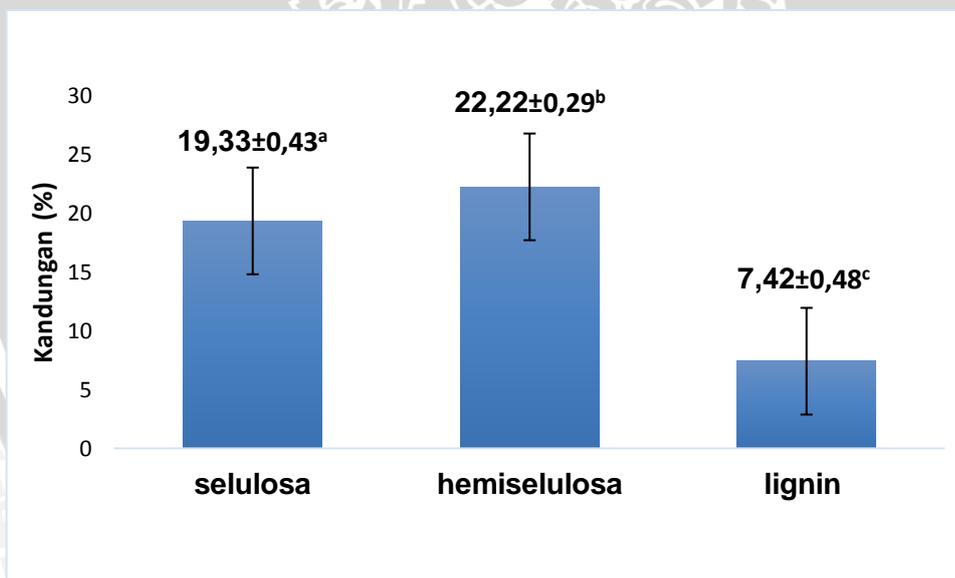
LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Penelitian Tahap I Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar

Lignoselulosa	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
Selulosa	19,76	19,34	18,89	57,99	19,33	0,43
Hemiselulosa	22,32	22,45	21,89	66,66	22,22	0,29
Lignin	6,87	7,76	7,65	22,28	7,42	0,48
Total	48,95	49,55	48,43	146,93		

Komposisi Kimia	Rerata presentase ± SD (%)
Selulosa	19,33± 0,43
Hemiselulosa	22,22± 0,29
Lignin	7,42± 0,48

Grafik Uji Lignoselulosa Rumput Laut Segar



Lampiran 2. Data Hasil Penelitian Tahap I Proses Delignifikasi Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottoni*)

Konsentrasi NaOH	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
5%	10,45	13,87	5,34
	11,43	12,65	5,89
	12,44	12,54	4,76
10%	13,23	15,54	4,66
	13,67	15,89	3,48
	13,65	18,89	3,89
15%	15,45	17,53	2,55
	16,56	18,89	1,34
	15,76	19,76	1,87

1. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Selulosa rumput laut *Eucheuma cottoni* Pada Proses Delignifikasi.

Konsentrasi NaOH	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
5%	10,45	11,43	12,44	34,32	11,44	0,99
10%	13,23	13,67	13,65	40,55	13,51	0,24
15%	15,45	16,56	15,76	47,77	15,92	0,57
Total	39,13	41,66	41,85	122,64		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	25,75327	12,87663	34,50125	5,14	10,92
Galat	6	2,239333	0,373222			
Total	8					

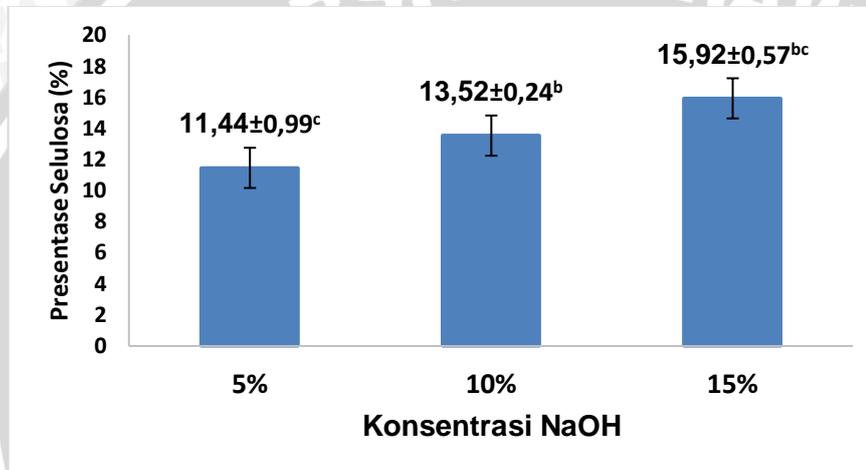
Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar presentase selulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)
 BNT 1 % = 2,263
 Data notasi hasil perhitungan

Perlakuan	Rataan	Notasi
5%	11,44	c
10%	13,51	b
15%	15,92	bc

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar presentase selulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Grafik Uji Selulosa



2. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Hemiselulosa Rumpuk Laut *Eucheuma cottoni* Pada Proses delignifikasi.

Konsentrasi NaOH	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
5%	13,87	12,65	12,54	39,06	13,02	0,73
10%	15,54	15,89	16,67	48,1	16,03	0,57
15%	17,53	18,89	19,76	56,18	18,72	1,12
Total	29,41	28,54	29,21	143,34		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	48,90027	24,45013	34,231632	5,14	10,92
Galat	6	4,285533	0,714256			
Total	8					

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar presentase hemiselulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

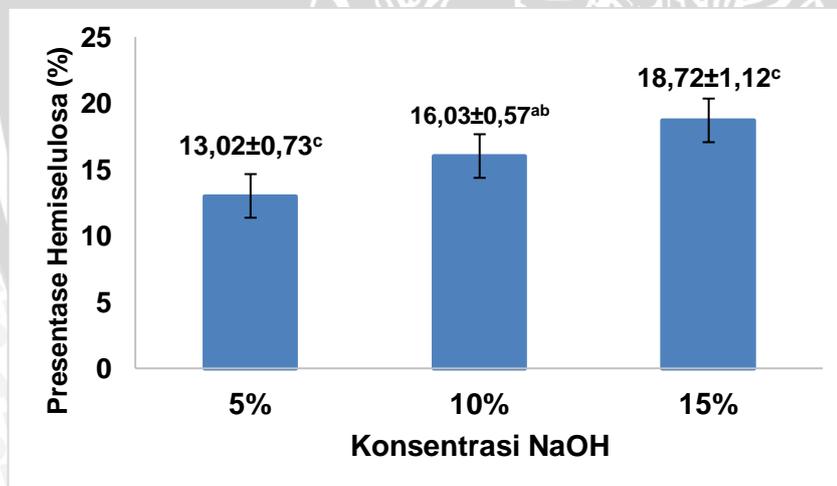
BNJ 1 % = 3,132

Data notasi hasil perhitungan

Perlakuan	Rataan	Notasi
5%	13,02	c
10%	16,03	ab
15%	18,72	c

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase hemiselulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Grafik Uji Hemiselulosa



3. **Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Lignin Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Pada Proses Delignifikasi.**

Konsentrasi NaOH	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
5%	5,34	5,86	4,76	15,96	5,32	0,55
10%	4,66	3,48	3,89	12,03	4,01	0,59
15%	2,55	1,34	1,87	5,76	1,92	0,60
Total	12,55	10,68	10,52	33,75		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	17,6442	8,8221	25,70542	5,14	10,92
Galat	6	2,0592	0,3432			
Total	8					

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar presentase lignin yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

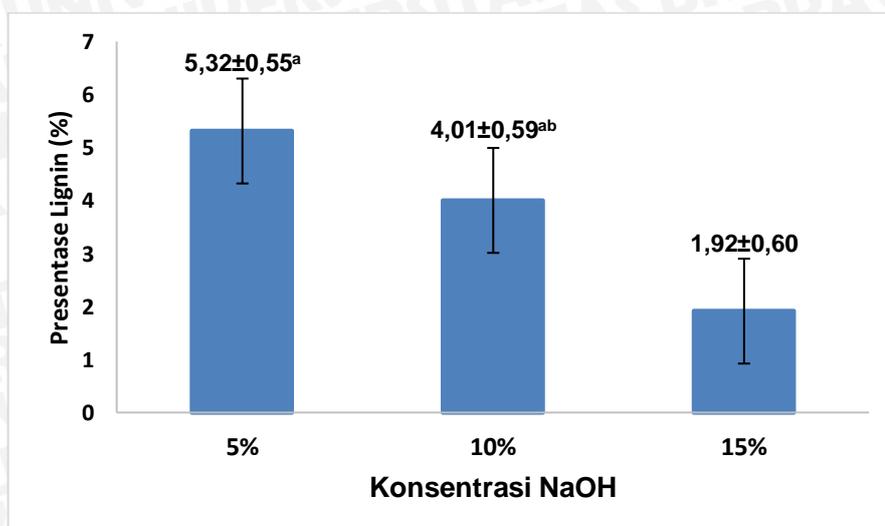
BNT 1 % = 2,171

Data notasi hasil perhitungan

Perlakuan	Rataan	Notasi
5%	5,32	a
10%	4,01	ab
15%	1,92	

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase lignin yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NaOH yang berbeda.

Grafik Uji Lignin



Lampiran 3. Data Perlakuan Terbaik Setelah Proses Delignifikasi

Perlakuan	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Tanpa dikeringkan	13,56	10,34	6,43
	12,84	9,45	5,99
	10,55	9,76	5,67
Dengan sinar matahari \pm 3 hari	15,54	7,89	2,71
	14,34	8,56	1,39
	14,95	7,89	1,52

1. Analisa Uji T Persen Kadar Selulosa Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Setelah Proses Delignifikasi.

ulangan	tanpa	dikeringkan	d	kuadrat
1	13,56	15,54	-1,98	3,9204
2	12,84	14,34	-1,5	2,25
3	10,55	14,95	-4,4	19,36
	36,95	44,83	-7,88	
	12,31667	14,94333333	2,62667	

rata2	19,78833
SD	4,255067
SD2	1,418356
Thitung	-0,6173
T0,05	12,7

2. Analisa Uji T Persen Kadar Hemiselulosa Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Setelah Proses

Delignifikasi.

ulangan	Tanpa	dikeringkan	d	kuadrat
1	10,34	7,89	2,45	6,0025
2	9,45	8,56	0,89	0,7921
3	9,76	7,89	1,87	3,4969
	29,55	24,34	5,21	
	9,85	8,114	1,73	

rata2	13,90667
SD	1,71525
SD2	0,57175
Thitung	1,01248
T0,05	12,7

3. Analisa Uji T Persen Kadar Lignin Rumput Laut *Eucheuma cottoni* Setelah Proses Delignifikasi.

ulangan	tanpa	dikeringkan	d	kuadrat
1	6,43	2,71	3,72	13,8384
2	5,99	1,39	4,6	21,16
3	5,67	1,52	4,15	17,2225
	18,09	5,62	12,47	
	6,03	1,87	4,16	

rata2	6,966667
SD	8,703483
SD2	2,901161
Thitung	0,477587
T0,05	12,7



Lampiran 4. Hasil Data Penelitian Tahap I Hidrolisis Terbaik dengan Konsentrasi H₂SO₄ yang Berbeda

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
1%	12,65	16,87	5,87
	12,78	16,65	4,65
	12,23	15,45	4,97
1,5%	10,43	14,54	3,67
	10,76	14,25	2,54
	9,67	15,34	2,65
2%	8,64	12,34	1,38
	8,98	13,26	0,55
	7,65	12,36	0,67

1. Analisa Keragaman (ANOVA) persen kadar selulosa rumput laut *Euचेuma cottoni* pada hidrolisis dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
1%	12,65	12,78	12,23	37,66	12,55	0,28
1,5%	10,43	10,76	9,76	30,86	10,28	0,55
2%	8,64	8,98	7,65	25,27	8,42	0,69
Total	31,72	32,52	29,55	93,79		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	27,69962	13,84981	41,98609	5,14	10,92
Galat	6	1,9792	0,329867			
Total	8					

Kesimpulan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga konsentrasi H₂SO₄ sangat berpengaruh nyata terhadap presentase selulosa yang dihasilkan.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

BNT 1% = 1,998

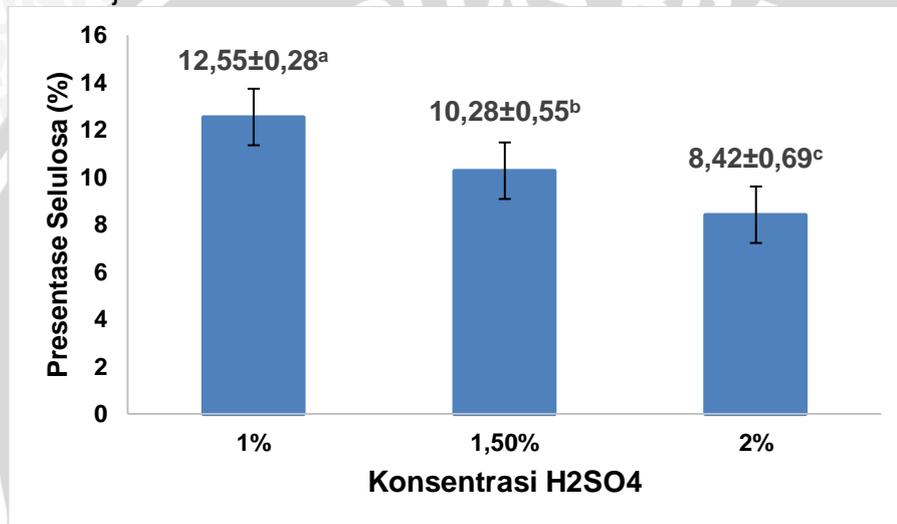
Data notasi hasil perhitungan

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Rataan	Notasi
1%	12,55	a
1,5%	10,28	c
2%	8,24	b

Kesimpulan:
notasi

berbeda menunjukkan kadar persentase selulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda.

Grafik Uji Selulosa



2. Analisa Keragaman (ANOVA) persen kadar hemiselulosa rumput laut *Eucheuma cottoni* proses hidrolisis dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
1%	16,87	16,65	15,45	48,97	16,32	0,76
1,5%	14,54	14,25	15,34	44,13	14,71	0,56
2%	12,34	13,26	12,36	37,96	12,65	0,52
Total	43,75	44,16	43,15	131,06		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	20,30162	10,15081	25,82976618	5,14	10,92
Galat	6	2,357933	0,392989			
Total	8					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga konsentrasi H_2SO_4 sangat berpengaruh nyata terhadap presentase hemiselulosa yang dihasilkan.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

BNT 1% = 2,322

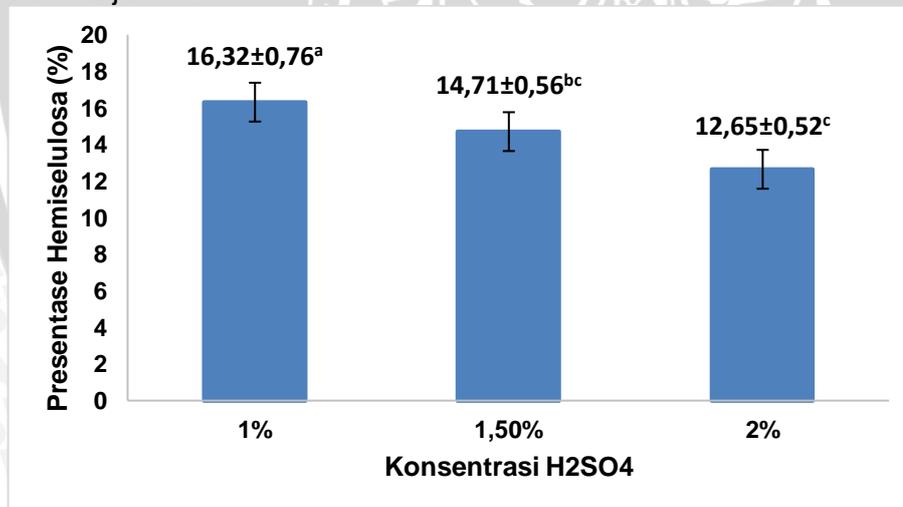
Data notasi hasil perhitungan

Konsentrasi H_2SO_4	Rataan	Notasi
1%	16,32	a
1,5%	14,71	bc
2%	12,65	c

Kesimpulan:
n: notasi

berbeda menunjukkan kadar persetase hemiselulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi H_2SO_4 yang berbeda.

Grafik Uji Hemiselulosa



3. Analisa Keragaman (ANOVA) persen kadar lignin rumput laut *Eucheuma cottoni* pada proses hidrolisis dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda.

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
1%	5,87	4,65	4,97	15,49	5,16	0,63
1,5%	3,67	2,54	2,65	8,86	2,95	0,62
2%	1,38	0,55	0,67	2,6	0,86	0,44
Total	10,92	7,74	8,29	26,95		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	27,69962	13,84981	41,98609	5,14	10,92
Galat	6	1,9792	0,329867			
Total	8					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga konsentrasi H₂SO₄ sangat berpengaruh nyata terhadap presentase hemiselulosa yang dihasilkan.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

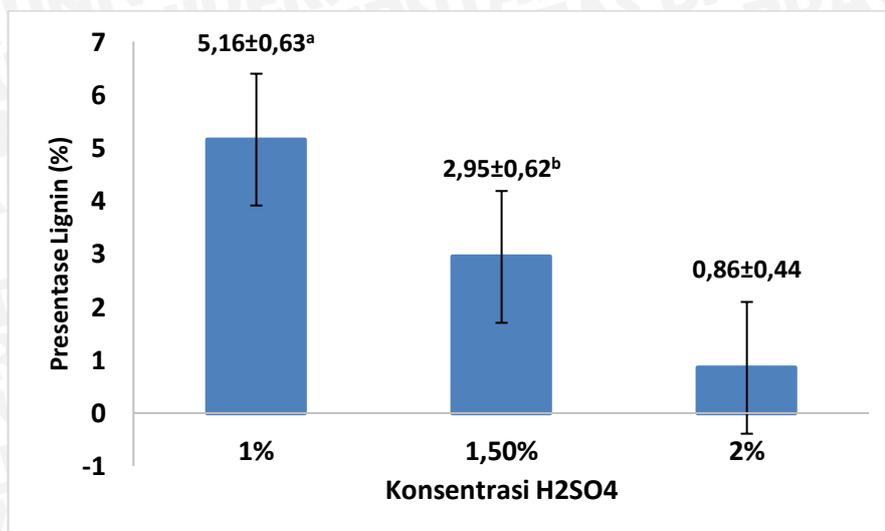
BNT 1% = 2,128

Data notasi hasil perhitungan

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Rataan	Notasi
1%	5,16	a
1,5%	2,95	b
2%	0,86	

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase hemiselulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda.

Grafik Uji Lignin



Lampiran 5. Data Hasil Penelitian Tahap I Lama Waktu Terbaik pada Proses Hidrolisis

Suhu Hidrolisis	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Suhu 100°C selama 30 menit	12,27	16,68	6,68
	12,34	15,59	6,33
	12,78	13,45	6,21
Suhu 100°C selama 60 menit	9,56	12,43	4,78
	10,87	11,34	4,56
	10,34	10,65	5,78

1. Analisa Uji T Persen Kadar Selulosa Rumput Laut *Eucheuma cottonideng* dengan Perbedaan Suhu dan Lama Waktu Hidrolisis.

ulangan	30 menit	60 menit	d	kuadrat
1	12,27	9,56	2,71	7,3441
2	12,34	10,87	1,47	2,1609
3	12,78	10,34	2,44	5,9536
	37,39	30,77	6,62	
	12,46333	10,25667	2,206667	

rata2	17,59167
SD	2,576433
SD2	0,858811
Thitung	0,856481
T 0,05	12,7

2. Analisa Uji T Persen Kadar Hemiselulosa Rumput Laut *Eucheuma cottoni* dengan Perbedaan Suhu dan Lama Waktu Hidrolisis.

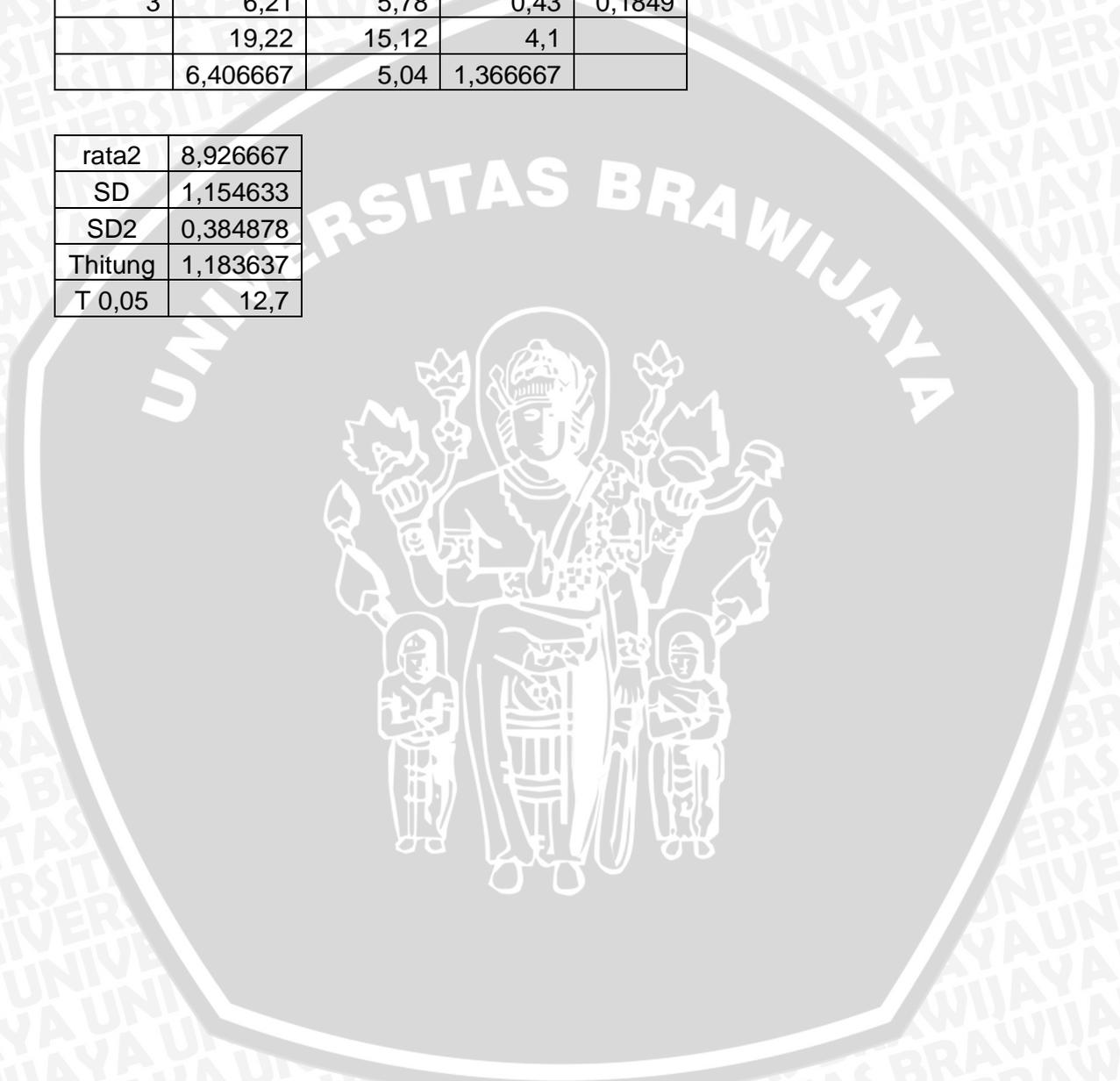
ulangan	30 menit	60 menit	d	kuadrat
1	15,68	12,43	3,25	10,5625
2	15,59	11,34	4,25	18,0625
3	13,45	10,65	2,8	7,84
	44,72	34,42	10,3	
	14,90667	11,47333	3,433333	

rata2	20,64333
SD	6,0775
SD2	2,025833
Thitung	0,564925
T0,05	12,7

3. Analisa Uji T Persen Kadar Lignin Rumput Laut *Eucheuma cottoni* dengan Perbedaan Suhu dan Lama Waktu Hidrolisis.

ulangan	30 menit	60 menit	d	kuadrat
1	6,68	4,78	1,9	3,61
2	6,33	4,56	1,77	3,1329
3	6,21	5,78	0,43	0,1849
	19,22	15,12	4,1	
	6,406667	5,04	1,366667	

rata2	8,926667
SD	1,154633
SD2	0,384878
Thitung	1,183637
T 0,05	12,7



Lampiran 6. Data Hasil Penelitian Tahap II (Inti) Lama Waktu Hidrolisis Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottoni*) terhadap Kandungan Lignoselulosa

Lama Waktu Hidrolisis	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Gula Pereduksi
Kontrol	15,28	18,38	6,89	1,98
	14,77	17,77	4,76	1,67
	15,88	17,54	6,65	1,88
60 menit	13,87	16,28	4,65	2,78
	12,65	14,32	2,47	2,66
	12,45	17,55	2,58	1,89
90 menit	11,34	13,56	2,43	3,87
	10,87	12,65	0,76	3,76
	10,99	12,83	2,55	2,56
120 menit	9,56	12,47	0,89	4,78
	7,87	11,65	0,55	5,45
	7,46	11,34	0,67	4,87

1. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Selulosa Rumput Laut *Eucheuma cottoni* dengan Lama Waktu Hidrolisis.

Lama Waktu Hidrolisis	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
Kontrol	15,28	14,77	15,88	45,93	15,31	0,55
60 menit	13,87	12,65	12,45	38,97	12,99	0,76
90 menit	11,34	10,87	10,99	33,2	11,06	0,24
120 menit	9,56	7,87	7,46	24,89	8,29	1,11
Total	50,05	46,16	46,78	142,99		

Tabel ANOVA		JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
SK	db					
Perlakuan	3	79,48096	26,49365	48,21045	4,07	7,59
Galat	8	4,396333	0,549542			
Total	11					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga lama waktu sangat berpengaruh nyata terhadap presentase selulosa yang dihasilkan.

Tabel Uji BNJ (beda nyata jujur)

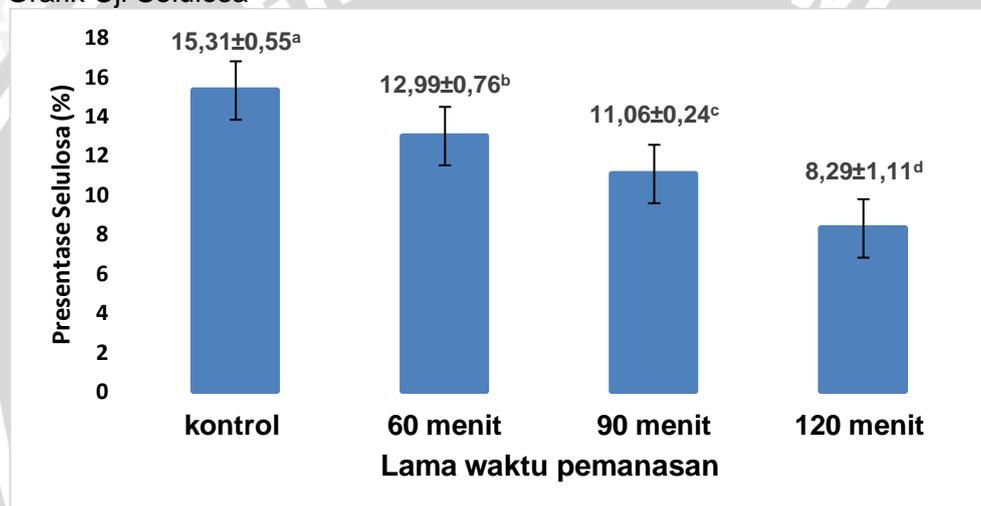
BNT 1% = 0,796

Data notasi hasil perhitungan

Lama Waktu Hidrolisis	Rataan	Notasi
Kontrol	15,31	a
60 menit	12,99	b
90 menit	11,06	c
120 menit	8,29	d

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase selulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan lama waktu hidrolisis yang berbeda.

Grafik Uji Selulosa



2. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Hemiselulosa Rumput Laut *Eucheuma cottonid* dengan Lama Waktu Hidrolisis.

Lama Waktu Hidrolisis	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
Kontrol	18,38	17,77	17,54	53,69	17,89	0,43
60 menit	16,28	14,32	17,55	48,15	16,05	1,62
90 menit	13,56	12,65	12,83	39,04	13,01	0,48
120 menit	12,47	11,65	11,34	35,46	11,82	0,58
Total	60,69	56,39	59,26	176,34		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	69,54097	23,18032	27,19524722	4,07	7,59
Galat	8	6,818933	0,852367			
Total	11					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga lama waktu sangat berpengaruh nyata terhadap presentase hemiselulosa yang dihasilkan.

Tabel Uji BNJ (beda nyata jujur)

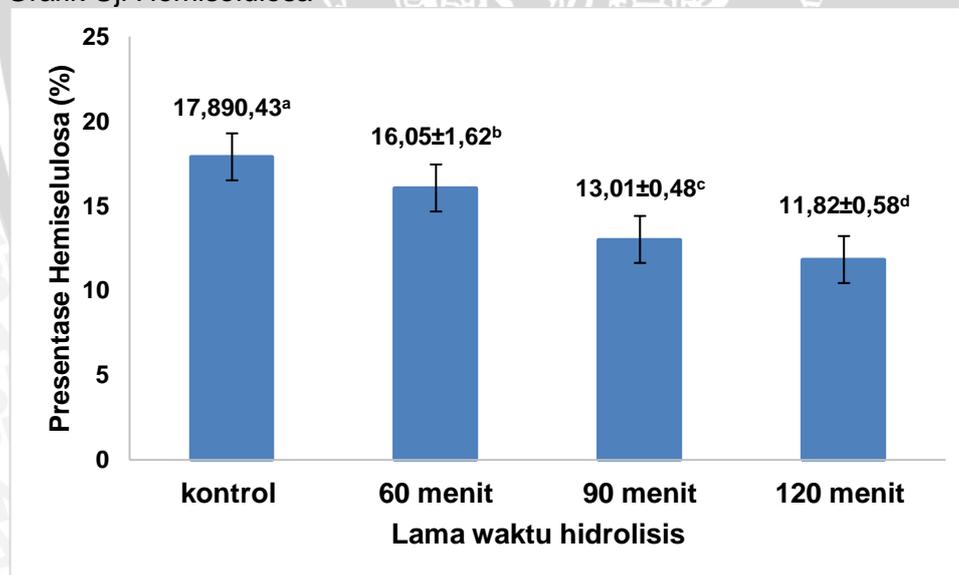
BNT 1% = 0,991

Data notasi hasil perhitungan

Lama Waktu Hidrolisis	Rataan	Notasi
Kontrol	17,89	a
60 menit	16,05	b
90 menit	13,01	c
120 menit	11,82	d

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase hemiselulosa yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan lama waktu hidrolisis yang berbeda.

Grafik Uji Hemiselulosa



3. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Kadar Lignin Rumput Laut *Eucheuma cottonid* dengan Lama Waktu Hidrolisis.

Lama Waktu Hidrolisis	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
Kontrol	6,89	4,76	6,65	18,3	6,1	1,16
60 menit	4,65	2,47	2,58	9,7	3,23	1,22
90 menit	2,43	0,76	2,55	5,74	1,91	1,00
120 menit	0,89	0,55	0,67	2,11	0,70	0,17
Total	14,86	8,54	12,45	35,85		

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	155,4599	51,81997	53,1445957	4,07	7,59
Galat	8	7,8006	0,975075			
Total	11					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga lama waktu sangat berpengaruh nyata terhadap presentase lignin yang dihasilkan.

Tabel Uji BNJ (beda nyata jujur)

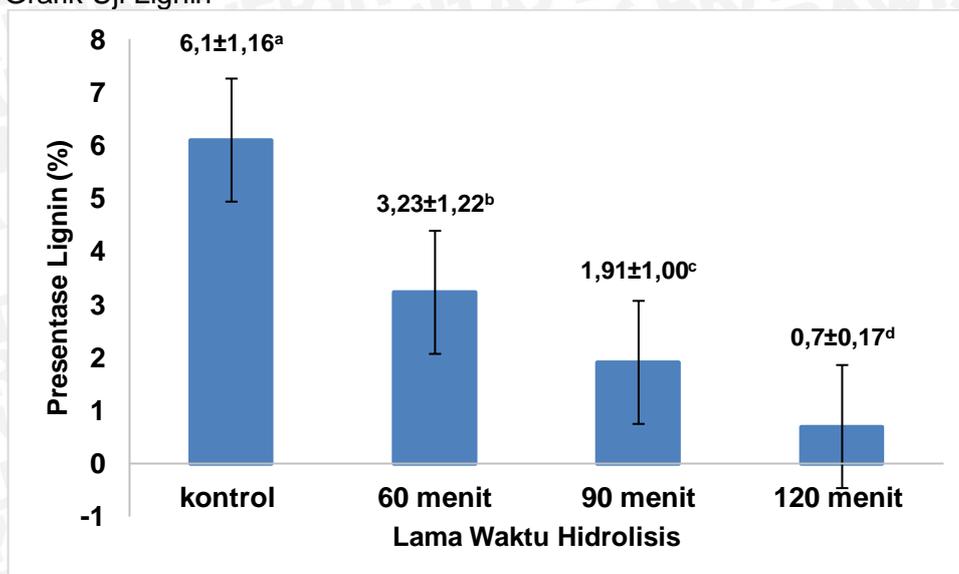
BNT 1% = 1,060

Data notasi hasil perhitungan

Lama Waktu Hidrolisis	Rataan	Notasi
Kontrol	6,1	a
60 menit	3,23	b
90 menit	1,91	c
120 menit	0,7	d

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan kadar persentase lignin yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan lama waktu hidrolisis yang berbeda.

Grafik Uji Lignin



4. Analisa Keragaman (ANOVA) Persen Gula Pereduksi Rumput Laut *Euचेuma cottoni* dengan Lama Waktu Hidrolisis.

Lama Waktu Hidrolisis	Ulangan			Total	Rata-rata	SD
	1	2	3			
Kontrol	1,98	1,67	1,88	5,53	1,84	0,15
60 menit	2,78	2,66	1,89	7,33	2,44	0,48
90 menit	3,87	3,76	2,56	10,19	3,39	0,72
120 menit	4,78	5,45	4,87	15,1	5,03	0,36
Total	13,41	13,54	11,2	38,15		

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	17,43343	5,8111417	25,30617651	4,07	7,59
Galat	8	1,837067	0,2296333			
Total	11					

Keterangan: terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga lama waktu sangat berpengaruh nyata terhadap presentase lignin yang dihasilkan.

Tabel BNJ (Beda Nyata Jujur)

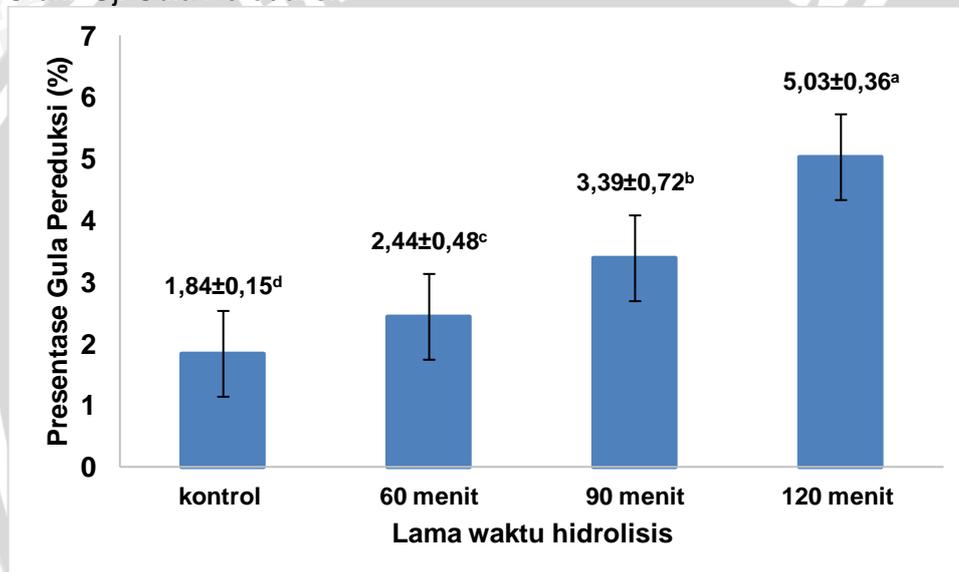
BNT 1% = 0,514

Data notasi hasil perhitungan

Lama Waktu Hidrolisis	Rataan	Notasi
Kontrol	1,84	d
60 menit	2,44	c
90 menit	3,39	b
120 menit	5,03	a

Kesimpulan: notasi berbeda menunjukkan persen gula pereduksi yang dihasilkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap perlakuan lama waktu hidrolisis yang berbeda.

Grafik Uji Gula Pereduksi



Lampiran 7. Perhitungan Larutan

- Pembuatan Larutan NaOH 5%, 10% dan 15% dari NaOH padat dengan konsentrasi 95%.

a. Larutan NaOH 5% sebanyak 1000 ml

Diketahui : konsentrasi awal NaOH = 95%

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir NaOH = 5%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

NaOH sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 5\%$$

$$V = \frac{5000}{95}$$

$$= 52,63 \text{ g NaOH padat}$$

b. Larutan NaOH 10% sebanyak 1000ml

Diketahui : konsentrasi awal NaOH = 95%

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir NaOH = 10%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

NaOH sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 10\%$$

$$V = \frac{10000}{95}$$

$$= 10,53 \text{ g NaOH padat}$$

c. Larutan NaOH 15% sebanyak 1000ml

Diketahui : konsentrasi awal NaOH= 95%

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir NaOH= 15%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

NaOH sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 15\%$$

$$V = \frac{15000}{95}$$

$$= 157,89 \text{ g NaOH padat}$$

➤ Pembuatan larutan H_2SO_4 1%, 1,5%, 2%, 72%, dan 1 N dari larutan H_2SO_4 95%.

a. Pembuatan larutan H_2SO_4 1% sebanyak 1000 ml

Diketahui : konsentrasi awal H_2SO_4 = 95 %

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir H_2SO_4 = 1%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

H_2SO_4 sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 1\%$$

$$V = \frac{1000}{95}$$

$$= 10,53 \text{ ml larutan H}_2\text{SO}_4$$

Aquades yang dibutuhkan adalah $1000 \text{ ml} - 10,53 \text{ ml} = 989,47 \text{ ml}$

b. H₂SO₄ 1,5%

Pembuatan larutan H₂SO₄ 1,5% sebanyak 1000 ml

Diketahui : konsentrasi awal H₂SO₄ = 95 %

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir H₂SO₄ = 1,5%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

H₂SO₄ sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 1,5\%$$

$$V = \frac{1500}{95}$$

$$= 15,78 \text{ ml larutan H}_2\text{SO}_4$$

Aquades yang dibutuhkan adalah $1000 \text{ ml} - 15,78 \text{ ml} = 984,22 \text{ ml}$

c. H_2SO_4 2%

Pembuatan larutan H_2SO_4 2% sebanyak 1000 ml

Diketahui : konsentrasi awal H_2SO_4 = 95 %

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir H_2SO_4 = 2%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

H_2SO_4 sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 2\%$$

$$V = \frac{2000}{95}$$

$$= 21,05 \text{ ml larutan } \text{H}_2\text{SO}_4$$

Aquades yang dibutuhkan adalah $1000 \text{ ml} - 21,05 \text{ ml} = 978,95 \text{ ml}$

d. H_2SO_4 72%

Pembuatan larutan H_2SO_4 72% sebanyak 1000 ml

Diketahui : konsentrasi awal H_2SO_4 = 95 %

Volume akhir = 1000 ml

Konsentrasi akhir H_2SO_4 = 72%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

H_2SO_4 sebanyak 1000 ml

Jawab :

$$V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

$$V_1 \times 95\% = 1000 \times 72\%$$

$$V = \frac{72000}{95}$$

$$= 757,89 \text{ ml larutan H}_2\text{SO}_4$$

Aquades yang dibutuhkan adalah $1000 \text{ ml} - 757,89 \text{ ml} = 242,11 \text{ ml}$

e. H₂SO₄ 1 N

Pembuatan larutan H₂SO₄ 1 N sebanyak 3000 ml

Diketahui : konsentrasi awal H₂SO₄ = 95 %

Volume akhir = 3000 ml

Konsentrasi akhir H₂SO₄ = 1%

Ditanya : berapa volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan

H₂SO₄ sebanyak 3000 ml

Jawab :

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

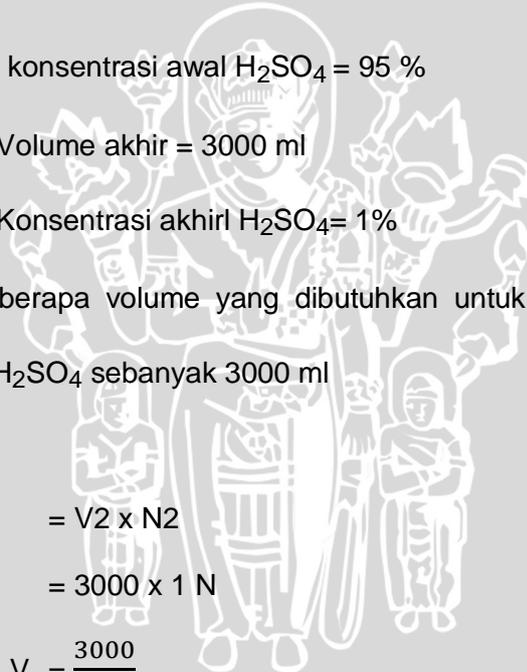
$$V_1 \times 95\% = 3000 \times 1 \text{ N}$$

$$V = \frac{3000}{95}$$

$$= 31,58 \text{ ml larutan H}_2\text{SO}_4$$

Aquades yang dibutuhkan adalah $3000 \text{ ml} - 31,58 \text{ ml} = 2968,41 \text{ ml}$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 8. Proses Pembuatan Bioetanol



Rumput Laut Segar



pemotongan



Proses Delignifikasi



Pengeringan



Proses Hidrolisis



Uji Lignoselulosa



Fermentasi



Proses Destilasi