4. HASIL DAN PEMBAHASAN

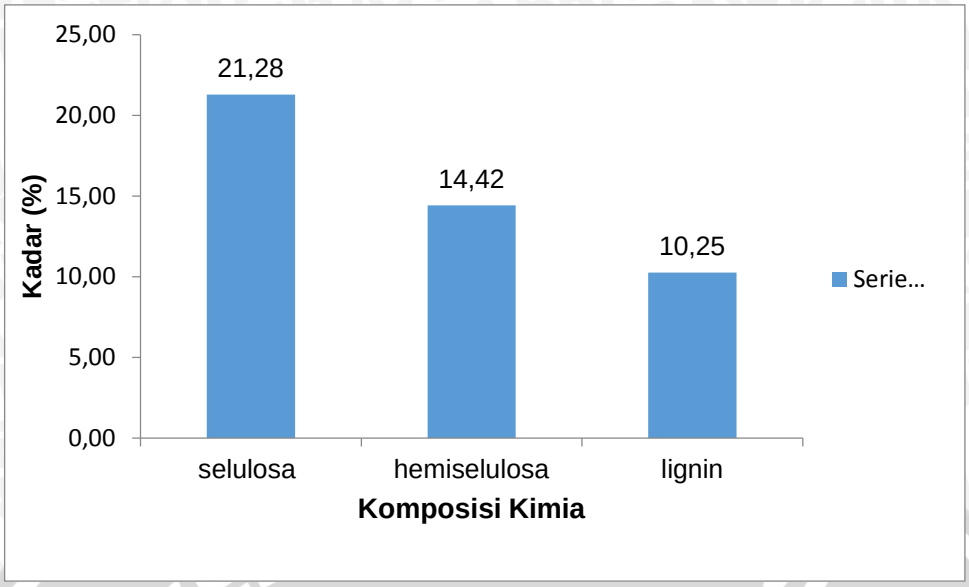
4.1 Analisa Uji Lignoselulosa

Uji analisis kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin sebelum dan sesudah hidrolisis H_2SO_4 dilakukan untuk mengetahui kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin pada *Turbinaria sp.* sebelum dan sesudah hidrolisis sehingga dapat dibandingkan. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kandungan ketiga senyawa utama dalam bahan lignoselulosa berbeda - beda, bergantung pada sumbernya. Kandungan lignoselulosa pada rumput laut *Turbinaria sp.* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan lignoselulosa pada rumput laut *Turbinaria sp.*

Komposisi Kimia	Rerata presentase ± SD (%)
Selulosa	21,28 ± 1,180
Hemiselulosa	14,42 ± 0,14
lignin	10,25 ± 0,476

Data hasil uji lignoselulosa sebelum dihidrolisis yaitu kadar selulosa yaitu kandungan selulosa sebesar 21,28 %, hemiselulosa sebesar 14,42 %, dan lignin sebesar 10,25 %. Hal ini sesuai pernyataan penelitian Triwisari (2010), yang memperoleh kandungan alga coklat adalah selulosa sebesar 24,07%, hemiselulosa sabebsar 10,11%, dan lignin sebesar 9,27%%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Uji Lignoselulosa.

Dari hasil diatas menjelaskan kadar selulosa 21,28 ± 1,180, hemiselulosa 14,42 ± 0,14 dan lignin 10,25 ± 0,476. Hal ini dapat dikatakan kadar selulosa lebih banyak daripada hemiselulosa dan lignin, dan kadar hemiselulosa lebih banyak dari kadar lignin. Selulosa lebih dominan pada penelitian ini dikarenakan Selulosa merupakan polimer dari glukosa berantai lurus dengan ikatan beta (1 – 4) glikosidik dengan jumlah glukosa sampai 10.000 unit. Selulosa mendominasi karbohidrat yang berasal dari tumbuh - tumbuhan hampir mencapai 50% karena selulosa merupakan bagian yang terpenting dari dinding sel tumbuh-tumbuhan. Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut heteropolisakarida. Lignin adalah senyawa yang mengikat selulosa dan hemiselulosa yang berperan sebagai pelindung dari tumbuhan. Adanya senyawa pengikat lignin ini yan menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis (Iranmahboob *et al*., 2002). Oleh sebab itu, proses *pretreatment* dan hidrolisis merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi besarnya etanol yang didapat.

4.2 Analisa Kadar Hemiselulosa

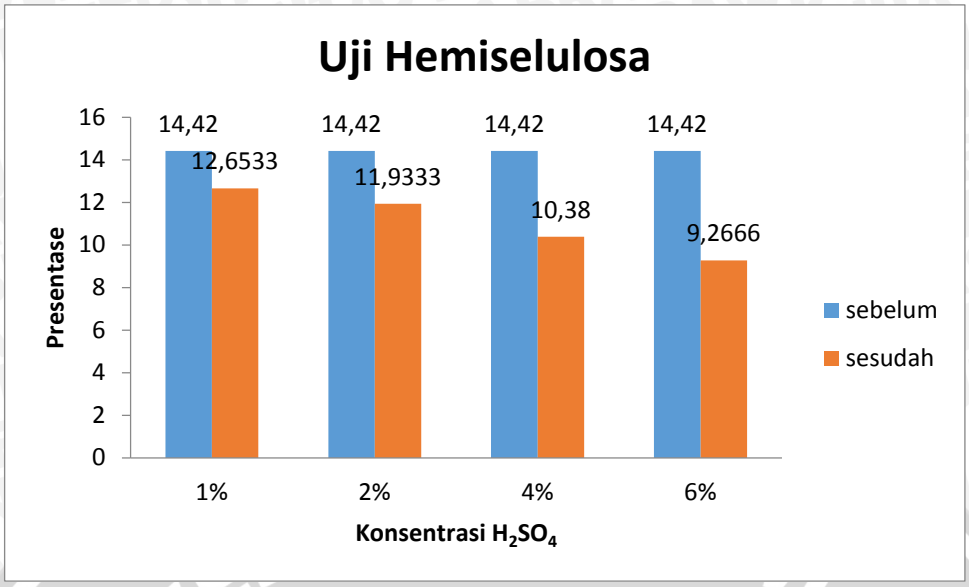
Hasil persetase hemiselulosa pada hidrolisis rumput laut pada penggunaan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda dapat ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata persentase hemiselulosa hasil hidrolisis rumput laut (*Turbinaria* sp.) pada kosentrasi H_2SO_4 berbeda.

Kosentrasi H_2SO_4 (%)	Sebelum Dihidrolisis	Sesudah Dihidrolisis	Persen Hidrolisis
6	14,42	9,27 ± 0,432[a]	35,71%
4		10,38 ± 0,418[b]	28,01%
2		11,93 ± 0,618[c]	17,26%
1		12,65 ± 0,374[c]	12,27%

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukan adanya perbedaan yang sangat nyata (P<0,05)

Hasil analisis statistik menunjukan pada konsetrasi 1%, 2%, 4% dan 6% menunjukkan ada perbedaan sangat nyata (P<0,05), antara persentase hemiselulosa yang dihidrolsis dengan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda. Hal ini diduga semakin tinggi kadar H_2SO_4 maka dapat memecah hemiselulosa menjadi bentuk monomer – monomer karbohidrat (monosakarida) pada proses hidrolisis. Pernyataan ini sesuai dengan Riyanti (2009), yaitu hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannose, galaktosa, xilosa dan arabinose. Xilosa (C5) adalah komponen yang paling banyak dalam hemiselulosa. Hidrolisis parsial dari selulosa menghasilkan sejumlah oligosakarida, termasuk selubiosa, selutriosa, selutetrosa. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Uji Kadar Hemiselulosa.

Pada uji hemiselulosa, dengan konsentrasi H_2SO_4 1% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 12,65% dan persen hidrolisis sebesar 12,27%. Pada konsentrasi H_2SO_4 2% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 11,93% dan persen hidrolisis sebesar 17,26%. Pada konsentrasi H_2SO_4 4% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 10,38% dan persen hidrolisis sebesar 28,01%. Pada konsentrasi 6% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 9,26% dan persen hidrolisis sebesar 35,71%. Data menunjukkan bahwa dengan seiring bertambahnya konsentrasi H_2SO_4 maka semakin kecil hasil setelah proses hidrolisis dan semakin besar persen hidrolisis yang didapat. Menurut Cleaments dan Beek (1985), bahwa Semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin banyak ion (H+) yang terbentuk sehingga reaksi hidrolisis untuk memecah senyawa polisakarida menjadi monosakarida semakin besar. Maka dari itu semakin tinggi konsetrasi H_2SO_4 semakin kecil nilai dari hemiselulosa.

4.3 Analisa Kadar Selulosa

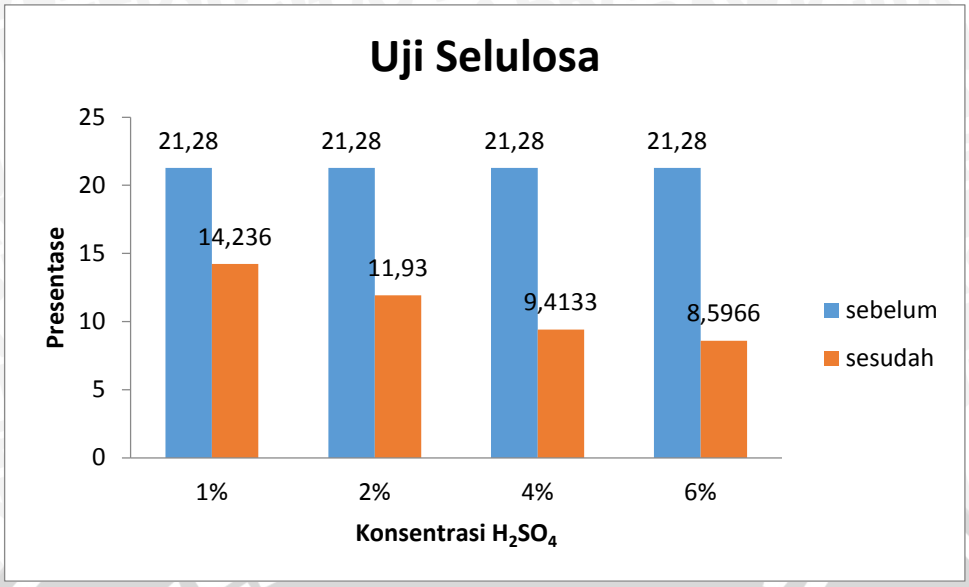
Hasil presntase selulosa pada hidrolisis rumput laut pada penggunaan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda dapat ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-Rata persentase selulosa hasil hidrolisis rumput laut (*Turbinaria sp*.) pada kosentrasi H_2SO_4 berbeda.

Kosentrasi H_2SO_4 (%)	Sebelum Dihidrolisis	Sesudah Dihidrolisis	Persen Hidrolisis
6	21,28	$8,59 \pm 0,122^a$	59,63%
4		$9,41 \pm 0.609^a$	55,78%
2		$11,93 \pm 0,393^b$	43,93%
1		$14,23 \pm 0,208^c$	33,22%

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukan adanya perbedaan yang sangat nyata (P<0,05)

Hasil analisis statistik menunjukkan pada konsetrasi 1%, 2%, 4% dan 6% ada perbedaan yang sangat nyata (P<0,05), antara persentase selulosa yang dihidrolsis dengan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda. Hal ini diduga semakin tinggi konsentrasi asam semakin besar selulosa yag terhidrolisis menjadi monomer - monomernya. Pernyataan ini sesuai dengan menurut Fajar (2013), struktur selulosa secara umum berbentuk kristalin, tetapi tredapat juga bagian – bagian yang berbentuk amorf. Tingkat kekristalan selulosa mempengaruhi kemampuan hidrolisis baik secara enzimatik maupun bahan kimia lain dan menurut Park *et al*. (2009), selulosa mengandung sekitar 50 – 90% berkristal dan sisanya bagian amorf. Ikatan β- 1,4 glukosida pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara hidrolisis asam atau enzimatis. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Uji Kadar Selulosa.

Pada uji selulosa, dengan konsentrasi H_2SO_4 1% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 14,236% dan persen hidrolisis sebesar 33,22%. Pada konsentrasi H_2SO_4 2% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 11,93% dan persen hidrolisis sebesar 43,93%. Pada konsentrasi H_2SO_4 4% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 11,87% dan persen hidrolisis sebesar 55,78%. Pada konsentrasi 6% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 8,59% dan persen hidrolisis sebesar 59,63%. Data menunjukkan bahwa dengan seiring bertambahnya konsentrasi H_2SO_4 maka semakin kecil hasil setelah proses hidrolisis dan semakin besar persen hidrolisis yang didapat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Moiser *et al*. (2005), rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa.

4.4 Analisa Kadar Lignin

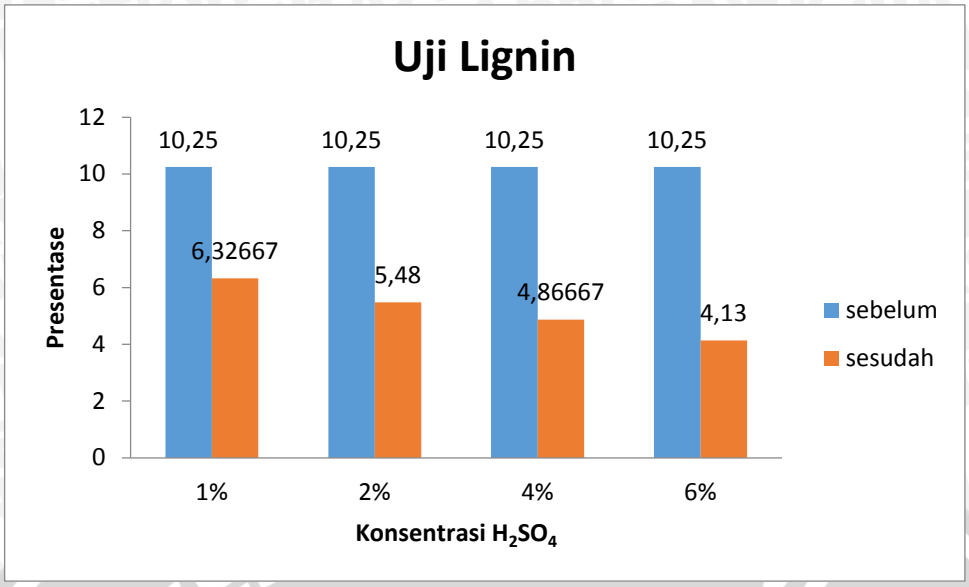
Hasil presentase lignin hidrolisis rumput laut pada penggunaan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda dapat ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-Rata persentase lignin hasil hidrolisis rumput laut pada kosentrasi H_2SO_4 berbeda.

Kosentrasi H_2SO_4 (%)	Sebelum Dihidrolisis	Sesudah Dihidrolisis	Persen Hidrolisis
6	10,25	$4,13 \pm 0,504^a$	59,70%
4		$4,86 \pm 0,076^a$	52,58%
2		$5,48 \pm 0,552^b$	46,53%
1		$6,32 \pm 0,542^c$	38,34%

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P<0,05$)

Hasil analisis statistik menunjukkan pada konsentrasi H_2SO_4 1%, 2%, 4% dan 6% ada perbedaan yang sangat nyata ($P<0,05$), antara persentase lignin yang dihidrolsis dengan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda. Hal ini diduga semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 semakin rendah pula nilai dari ligninnya dan komponen penyusun ligninnya juga sama. Hal ini sesuai dengan Hetti (2006), lignin dibedakan berdasarkan komponen penyusunnya. Komponen penyusun lignin pada bahan lignoselulosa berbeda satu sama lain tergantung dengan jenisnya. Perbedaan komponen penyusun lignin akan menyebabkan perbedaan hasil pada saat dilakukan degradasi lignin pada bahan lignoselulosa. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Uji Kadar Lignin.

Pada uji lignin, dengan konsentrasi H_2SO_4 1% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 6,32% dan persen hidrolisis sebesar 38,34%. Pada konsentrasi H_2SO_4 2% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 5,48% dan persen hidrolisis sebesar 46,53%. Pada konsentrasi H_2SO_4 4% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 4,86% dan persen hidrolisis sebesar 52,58%. Pada konsentrasi 6% didapatkan hasil setelah proses hidrolisis sebesar 4,13% dan persen hidrolisis sebesar 59,70%. Data menunjukkan bahwa dengan seiring bertambahnya konsentrasi H_2SO_4 maka semakin kecil hasil setelah proses hidrolisis dan semakin besar persen hidrolisis yang didapat. Pernyataan ini sesuai dengan Taherzadeh dan Karimi (2008), menyatakan struktur kimia lignin mengalami perubahan dibawah kondisi suhu yang tinggi dan asam. Pada saat proses dengan menggunakan temperatur tinggi mengakibatkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa. Proses hidrolisis bertujuan untuk memecah ikatan lignin menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa serta merusak struktur kristal dari selulosa.

4.5 Analisis Kadar Gula Pereduksi

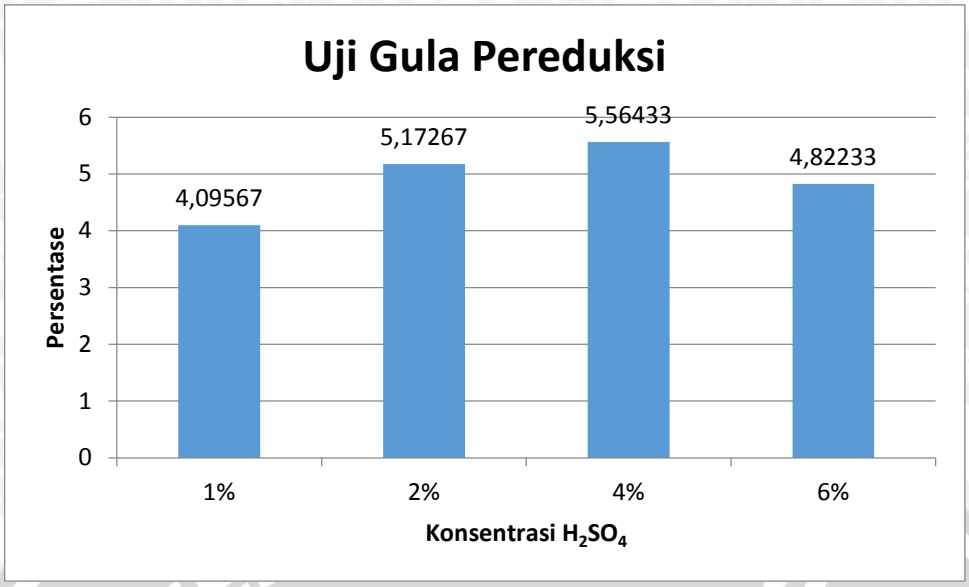
Hasil presntase gula pereduksi pada hidrolisis rumput laut pada penggunaan kosentrasi H_2SO_4 yang berbeda dapat ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-Rata persentase gula pereduksi hasil hidrolisis rumput laut pada kosentrasi H_2SO_4 berbeda.

Kosentrasi H_2SO_4 (%)	Rata presentase gula pereduksi ± SD (%)
1	4,095 ± 0,011[a]
6	4,822 ± 0,075[b]
2	5,172 ± 0,036[c]
4	5,564 ± 0,035[d]

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukan adanya perbedaan yang sangat nyata (P<0,05)

Hasil analisis statistk menunjukkan pada konsentrasi 1%, 2%, 4%, dan 6% ada perbedaan yang sangat nyata (P<0,05), antara persentase gula pereduksi dengan konsentrasi H_2SO_4 yang berbeda. Hal ini diduga karena semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4, semakin besar persentase gula pereduksi. Hal ini sesuai dengan penelitian Mussato dan Roberto (2004) menambahkan bahwa hidrolisis bahan yang mengandung lignoselulosa mencapai kondisi optimal menggunakan konsentrasi asam 2% (v/v) sampai 5% (v/v). Umumnya optimal hidrolisis pada rumput laut dengan konsentrasi asam 3% (v/v) pada suhu 120 ˚C selama 45 menit (Jang et al., 2012). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Uji Kadar Gula Pereduksi.

Pada uji gula pereduksi, konsetrasi H_2SO_4 1% didapatkan hasil sebesar 4,095%. Konsentrasi H_2SO_4 2% didapatkan hasil sebesar 5,172%. Konsentrasi H_2SO_4 4% didapatkan hasil sebesar 5,564%. Konsentrasi H_2SO_4 6% didapatkan hasil sebesar 5,822%, nilai ini lebih rendah daripada konsentrasi H_2SO_4 sebelumnya. Secara umum kandungan gula pereduksi cenderung meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan. Gula pereduksi merupakan bahan yang nantinya akan digunakan sebagai subsrat untuk prose fermentasi. Penurunan nilai gula pereduksi pada konsentrasi 6% diduga adanya gula dan senyawa lainnya terdegradasi membentuk senyawa HMF (hidroksimetilfurfural). Hal ini sesuai dengan pernyataan Ulbricht *et al*. (1984), menyatakan hidrolisis asam merupakan proses yang dilakukan secara acak atau tidak spesifik. Pada hidrolisis selulosa secara asam untuk menghasilkan gula, terbentuk pula 5-hidroksimetil-2-2 furfuraldehida atau disebut juga hidroksimetilfurfural (HMF) akibat penguraian glukosa pada suasana asam. HMF ini akan terus bereaksi membentuk asam-asam organik seperti asam levulinat dan asam format pada suasana asam dan suhu tinggi.