

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Lignoselulosa

Analisa lignoselulosa digunakan untuk mengetahui kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada alga coklat *S. cristafolium*. Hasil analisa lignoselulosa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kandungan Lignoselulosa Pada *S. cristafolium* segar.

Kandungan Lignoselulosa (%)	Rata – Rata Persentase \pm SD (%)
Kadar Selulosa	24,13 \pm 0,0901
Kadar Hemiselulosa	10,33 \pm 0,0754
Kadar Lignin	8,17 \pm 0,0503

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung > 0,05)

Hasil analisis lignoselulosa *S. cristaeofolium*, yaitu kadar selulosa sebesar 24,13%, kadar hemiselulosa sebesar 9,35% dan kadar lignin sebesar 8,17%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Triwisari (2010), bahwa diperoleh kandungan *S. cristaeofolium* yaitu kadar selulosa sebesar 24,07%, kadar hemiselulosa sebesar 10,33%, dan kadar lignin sebesar 9,27%. Pada komponen lignoselulosa didapatkan kadar selulosa dan hemiselulosa lebih tinggi dari kadar lignin. Sedangkan kadar hemiselulosa lebih rendah dari kadar selulosa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saputra *et al.* (2012), bahwa kadar selulosa lebih banyak daripada hemiselulosa dan lignin, dan kadar hemiselulosa lebih banyak dari kadar lignin. Menurut Osvaldo *et al.* (2012), bahwa bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa.

4.2.1 Analisa Kadar Selulosa

Analisa kadar selulosa digunakan untuk mengetahui kandungan selulosa setelah proses hidrolisis pada alga coklat *S. cristaefolium* pada perbedaan waktu proses hidrolisis yang berbeda. Hasil analisa kadar selulosa dapat dilihat pada Tabel 8.

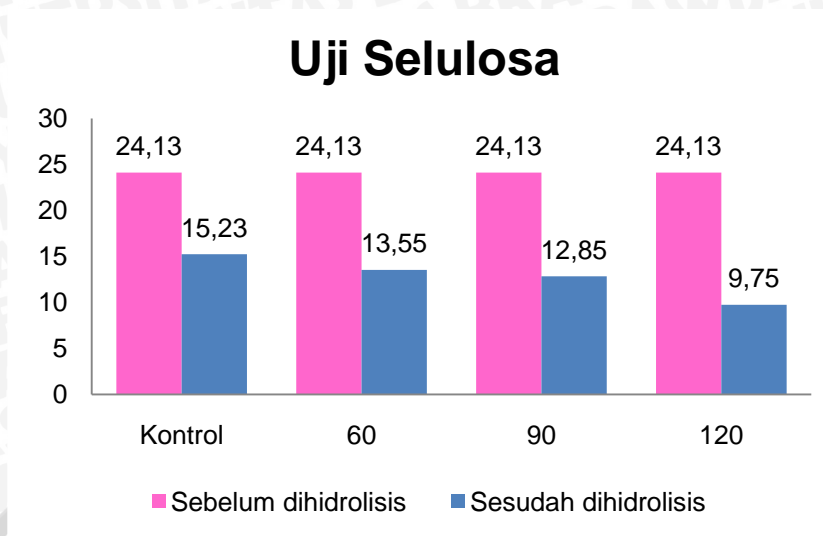
Tabel 8. Rata – Rata Persentase Selulosa Proses Hidrolisis *S. cristaefolium* Pada Waktu Yang Berbeda.

Waktu Proses Hidrolisis (%)	Persentase Selulosa Sebelum Hidrolisis (%)	Persentase Selulosa Setelah Hidrolisis (%)	Persen Hidrolisis (%)
Kontrol	24,13 ± 0,0901	15,23 ± 0,0666 ^d	36,88
60 menit		13,55 ± 0,0907 ^c	43,85
90 menit		12,85 ± 0,9573 ^b	46,75
120 menit		9,75 ± 0,0907 ^a	59,59

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung > 0,05)

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung > 0,05), antara persentase selulosa yang dihidrolisis dengan waktu yang berbeda dimana semakin lama proses hidrolisis maka jumlah selulosa yang dipecah semakin banyak. Ramdja *et al.* (2010), bahwa proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida dan disakarida. Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan glukosa dan semakin lama waktu hidrolisis maka semakin sedikit kadar selulosa dalam bahan karena pengaruh dari waktu hidrolisis tersebut. Menurut Sari *et al.* (2013), bahwa bahan baku untuk proses produksi bioetanol yang bersumber selulosa harus dikonversi menjadi gula.

Hasil penelitian didapatkan persen hidrolisis selulosa pada kontrol 8,9%; waktu 60 menit sebesar 10,58%, waktu 90 menit sebesar 11,28 dan waktu 120 menit sebesar 14,38%. Persen hidrolisis merupakan indikator untuk mengetahui jumlah selulosa yang terhidrolisis.



Gambar 13. Grafik Uji Selulosa Hasil Proses Hidrolisis

Grafik diatas menjelaskan terjadi hubungan terbalik yaitu pada kontrol didapatkan kadar selulosa sebesar $15,23 \pm 0,0666$; waktu 60 menit kadar selulosa sebesar $13,55 \pm 0,0907$; waktu 90 menit kadar selulosa sebesar $12,85 \pm 0,9573$; dan pada waktu 120 menit didapatkan kadar selulosa sebesar $9,75 \pm 0,0907$. Pada setiap kenaikan waktu hidrolisis terjadi penurunan kadar selulosa dimana didapatkan kadar selulosa tertinggi pada kontrol dan terendah pada suhu 120 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses hidrolisis, maka semakin banyak selulosa yang tersisa karena terdegradasi oleh H_2SO_4 , dan waktu yang paling optimal dalam menghidrolisis *S. cristaefolium* adalah 120 menit yaitu presentase selulosa paling rendah, dimana menurut Triwisari (2010), presentase selulosa pada *Sargassum sp.* segar sebesar 24,07% dan setelah dilakukan proses hidrolisis mengalami penurun yang sangat signifikan. Menurut Sari *et al.* (2013), bahwa faktor-faktor yang berpengaruh pada proses hidrolisis adalah kandungan karbohidrat bahan baku, waktu, pH, dan suhu.

4.1.2 Analisa Kadar Hemiselulosa

Analisa kadar hemiselulosa digunakan untuk mengetahui kandungan hemiselulosa setelah proses hidrolisis pada alga coklat *S. cristaefolium* pada

perbedaan waktu proses hidrolisis yang berbeda. Hasil analisa kadar hemiselulosa dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-Rata Persentase Hemiselulosa Hasil Hidrolisis *S. cristaefolium* Pada Waktu Proses Hidrolisis Berbeda.

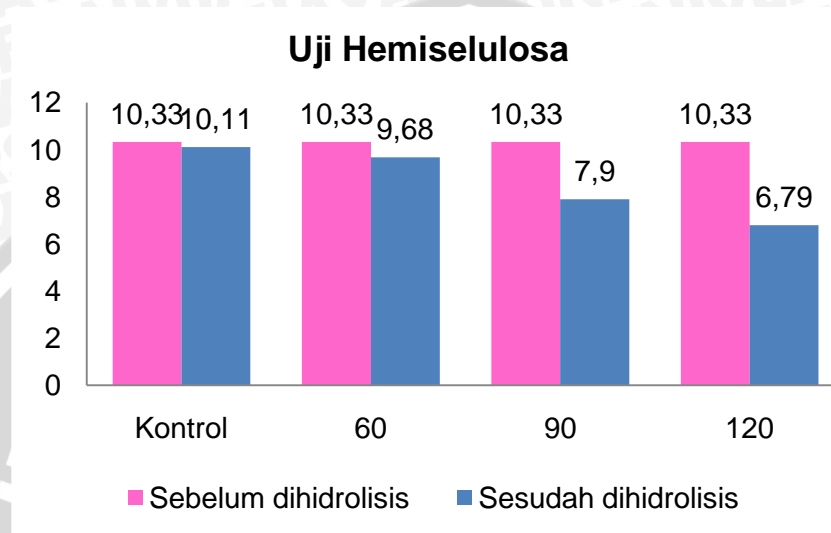
Waktu Proses Hidrolisis (%)	Persentase Hemiselulosa Sebelum Hidrolisis (%)	Persentase Hemiselulosa Setelah Hidrolisis (%)	Persen Hidrolisis (%)
Kontrol	10,33 ± 0,0754	10,11 ± 0,0794 ^d	2,13
60 menit		9,68 ± 0,0950 ^c	6,29
90 menit		7,90 ± 0,0702 ^b	23,52
120 menit		6,79 ± 0,0503 ^a	34,27

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05)

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05), antara persentasi hemiselulosa yang dihidrolisis dengan waktu yang berbeda. Semakin lama proses hidrolisis dapat mendegradasi selulosa dan hemiselulosa berubah menjadi glukosa atau senyawa lain dengan larutan asam. Pernyataan ini sesuai dengan Ramdja *et al.* (2010), bahwa hidrolisis sempurna hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula *pentose* (C₅) dan *heksosa* (C₆). Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik dan semakin lama waktu hidrolisis maka semakin sedikit kadar hemiselulosa dalam bahan karena pengaruh dari waktu hidrolisis tersebut.

Hidrolisis alga coklat *S. cristaefolium* menggunakan waktu yang berbeda menunjukkan bahwa waktu yang optimum untuk menghidrolisis hemiselulosa adalah 120 menit ini ditunjukkan dengan kadar hemiselulosa paling rendah sebesar 7,05 ± 0,758 dimana menurut Triwisari (2010), kadar hemiselulosa alga coklat *Sargassum sp.* sebesar 10,11% ini berarti banyak hemiselulosa yang terpecah menjadi glukosa dan senyawa lain dilihat dari turunnya nilai hemiselulosa setelah dihidrolisis karena terbentuknya gula pereduksi.

Hasil penelitian didapatkan persen hidrolisis hemiselulosa pada kontrol 0,22%; waktu 60 menit sebesar 0,65%, waktu 90 menit sebesar 2,43% dan waktu 120 menit sebesar 3,54%. Persen hidrolisis merupakan indikator untuk mengetahui jumlah selulosa yang terhidrolisis.



Gambar 14. Grafik Uji Hemiselulosa Hasil Hidrolisis

Grafik diatas menjelaskan bahwa terjadi penurunan kadar hemiselulosa dimana pada kontrol didapatkan kadar hemiselulosa sebesar $10,11 \pm 0,0794$; waktu 60 menit kadar hemiselulosa sebesar $9,68 \pm 0,0950$; waktu 90 menit kadar hemiselulosa sebesar $7,90 \pm 0,0702$; dan pada waktu 120 menit didapatkan kadar hemiselulosa sebesar $6,79 \pm 0,0503$. Pada setiap kenaikan waktu hidrolisis terjadi penurunan kadar hemiselulosa dimana didapatkan kadar hemiselulosa tertinggi pada kontrol dan terendah pada suhu 120 menit. Hal ini menunjukkan kadar semakin lama proses hidrolisis dapat memecah dan menghidrolisis hemiselulosa semakin banyak, ini ditunjukkan oleh semakin lama proses hidrolisis, maka semakin sedikit kadar hemiselulosa.

Menurut Aryanti (2013), hemiselulosa terdiri atas unit D-glukosa, D-galaktosa, D-manosa, D-xylosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosidik yang bermacam-macam. Hemiselulosa

merupakan zat sejenis selulosa yang oleh asam-asam encer dapat dihidrolisa menjadi gula dalam bentuk manosa dan galaktosa.

Hemiselulosa sangat mudah dihidrolisis menjadi campuran gula pereduksi dengan xilosa sebagai komponen terbesar. Hasil dari hidrolisis hemiselulosa ini disebut dengan hidrolisat hemiselulosa. Meskipun hidrolisis dapat dilakukan secara enzimatik, banyak studi fermentasi yang telah memusatkan perhatiannya pada hidrolisat dengan hidrolisis asam. Karena strukturnya yang heterogen dan derajat polimerisasi yang relatif rendah, hemiselulosa lebih mudah dihidrolisis dibandingkan dengan komponen biomassa kristal selulosa (Widiawati, 2010).

Menurut Saputra *et al.* (2012), bahwa kecenderungan potensi biomassa sebagai bahan baku etanol bervariasi sesuai dengan kandungan bahan penyusun yang dapat dikonversi menjadi glukosa sederhana, yaitu selulosa dan hemiselulosa. Selulosa dapat didegradasi glukosa oleh asam, dan asam dapat mendegradasi ikatan β -1,4-glukosida. Asam dapat mendegradasi selulosa menjadi glukosa, karena larutan asam bersifat tidak netral pada daerah ikatan glikosida pada selulosa. Asam mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa maka kadar etanol yang diperoleh besar.

4.1.3 Analisa Kadar Lignin

Analisa kadar lignin digunakan untuk mengetahui kandungan lignin setelah proses hidrolisis pada alga coklat *S. cristaefolium* pada perbedaan waktu proses hidrolisis yang berbeda. Hasil analisa kadar lignin dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata – Rata Persentase Lignin Hasil Proses Hidrolisis Alga Coklat Pada Waktu Hidrolisis Yang berbeda.

Waktu Proses Hidrolisis (%)	Persentase Lignin Sebelum Hidrolisis (%)	Persentase Lignin Setelah Hidrolisis (%)	Persen Hidrolisis (%)
Kontrol	8,17 ± 0,0503	3,56 ± 0,0961 ^d	56,43
60 menit		3,14 ± 0,0702 ^c	61,57
90 menit		2,38 ± 0,0458 ^b	70,87
120 menit		1,41 ± 0,0802 ^a	82,74

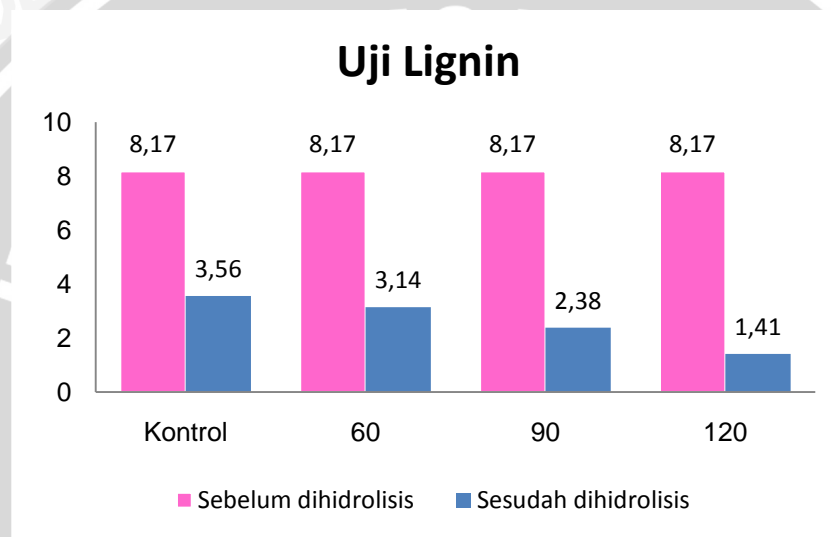
Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05)

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05), antara persentase lignin yang dihidrolisis dengan waktu yang berbeda dimana semakin lama proses hidrolisis maka jumlah lignin yang di degradasi semakin banyak. Kadar lignin yang semakin rendah juga diakibatkan adanya proses delignifikasi menggunakan NaOH yang bersifat asam sebelum proses hidrolisis. Proses delignifikasi dilakukan untuk memutus ikatan antara selulosa dan hemiselulosa dengan cara menghilangkan lignin. Diperkuat oleh Putri *et al.* (2010), bahwa penggunaan NaOH encer dapat meningkatkan luas permukaan internal bahan dengan pembesaran permukaan. Pembesaran permukaan menyebabkan terjadinya penurunan derajat polimerisasi, pemisahan ikatan struktur lignin dan karbohidrat, serta merusak struktur lignin. Proses delignifikasi harus dilakukan untuk mempermudah pelepasan selulosa, salah satunya dengan cara kimia, yaitu menggunakan pelarut. Lignin bukan merupakan komponen karbohidrat, namun berhubungan erat dan mengikat serat kasar pada bahan. Salah satu fungsi perendaman dengan basa untuk mendegradasi lignin sehingga mampu melepas bebas serat kasar sehingga memungkinkan peningkatan kadar gula

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin merupakan material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik

secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi (Osvaldo *et al.*, 2012).

Hasil penelitian didapatkan persen hidrolisis lignin pada kontrol 4,61 %; waktu 60 menit sebesar 5,03%, waktu 90 menit sebesar 5,79% dan waktu 120 menit sebesar 6,76%. Persen hidrolisis merupakan indikator untuk mengetahui jumlah selulosa yang terhidrolisis.



Gambar 15. Grafik Uji Lignin Hasil Hidrolisis

Grafik diatas menjelaskan terjadi hubungan terbalik yaitu pada kontrol didapatkan kadar lignin sebesar $3,56 \pm 0,0961$; waktu 60 menit kadar lignin sebesar $3,14 \pm 0,0702$; waktu 90 menit kadar lignin sebesar $2,38 \pm 0,0458$; dan pada waktu 120 menit didapatkan kadar lignin sebesar $1,41 \pm 0,0802$. Pada setiap kenaikan waktu hidrolisis terjadi penurunan kadar lignin dimana didapatkan kadar lignin tertinggi pada kontrol dan terendah pada suhu 120 menit semakin lama proses hidrolisis, maka semakin rendah nilai presentase lignin dari kontrol, waktu 60 menit, waktu 90 menit, dan waktu 120 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses hidrolisis, maka semakin sedikit lignin yang tersisa karena terdegradasi oleh H_2SO_4 , dan waktu yang paling optimal

dalam menghidrolisis *S. cristaefolium* adalah 120 menit yaitu presentase lignin paling rendah, dimana menurut Triwisari (2010), presentase selulosa pada *Sargassum sp.* segar sebesar 9,27% dan setelah dilakukan proses hidrolisis mengalami penurunan yang sangat signifikan. Hal ini diperkuat oleh Taherzadeh dan Karimi (2008) yang menyatakan bahwa 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 Analisis Kadar Gula Pereduksi

Analisa kadar gula pereduksi digunakan untuk mengetahui kandungan gula pereduksi yang terbentuk setelah proses hidrolisis pada alga coklat *S. cristaefolium* pada perbedaan waktu proses hidrolisis yang berbeda. Hasil analisa kadar gula pereduksi dapat ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rata – Rata Persentase Gula Pereduksi Hasil Hidrolisis Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Waktu Yang Berbeda.

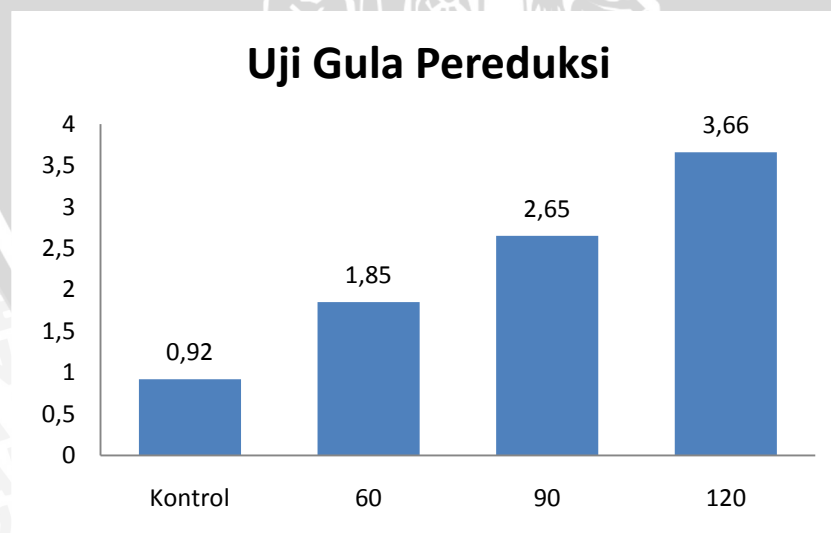
Waktu Proses Hidrolisis (%)	Persentase Gula Pereduksi (%)
Kontrol	0,92 ± 0,0819 ^d
60 menit	1,85 ± 0,0862 ^c
90 menit	2,65 ± 0,0777 ^b
120 menit	3,66 ± 0,0702 ^a

Keterangan : notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05)

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (F hitung>0,05), antara persentase gula pereduksi yang dihidrolisis dengan waktu hidrolisis yang berbeda dimana semakin lama proses hidrolisis maka jumlah gula pereduksi yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini sesuai pernyataan Andansari *et al.* (2014), yang menyatakan semakin lama waktu hidrolisis, semakin tinggi suhu, dan semakin besar konsentrasi katalis yang diberikan dapat

menghasilkan persentase gula reduksi yang besar. Osvaldo *et al.* (2012), menambahkan bahwa temperatur hidrolisis berhubungan dengan laju reaksi. Semakin tinggi temperatur hidrolisis, maka hidrolisis akan berlangsung lebih cepat. Hal ini disebabkan konstanta laju reaksi meningkat dengan meningkatnya temperatur operasi dan penambahan waktu reaksi, akan semakin memperbesar konversi yang dicapai sampai ke titik optimumnya. Sari *et al.* (2013), menambahkan bahwa semakin banyak substrat selulosa yang bisa dihidrolisis oleh selulase menjadi monomernya maka semakin meningkat kadar glukosanya. Dengan penggunaan selulosa yang lebih sedikit, total gula pereduksi yang dihasilkan pun akan lebih rendah.

Gula pereduksi digunakan sebagai substrat dalam fermentasi menjadi untuk etanol. Mussatto dan Roberto (2004), gula reduksi adalah gula yang memiliki kemampuan untuk mereduksi senyawa pengoksidasi karena mengandung gugus keton dan aldehyd (-CHO) seperti glukosa, manosa, fruktosa, laktosa, maltosa, dan lain-lain. Kemampuan mereduksi berasal dari gugus hidroksil yang bebas dan reaktif.



Gambar 16. Grafik Uji Gula Pereduksi Hasil Hidrolisis

Grafik diatas menjelaskan bahwa pada kontrol didapatkan kadar gula pereduksi sebesar $0,92 \pm 0,0819^a$; waktu 60 menit kadar gula pereduksi sebesar $1,85 \pm 0,0862^b$; waktu 90 menit kadar gula pereduksi sebesar $2,65 \pm 0,0777^c$; dan pada waktu 120 menit didapatkan kadar gula pereduksi sebesar $3,66 \pm 0,0702^d$. Pada setiap kenaikan waktu hidrolisis terjadi peningkatan kadar gula pereduksi dimana didapatkan kadar gula pereduksi terendah pada kontrol dan tertinggi pada suhu 120 menit dimana semakin lama proses hidrolisis, maka semakin tinggi nilai presentase gula pereduksi dari kontrol, waktu 60 menit, waktu 90 menit, dan waktu 120 menit. Hal ini diperkuat oleh Saputra *et al.* (2012), bahwa kadar glukosa terbaik yaitu pada 120 menit ($23,128 \text{ mg/ml} \pm 6,069$) dimana semakin lama waktu hidrolisis maka semakin tinggi kadar glukosa yang diperoleh. Proses hidrolisis ini pada umumnya dilakukan pada tekanan dan suhu tinggi, karena jika suhu tinggi maka enzim tidak dapat bekerja atau rusak. Proses hidrolisis ini dapat menghidrolisis polisakarida yang tidak mampu dipecah oleh enzim, tetapi tidak merusak glukosa yang ada.

