

Pengaruh *Pretreatment* Secara Alkalisasi-*Resistive Heating* terhadap Kandungan Lignoselulosa Jerami Padi

The Effect of Alkalization-Resistive Heating Pretreatment on Lignocellulose Content of Rice Straw

Dewi Maya Maharani, Lisa Normalasari, Dianita Kumalasari, Chandra Ardin Hersandi Prakoso, Mutiara Kusumaningtyas, Mochamad Taufik Ramadhan

Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia
 Email: maya_maharani@ub.ac.id

Submisi: 10 Juni 2015; Penerimaan: 8 Desember 2015

ABSTRAK

Selulosa merupakan biomassa yang potensial digunakan untuk produksi bioetanol dan banyak ditemukan di residu pertanian seperti jerami padi. Selulosa merupakan material penting yang dapat dikonversi menjadi glukosa kemudian dikonversi menjadi bioetanol, namun selulosa pada alam dilapisi oleh ikatan lignin dan hemiselulosa menjadi lignoselulosa. Pembuatan bioetanol berbasis selulosa membutuhkan proses *pretreatment* yang berfungsi untuk mendegradasi ikatan lignin, meningkatkan luas permukaan biomassa dan dekrystalisasi selulosa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh alkalisasi *resistive heating* pada proses *pretreatment* jerami padi sebelum dikonversi lebih lanjut menjadi bioetanol dan mengetahui pengaruh suhu pemanasan serta konsentrasi NaOH selama *pretreatment* terhadap perubahan kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Sebelum dilakukan penelitian dilakukan perancangan reaktor *resistive heating*. Jerami padi ukuran 100 mesh dilarutkan pada larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M, selanjutnya dipanaskan pada reaktor *resistive heating* dengan variasi suhu pemanasan 75 °C, 85 °C, dan 99 °C. Selulosa merupakan senyawa yang akan dikonversi lebih lanjut menjadi glukosa. Sehingga pada penelitian ini dipilih kondisi optimum berdasarkan peningkatan selulosa tertinggi hingga 8,88% serta penurunan lignin dan hemiselulosa sebesar 1,39% dan 4,33% pada perlakuan suhu pemanasan 75 °C dan konsentrasi NaOH 0,07 M. Alkalisasi *resistive heating* dapat diterapkan pada *pretreatment* jerami padi karena dapat mengurangi kandungan lignin dan hemiselulosa serta meningkatkan kandungan selulosa.

Kata kunci: Lignin; *pretreatment*; *resistive heating*; jerami

ABSTRACT

Cellulose is a potential biomass that is used for bioethanol production and commonly present in agricultural residues like rice straw. Cellulose is an important material to produce glucose and bioethanol, but it is covered by lignin and hemicellulose bonds to form a lignocellulose. Bioethanol production using basic material containing cellulose requires special attention in the process of pretreatment for lignin degradation process and increase the accessible surface and decrystallize cellulose. The aim of this research was to apply alkalization and resistive heating combine method for rice straw pretreatment process before further being converted into bioethanol and to determine the effects of heating temperature and NaOH concentration on the content of lignin, cellulose, and hemicellulose. The reactor had been designed for resistive heating process. Rice straw that was resized into 100 mesh has dissolved with 0.03 M, 0.05 M, and 0.07 M NaOH and heated with resistive heating temperature of 75 °C, 85 °C, and 99 °C. Cellulose is a raw material that will be further converted into glucose. So that, the selected optimum conditions of this study were pretreatment with the highest increase of cellulose content level until 8.88% and resulted decreasing levels of lignin (1.39%) and

hemicellulose (4.33%) by temperature 75 °C and 0.07 M NaOH concentration. Resistive heating that combine with alkalization can be used for rice straw pretreatment process that reduce lignin and hemicellulose content as well as increasing cellulose content.

Keywords: Lignin; pretreatment; resistive heating; straw

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan bahan bakar pengganti atau campuran bensin. Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa. Bahan selulosa sangat potensial digunakan sebagai bahan baku bioetanol karena tidak mengancam ketahanan pangan dan umumnya merupakan residu pertanian seperti jerami padi, dimana produksi jerami padi di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 71.279.709 ton (BPS, 2014).

Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan lignin yang kemudian disebut lignoselulosa. Ikatan lignin dapat mengurangi efektifitas konversi bahan selulosa menjadi bioetanol. Hal tersebut dapat mengurangi produksi bioetanol. Oleh sebab itu, dilakukan proses *pretreatment* bahan berlignoselulosa sebelum dilakukan hidrolisis selulosa menjadi glukosa, kemudian difermentasi menjadi bioetanol. Proses *pretreatment* bertujuan untuk mendegradasi lignin sehingga semakin banyak selulosa yang dapat diakses dalam produksi bioetanol. Pemanasan menggunakan *autoclave* dan *microwave* merupakan beberapa bentuk *pretreatment* fisik yang diperlukan dalam mendegradasi lignin. Namun pemanasan tersebut masih kurang homogen terhadap bahan dan membutuhkan waktu lama. Pemanasan secara *resistive* atau *resistive heating* diterapkan untuk mempercepat penghantaran panas dan mendapatkan panas yang lebih homogen. *Resistive heating* adalah pemanasan bahan dengan cara melewatkan bahan pada aliran listrik. Pada *resistive heating*, bahan yang dilewati arus listrik memberi respon berupa pembangkitan panas secara internal akibat adanya tahanan listrik dalam bahan tersebut (Sastry, 2008). Penerapan *resistive heating* memiliki kelebihan dibandingkan metode pemanasan lainnya yaitu pemanasannya seragam dan lebih cepat, bersih dan lebih ramah lingkungan serta energi yang dibutuhkan lebih efisien (Castro dkk., 2004). Sejauh ini metode *resistive heating* hanya digunakan sebatas pada bahan pertanian (makanan) dan belum diketahui pengaruhnya terhadap *pretreatment* lignoselulosa. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan *pretreatment* selulosa jerami padi menggunakan *resistive heating* yang dikombinasikan dengan alkalisasi.

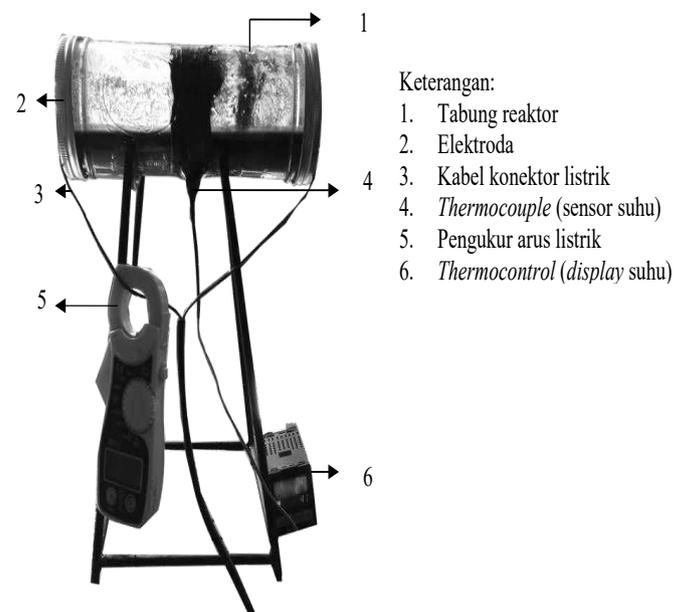
Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh suhu pemanasan dan pemberian konsentrasi NaOH pada proses *pretreatment* terhadap kandungan lignin, hemiselulosa, dan selulosa jerami padi serta memperoleh kondisi optimum

dari variasi yang dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *resistive heating* yang dikombinasikan dengan alkalisasi terhadap perubahan kandungan lignoselulosa jerami padi dan pengaruhnya terhadap efektifitas proses *pretreatment* jerami padi untuk produksi bioetanol.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor *resistive heating* seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan terdiri dari tabung reaktor dengan dimensi panjang 23 cm, kedua ujung reaktor dipasang elektroda *stainless steel* dengan diameter 8 cm, kabel konektor, *thermocouple* tipe K, *thermocontrol display* merek OMRON serta pengukur arus *clamp meter*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa bubuk jerami padi varietas Ciherang yang telah digiling dan diayak hingga ukuran 100 mesh serta larutan kimia berupa NaOH dan akuades yang didapatkan dari CV. Sumber Makmur Malang.



Gambar 1. Reaktor *resistive heating* beserta komponennya

Tabel 1. Rancangan penelitian *pretreatment* degradasi lignin jerami padi menggunakan alkalisasi *resistive heating*

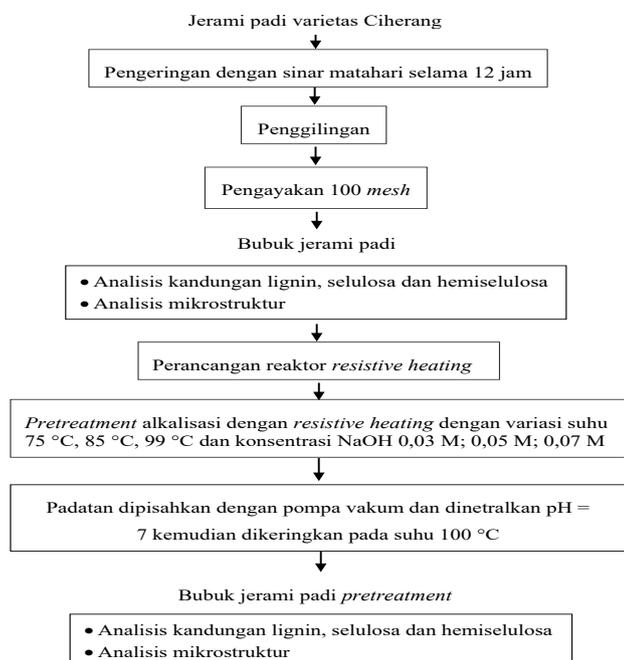
Konsentrasi NaOH (M)	Suhu (T)		
	T1 = 75 °C	T2 = 85 °C	T3 = 99 °C
M1 = 0,03 M	M ₁ T ₁	M ₁ T ₂	M ₁ T ₃
M2 = 0,05 M	M ₂ T ₁	M ₂ T ₂	M ₂ T ₃
M3 = 0,07 M	M ₃ T ₁	M ₃ T ₂	M ₃ T ₃

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang tersusun atas 2 faktor yaitu besarnya suhu (T) yang diberikan selama pemanasan serta konsentrasi NaOH (M). Faktor bebas suhu pemanasan terdiri dari 3 level variasi suhu 75 °C, 85 °C, dan 99 °C sedangkan faktor bebas konsentrasi NaOH terdiri dari 3 level variasi konsentrasi NaOH 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M. Berdasarkan kedua faktor tersebut maka didapatkan 9 variasi perlakuan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Pretreatment Lignoselulosa Jerami Padi dan Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sampel berupa bubuk jerami padi varietas Ciherang berukuran 100 mesh sebanyak 30 g dicampurkan dengan larutan NaOH dengan konsentrasi sesuai pada



Gambar 2. Diagram alir penelitian pengaruh variasi suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH pada *pretreatment* degradasi lignin

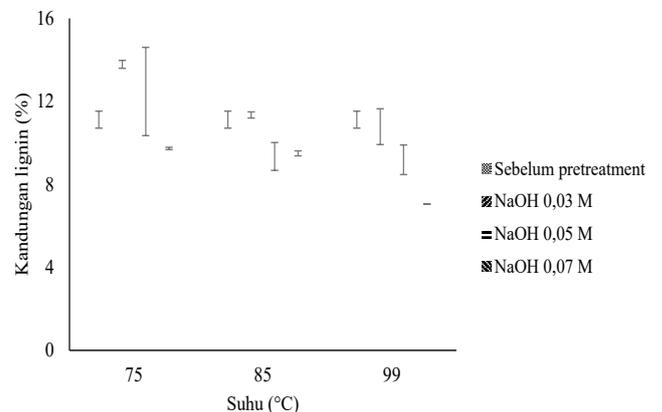
rancangan penelitian dengan perbandingan 1:10 dan diletakkan dalam reaktor *resistive heating*. Sampel berupa campuran bubuk jerami padi dan larutan NaOH dalam reaktor kemudian dialirkan listrik dengan tegangan 220 V dari kedua elektroda pada ujung reaktor hingga mencapai suhu pemanasan yang telah ditentukan. Selanjutnya bubuk jerami padi setelah *pretreatment* dipisahkan dari larutan NaOH dan dinetralkan kemudian dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 105 °C.

Sampel sebelum dan setelah *pretreatment* kemudian diuji kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa dengan menggunakan metode *Chesson* sesuai Datta (1981) dalam Dehani dkk. (2013). Sampel setelah *pretreatment* dengan hasil perlakuan terbaik dianalisis mikrostruktur dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan dibandingkan dengan mikrostruktur sampel sebelum proses *pretreatment*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Pretreatment Alkalisasi Resistive Heating terhadap Kandungan Lignin Jerami Padi

Pengaruh suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH terhadap kandungan lignin jerami padi terdapat pada Gambar 3. Kandungan lignin jerami padi sebelum *pretreatment* adalah 11,12%. Pada konsentrasi NaOH 0,07 M, kandungan lignin jerami padi berkurang menjadi 9,73% pada suhu 75 °C, sedangkan pada suhu 85 °C dan 99 °C berturut-turut menjadi 9,50% dan 7,05%. Semakin tinggi suhu pemanasan yang digunakan, kandungan lignin jerami padi semakin kecil. Semakin tinggi suhu pemanasan maka semakin lama waktu *pretreatment* yang digunakan, pada suhu 99 °C lama waktu *pretreatment* adalah 3,9 menit sedangkan waktu *pretreatment* pada suhu 75 °C dan 85 °C adalah 3,25 menit dan 3,4 menit. Lama waktu bahan kontak dengan panas maupun dengan



Gambar 3. Kandungan lignin jerami padi pada variasi suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH

larutan alkali, menyebabkan senyawa yang terlepas dari dinding sel semakin banyak (Ni'mah dkk., 2014).

Pada Gambar 3, kandungan lignin jerami padi pada suhu pemanasan 75 °C, 85 °C, dan 99 °C semakin rendah dengan adanya penambahan konsentrasi NaOH dari 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan dengan menggunakan suhu 99 °C, kandungan lignin pada konsentrasi NaOH 0,03 M selama pretreatment adalah 10,78% dan pada konsentrasi NaOH 0,05 M serta 0,07 M secara berurutan kandungan lignin menjadi lebih rendah yaitu 9,19% dan 7,05%. Semakin besar penggunaan konsentrasi NaOH penurunan kandungan lignin jerami padi semakin besar.

Penambahan NaOH pada proses *pretreatment* jerami padi dapat menurunkan kandungan lignin yang cukup besar hingga 4,64%, karena reaksi pemutusan ikatan lignin menjadi lebih cepat (Dehani dkk., 2013). Berdasarkan peningkatan konsentrasi NaOH berarti meningkatkan jumlah ion hidroksil di dalam cairan. Ion-ion hidroksil ini akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar pembentuk lignin, sehingga lignin menjadi lebih mudah untuk dilarutkan (Jalaluddin dan Rizal, 2005). Peningkatan suhu pemanasan hingga 99 °C dengan konsentrasi NaOH 0,07 M merupakan perlakuan yang menghasilkan kandungan lignin paling rendah dalam penelitian ini.

Pengaruh *Pretreatment* Alkalisasi *Resistive Heating* terhadap Kandungan Selulosa Jerami Padi

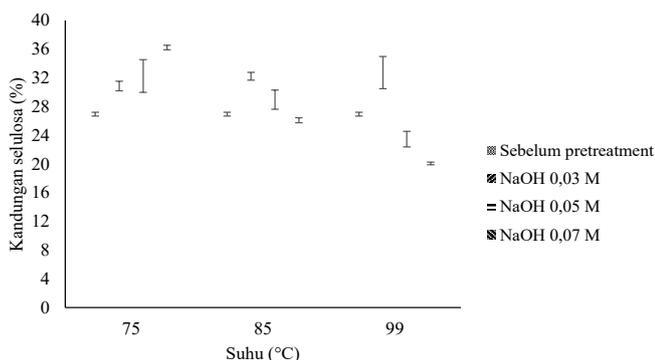
Hasil pengujian kandungan selulosa pada variasi suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH dapat dilihat pada Gambar 4. Kandungan selulosa jerami padi sebelum *pretreatment* adalah 27,09%. Pada *pretreatment* dengan suhu 75 °C, terjadi peningkatan selulosa seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Pada konsentrasi NaOH 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M, kandungan selulosa jerami padi secara berturut-turut adalah

30,38%, 32,11%, dan 35,97%. Peningkatan selulosa tertinggi pada konsentrasi NaOH 0,07 M yaitu 8,88%. Namun pada penggunaan suhu yang lebih tinggi yaitu 85 °C dan 99 °C, kandungan selulosa cenderung semakin kecil seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Pada *pretreatment* suhu 85 °C kandungan selulosa dengan konsentrasi NaOH 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M secara berturut-turut adalah 31,83%, 28,30%, dan 25,86%. Penurunan kandungan selulosa semakin besar pada *pretreatment* 99 °C seperti pada grafik di Gambar 4.

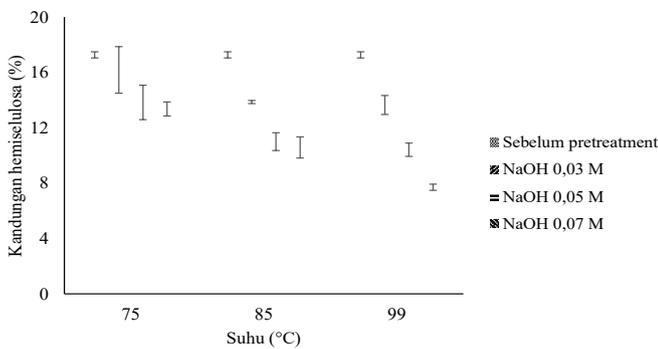
Berdasarkan data tersebut pada suhu pemanasan 75 °C menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin besar kandungan selulosa jerami padi. Sedangkan pada suhu pemanasan 85 °C dan 99 °C menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin kecil kandungan selulosa jerami padi. Penambahan konsentrasi NaOH dapat menyebabkan selulosa ikut terdegradasi jika suhu pemanasan 85 °C dan 99 °C. Pada konsentrasi NaOH yang sama, semakin besar suhu pemanasan memiliki kecenderungan kandungan selulosa semakin kecil. Hal ini sesuai dengan Gaol dkk. (2013) yang menyatakan bahwa penggunaan suhu tinggi dapat menyebabkan selulosa ikut terdegradasi sehingga *yield* produk turun.

Peningkatan konsentrasi NaOH sebesar 0,07 M dengan suhu pemanasan 75°C didapatkan nilai kandungan selulosa paling tinggi dalam penelitian ini yaitu 35,97%. Hal ini dikarenakan *resistive heating* telah bekerja ke dalam bahan dengan melewati arus listrik dalam bahan sehingga timbul panas internal dalam bahan. Aliran listrik menyebabkan peningkatan suhu yang cepat secara internal pada reaktan, *solven*, dan produk. *Resistive heating* pada cairan mengubah energi listrik menjadi panas secara internal. Efek panas berasal dari bahan yang menjadi tahanan/hambatan listrik ketika dialiri arus listrik. Selain itu efek panas juga ditimbulkan oleh adanya vibrasi yang terjadi antar partikel jerami padi sehingga semakin mempercepat laju reaksi antara partikel bubuk jerami padi dan larutan NaOH.

Proses interaksi panas dari aliran listrik dengan bahan mengakibatkan kandungan hemiselulosa yang mengikat selulosa dapat terurai dan kandungan lignin sebagai lapisan terluar yang menghalangi selulosa mulai turun. Panas yang ditimbulkan oleh *resistive heating* berasal dari vibrasi sel yang menyebabkan terjadinya friksi dan disipasi dalam bentuk panas yang dapat meningkatkan laju difusi alkali (Rahma, 2012). Peningkatan laju difusi akan membantu mempercepat laju difusi alkali ke dalam sel-sel sehingga proses penguraian lignin dan hemiselulosa semakin cepat dan reaksi dapat ditingkatkan serta waktu proses dapat diturunkan. Oleh karena itu, *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* mampu memberikan nilai kandungan selulosa yang lebih tinggi daripada kandungan selulosa sebelum *pretreatment* alkalisasi *resistive heating*.



Gambar 4. Kandungan selulosa jerami padi pada variasi suhu dan konsentrasi NaOH



Gambar 5. Kandungan hemiselulosa jerami padi pada variasi suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH

Pengaruh Pretreatment Alkalisasi Resistive Heating terhadap Kandungan Hemiselulosa Jerami Padi

Pengaruh perlakuan suhu pemanasan dan konsentrasi NaOH terhadap kandungan hemiselulosa jerami padi terdapat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat bahwa kandungan hemiselulosa jerami padi sebelum *pretreatment* adalah 17,46%. *Pretreatment* alkalisasi *resistive heating* menyebabkan pengurangan hemiselulosa jerami padi. Pada *pretreatment* suhu 75 °C, 85 °C, dan 99 °C menunjukkan pengurangan hemiselulosa ketika diberi perlakuan peningkatan konsentrasi NaOH 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M. Pada *pretreatment* suhu 99 °C dengan konsentrasi NaOH 0,03 M, 0,05 M, dan 0,07 M dihasilkan hemiselulosa secara berturut-turut sebesar 13,89%, 10,73%, dan 7,58%. Berdasarkan data tersebut juga didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin kecil kandungan hemiselulosa.

Semakin besar suhu pemanasan maka kandungan hemiselulosa cenderung semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi NaOH 0,07 M dengan suhu *pretreatment*

75 °C, 85 °C, dan 99 °C secara berturut-turut kandungan selulosa menjadi 13,14%, 10,43%, dan 7,58%. Hemiselulosa merupakan golongan zat karbohidrat yang tidak larut dalam air mendidih, tetapi larut dalam alkali encer dan hancur dalam asam encer (Anggoridi, 1979 dalam Dehani dkk., 2013).

Perlakuan Optimum dalam Penelitian

Pretreatment kombinasi alkalisasi dan *resistive heating* pada penelitian ini menghasilkan penurunan kandungan lignin terbesar hingga 4,08% dan penurunan hemiselulosa hingga 9,89% pada perlakuan suhu 99 °C dan konsentrasi NaOH 0,07 M. Pengaruh *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* terhadap kandungan selulosa pada pemberian suhu terendah 75 °C mengakibatkan kandungan selulosa terus meningkat seiring peningkatan konsentrasi NaOH yaitu pada konsentrasi NaOH tertinggi 0,07 M dihasilkan peningkatan selulosa terbesar 8,88%. Namun pada suhu yang lebih tinggi terjadi penurunan selulosa seiring peningkatan konsentrasi NaOH. Berdasarkan Maurya dkk. (2015) *pretreatment* bertujuan untuk meningkatkan akses dan luas permukaan selulosa serta mendegradasi ikatan lignin dan hemiselulosa yang melapisi selulosa. Pada proses pembuatan bioetanol, fraksi selulosa merupakan bagian yang dikonversi lebih lanjut menjadi glukosa untuk kemudian menjadi bioetanol (Mosier dkk., 2005). Oleh karena itu, hasil penelitian yang dipilih sebagai hasil yang optimum adalah *pretreatment* yang menghasilkan peningkatan selulosa tertinggi yaitu pada perlakuan suhu pemanasan 75 °C dan konsentrasi NaOH 0,07 M. Pada variasi perlakuan tersebut dihasilkan pengurangan lignin sebesar 1,39% dan pengurangan hemiselulosa sebesar 4,33%.

Analisis Kebutuhan Energi, Biaya, dan Bahan Kimia

Kebutuhan energi adalah hal yang perlu dianalisis dalam suatu proses mengingat produksi bioetanol nantinya

Tabel 2. Perbandingan kebutuhan energi, biaya, dan zat kimia pada *pretreatment* dengan *autoclave*, *microwave*, dan *resistive heating*

	<i>Autoclave</i> Rokhmah (2011)	<i>Microwave</i> Dehani dkk. (2013)	<i>Resistive Heating</i> PLN (2015)
Spesifikasi alat	Tekanan 304,5 kPa Tegangan 220 V	Panasonic GD 971 Frek 2450 MHz Tegangan 220 V	Kuat arus 0,2 A Tegangan 220V
Daya (Watt)	1500	950	44
Waktu (menit)	60	40	6
Energi (kWh)	1,5	0,633	0,0044
Biaya (Rp 1.352,-/kWh)***	2.028	856,27	5,95
Konsentrasi NaOH (M)	0,5	0,5	0,07
Suhu pemanasan (°C)	107	89	75

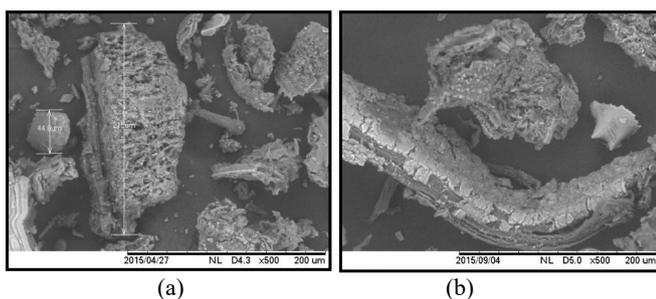
Tabel 3. Perbandingan persentase penurunan dan peningkatan lignin, hemiselulosa, dan selulosa pada beberapa alat *pretreatment*

	<i>Autoclave</i> (Rokhmah, 2011)	<i>Microwave-NaOH pretreatment</i> (Singh dkk., 2014)	Alkalisasi <i>resistive heating</i>
Penurunan lignin	5,86%	12,10%	1,39%, maksimum 4,08%
Penurunan hemiselulosa	17,61%	7,44%	4,32%, maksimum 9,89%
Peningkatan selulosa	turun 2,7%	turun 1,46%	meningkat 8,88%

akan dilakukan dalam skala yang besar. Pada *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* dilakukan analisis kebutuhan energi yang mencakup kebutuhan energi listrik selama proses *pretreatment* dengan alkalisasi *resistive heating*. Kebutuhan energi, biaya dan bahan kimia yang digunakan pada *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* dan perbandingannya dengan metode *pretreatment* terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2. Waktu *pretreatment* dengan alkalisasi *resistive heating* jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode *autoclave* dan *microwave*. Waktu pemanasan yang lebih cepat menyebabkan konsumsi energi dan biaya operasional untuk proses *pretreatment* dengan alkalisasi *resistive heating* lebih rendah dibandingkan dengan metode *autoclave* dan *microwave*. *Pretreatment* menggunakan alkalisasi *resistive heating* dalam penelitian ini membutuhkan konsentrasi bahan kimia NaOH yang jauh lebih rendah yaitu 0,07 M dibandingkan dengan *autoclave* dan *microwave* yang menggunakan konsentrasi NaOH 0,5 M. Suhu pemanasan pada *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* yang menghasilkan peningkatan selulosa paling tinggi pada penelitian ini adalah 75 °C. Suhu pemanasan tersebut juga jauh lebih rendah dibandingkan pemanasan dengan *autoclave* dan *microwave*.

Analisis Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur jerami padi sebelum dan setelah *pretreatment* dilakukan dengan metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Gambar 6 menunjukkan perbedaan penampakan mikrostruktur bubuk jerami padi sebelum (a) dan setelah (b) dilakukan *pretreatment* menggunakan alkalisasi *resistive heating*. Pada pembesaran 500x, bubuk jerami padi



Gambar 6. Hasil SEM jerami dengan pembesaran 500x (a) sebelum *pretreatment* (b) setelah *pretreatment*

sebelum *pretreatment* berbentuk bongkahan kompak dengan rongga-rongga kecil yang menandakan belum terdegradasinya kandungan lignin. Penampakan mikrostruktur bubuk jerami padi yang telah dilakukan *pretreatment* memiliki rongga-rongga lebih banyak dan berukuran lebih besar daripada sebelum dilakukan *pretreatment*. Hal ini disebabkan ikatan lignin telah terurai dan mampu memecah karbohidrat pada jerami padi yang didalamnya terkandung selulosa dan hemiselulosa. Luas permukaan bongkahan semakin besar menandakan semakin besarnya luas permukaan biomassa. Peningkatan luas permukaan biomassa menyebabkan kontak enzim terhadap selulosa pada proses hidrolisis akan semakin mudah dan meningkatkan glukosa yang terkonversi dari selulosa.

Perbandingan dengan Alat *Pretreatment* Lain

Perbandingan perubahan kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa dengan penelitian yang menggunakan alat *pretreatment* lain yaitu *autoclave* Rokhmah (2011) dan *microwave* Singh dkk. (2014) dapat dilihat pada Tabel 3. Persentase penurunan lignin dan hemiselulosa pada metode alkalisasi-*resistive heating* lebih rendah dibandingkan metode *autoclave* maupun *microwave*. Namun, peningkatan selulosa pada *pretreatment* dengan metode alkalisasi *resistive heating* lebih tinggi dibandingkan metode *autoclave* dan *microwave*. Semakin besar kandungan selulosa maka semakin besar pula glukosa yang akan dikonversi menjadi bioetanol.

KESIMPULAN

Perlakuan dengan peningkatan selulosa terbesar dalam penelitian ini adalah *pretreatment* dengan suhu 75 °C dan konsentrasi NaOH 0,07 M sebesar 8,88%. Peningkatan selulosa terjadi karena ada kandungan lignin yang berkurang yaitu sebesar 1,39% dan pengurangan hemiselulosa sebesar 4,33%. Penerapan *pretreatment* alkalisasi *resistive heating* pada bahan selulosa seperti jerami padi memiliki kelebihan antara lain rendahnya kebutuhan energi, biaya operasional serta bahan kimia dibandingkan dengan *pretreatment* menggunakan *autoclave* dan *microwave*.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2014). *Tabel luas panen-produktivitas-produksi tanaman padi seluruh provinsi*. <http://www.bps.go.id/Subjek/view/id/53#subjekViewTab3>. [25 September 2014].
- Castro, A., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K. dan Vicente, A.A. (2004). Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science Emerging Technologies* **5**(1): 27-36.
- Dehani, F.R., Argo, B.D. dan Yulianingsih, R. (2013). Pemanfaatan iradiasi gelombang mikro untuk memaksimalkan proses pretreatment degradasi lignin jerami padi (pada produksi bioetanol). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis* **1**(1): 13-20.
- Gaol, M.R.L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, I., Manurung, R. (2013). Pembuatan selulosa asetat dari α -selulosa tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU* **2**(3): 33-39.
- Jalaluddin dan Rizal, S. (2005). Pembuatan pulp dari jerami padi menggunakan natrium hidroksida. *Jurnal Sistem Teknik Industri* **6**(5): 53-56.
- Maurya, D.P., Singla, A. dan Negi, S. (2015). An overview of key pretreatment process for biological conversion of lignocellulosic biomass to bioethanol. *Biotech* **5**(3): 1-13.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M. dan Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology* **96**(6): 673-686.
- Ni'mah, F., Argo, D.B., Lutfi, M., Maharani, D.M. dan Putranto, A.W. (2014). Perbandingan proses pretreatment degradasi lignin jerami padi dengan wet milling dan dry milling pada produksi bioetanol. *Jurnal Teknologi Pertanian* **15**(2): 77-84.
- PLN. (2015). *Tarif listrik Juni 2015*. <http://www.pln.go.id> diakses pada 26 Agustus 2015 pukul 22.52.
- Rahma, R.N.S. (2012). *Studi Pengaruh Lama Pemanasan dan Konsentrasi Koh Selama Pemanasan Ohmic terhadap Laju Pengeringan dan Rendemen SRC (Semi Refined Carrageenan)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rokhmah, I. (2011). *Pengaruh Pretreatment (Delignifikasi) Bertekanan terhadap Kandungan Bubuk Jerami Padi Giling pada Produksi Bioetanol*. Skripsi. Jurusan Keteknikan Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Sastry, S. (2008). Ohmic heating and moderate electric field processing. *Journal Food Science and Technology International* **14**(5): 419.
- Singh, R., Tiwari, S., Srivastava, M. dan Shukla, A. (2014). Microwave assisted alkali pretreatment of rice straw for enhancing enzymatic digestibility. *Journal of Energy* **2014**: 1-7.