

Microwave-Assisted Hydrolysis Batang Tembakau untuk Produksi Gula Pereduksi sebagai Bahan Baku Bioetanol

Bekti Palupi^{1,2*}, Bimo Bayu Aji¹, Mizanurafi' Ghifarhadi Prasiefi¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Istiqomah Rahmawati^{1,2}, Boy Arief Fachri^{1,2}, Meta Fitri Rizkiana^{1,2}, dan Helda Wika Amini^{1,2}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Indonesia

² Research Center for Biobased Chemical Product, Universitas Jember, Indonesia

*) *Corresponding author*: bekti.palupi@unej.ac.id

Abstract

Tobacco plants that are produced on a large scale in Indonesia actually have 1 (one) problem, namely the waste from the stems of around 2,000,000 tons which is available every year and has not been utilized. Plant stems generally contain lignin, cellulose and hemicellulose, including tobacco stems which become waste. The lignin content was first removed by an alkaline pretreatment process before hydrolysis. The hydrolysis process uses microwave-assisted with a base will convert cellulose and hemicellulose into reducing sugars which are then fermented to obtain bioethanol. The hydrolysis process in this study used 3 grams of powdered tobacco stems pretreatment and mixed with sodium hydroxide solution (NaOH) with a concentration range of 2 - 5%. Next use microwave to be irradiated with a power of 250 - 350 watts for 5 - 15 minutes. This research uses Software Design Expert adapted from the approach Response Surface Methodology (RSM) as well as models Central Composite Design (CCD) so that 20 runs were obtained in this study. The highest reducing sugar yield of 7.40 mg/mL was obtained in the 17th experiment with a 2% NaOH solution concentration, microwave 350 watts, and for 15 minutes.

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara yang memproduksi tembakau dalam skala besar, namun demikian hal ini menimbulkan masalah berupa limbah batang tembakau sekitar 2.000.000 ton tiap tahunnya dan belum dimanfaatkan. Batang tumbuhan secara umum mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa, termasuk batang tembakau yang menjadi limbah. Kandungan lignin terlebih dahulu dihilangkan dengan proses pretreatment basa sebelum hidrolisis. Proses hidrolisis yang menggunakan *microwave-assisted* dengan basa akan mengkonversi selulosa dan hemiselulosa menjadi gula pereduksi yang selanjutnya difermentasi untuk memperoleh bioetanol. Proses hidrolisis dalam penelitian ini menggunakan 3 gram serbuk batang tembakau yang sudah dipretreatment dan dicampurkan dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan rentang konsentrasi 2 - 5%. Selanjutnya diproses menggunakan *microwave* untuk diiradiasi dengan daya 250 - 350 watt selama 5 - 15 menit. Penelitian ini menggunakan *Software Design Expert* yang disesuaikan dari pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) serta model *Central Composite Design* (CCD) sehingga didapatkan 20 kali running pada penelitian ini. Hasil gula pereduksi paling tinggi sebesar 7,40 mg/mL didapatkan pada percobaan ke-17 dengan konsentrasi larutan NaOH 2%, daya *microwave* 350 watt, dan selama 15 menit.

Keywords: *bioethanol, microwave-assisted hydrolysis, reducing sugar, tobacco stems*

PENDAHULUAN

Tumbuhan tembakau termasuk tanaman komoditas pertanian serta memegang peranan penting dalam perdagangan di Indonesia. Industri rokok di Indonesia terus bertumbuh setiap tahunnya, yang semula berupa industri rumah tangga kini berubah menjadi industri berskala nasional dan multinasional. Industri rokok banyak berpengaruh dalam perekonomian nasional sebagai penyumbang penerimaan negara lewat cukai. Berkembangnya industri rokok juga berpengaruh pada kebutuhan akan tembakau di Indonesia [1]. Produksi tembakau yang terdapat di Negara Indonesia terbesar keenam di dunia setelah India, Cina, Amerika Serikat, Malawi, dan Brazil. Produksinya mencapai 136 juta ton ($\pm 1,91\%$ produksi tembakau dunia). Daerah dengan jumlah produksi tembakau terbanyak di Indonesia terdapat di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), Jawa Timur, dan Jawa Tengah. Menurut data dari Direktorat Jendral Perkebunan, jumlah produksi tembakau Indonesia dari tahun 2017 sampai 2021 mengalami kenaikan, produksi pada tahun 2017 sebesar 181.142 ton dan naik menjadi 261.011 ton pada tahun 2021. Sejak tahun 2013 – 2015, Jawa Timur merupakan penghasil tembakau terbanyak dengan produksi terbanyak yang terdapat pada Kabupaten Jember [2]. Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember menunjukkan produksi tembakau Kabupaten Jember mencapai 11.285 ton pada tahun 2018 dan 15.468 ton pada tahun 2019.

Limbah batang tembakau dari proses panen selama ini masih belum dimanfaatkan oleh para petani di Indonesia, mayoritas dibiarkan begitu saja sampai mengering kemudian dibakar. Kegiatan tersebut dapat menimbulkan efek buruk terhadap lingkungan sekitar karena kandungan nikotin di dalamnya [3]. Jumlah kandungan selulosa dalam batang tembakau relatif tinggi mencapai 35 - 40%. Kandungan selulosa yang terdapat sekitar 60% pada kayu adalah hasil sintesis tanaman yang berupa karbohidrat. Tingginya kandungan selulosa dalam batang tembakau menjadikannya cukup potensial untuk diolah kembali menjadi produk olahan seperti bioetanol, bioplastik, dan kertas [4].

Bioetanol merupakan etanol (C_2H_5OH) yang dihasilkan dari biomassa dengan kandungan pati, selulosa, ataupun gula [5]. Teknologi biokimia dengan proses hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian menggunakan distilasi serta dehidrasi dilakukan untuk mendapatkan bioetanol [6]. Prosedur hidrolisis memiliki tujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dengan ikatannya yang dipecah serta struktur kristal selulosa yang dirusak agar glukosa dapat diperoleh dengan mudah oleh terurainya selulosa. Hemiselulosa yang terkandung akan terurai menjadi manosa, glukosa, xilosa, heksosa, galaktosa, arabinosa, dan pentosa. Metode pada proses hidrolisis yang digunakan untuk bahan lignoselulosa dapat berupa hidrolisis enzimatis, basa, dan asam. Hidrolisis enzimatis akan menghasilkan *yield* etanol yang lebih tinggi dibandingkan hidrolisis asam, namun metode menggunakan enzimatis membutuhkan biaya yang cukup mahal [7]. Hidrolisis asam dengan bantuan asam kuat (H^+) seperti HCl atau H_2SO_4 yang tentunya memiliki konsentrasi tinggi akan menyebabkan efek negatif bagi lingkungan dan hasil rendemen yang rendah [8]. Penggunaan basa untuk hidrolisis bergantung pada berapa persentase banyaknya lignin dalam lignoselulosa yang dapat meningkatkan porositas lignoselulosa karena pemutusan komponen hemiselulosa serta lignin terhadap ikatan ester hemiselulosa. Penguraian selulosa akan menyebabkan peningkatan pada luas permukaan lignoselulosa, mengacaukan struktur lignin, pemisahan ikatan antara lignin dengan karbohidrat, menurunkan derajat polimerisasi, dan mengurangi area kristalinitas. Hal yang dapat menjawab masalah yang ada sebelumnya adalah dengan menggunakan bantuan *microwave* pada proses hidrolisis. Proses hidrolisis selulosa menggunakan basa dengan bantuan *microwave* dapat mempersingkat waktu konversi pati menjadi glukosa sederhana jika

dikomparasikan terhadap pemanasan metode konvensional yang menggunakan *hot plate stirrer*. Kecepatan konversi glukosa dari pati dapat bertambah hingga 50 – 100 kali lipat dengan menggunakan iradiasi *microwave* karena semakin banyak energi yang diterima oleh sampel berkaitan dengan penambahan suhu yang akan membuat molekulnya bergerak lebih acak dan lebih cepat yang menyebabkan reaksinya berjalan semakin cepat. Konsentrasi basa yang digunakan juga lebih sedikit sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan, serta dapat mempersingkat waktu produksi dan menghemat pengeluaran [8]. Namun daya *microwave* yang digunakan tidak boleh lebih dari 350 watt dan waktunya tidak boleh lebih dari 15 menit, karena dikhawatirkan selain terjadinya reaksi hidrolisis juga akan terjadi reaksi oksidasi.

Hasil hidrolisis basa menghasilkan gula pereduksi lebih banyak dibandingkan dengan hidrolisis asam seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu tentang Hidrolisis

No.	Bahan Baku	Proses	Kondisi Operasi	Hasil Gula Pereduksi	Referensi
1.	Bambu Betung	Hidrolisis enzimatis dan asam dibantu <i>microwave</i>	H ₂ SO ₄ 1%, konsentrasi substrat 1% dengan perlakuan awal biologis 5% inokulum dan perlakuan <i>microwave</i> 5 menit (330 W)	16,65% per bambu awal	[9]
2.	Sampah Buah-Buahan	Hidrolisis enzimatis	60 g limbah organik buah-buahan, 400 mL aquadest, 6 mL gluko amilase dengan suhu 55°C, dan 1 mL alpha amilase pada suhu 95°C	0,0570 M	[6]
3.	Ampas Biji Sorgum	Hidrolisis asam	H ₂ SO ₄ 0,5 N dengan temperatur 200 °C serta waktu hidrolisis selama 40 menit	42,71 mg/L	[8]
4.	Batang Tembakau	Hidrolisis asam	HCl 8%, waktu 60 menit pada suhu 70°C	13,66 mg/mL	[3]
5.	Sekam Padi	Hidrolisis menggunakan katalis karbon aktif tersulfonasi (KA-SO ₃ H)	Daya 400 W, 9 menit, rasio KA-SO ₃ H : selulosa 1:8, 1 g katalis, 8 g substrat	330,51 ppm	[10]
6.	Jerami Padi	Hidrolisis enzimatis dengan pretreatment <i>microwave</i>	Rasio 1 <i>Aspergillus niger</i> : 2 <i>Trichoderma reseei</i> , 64 jam	12,169 g/L	[11]
7.	Kulit Singkong	Hidrolisis asam dan enzimatis	H ₂ SO ₄ 4%, 240 menit	4,160 %	[12]
8.	<i>Ulva fasciata</i>	Hidrolisis Basa	NaOH 1%, 121 °C, 30 menit	444 mg/gr	[13]
9.	<i>Hindakia tetrachotoma</i>	Hidrolisis Basa	NaOH 2 M, 121 °C, 30 menit	82 %	[14]
10.	<i>Cystoseira compressa</i>	Hidrolisis Basa	NaOH 4%, 121 °C, 20 menit	19,76 gr/100gr biomasa	[15]

Proses hidrolisis basa dengan bantuan *microwave* yang diterapkan pada serbuk batang tembakau akan mengubah kandungan selulosa dan hemiselulosa menjadi gula pereduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi operasi yang memberikan hasil gula pereduksi tertinggi pada proses hidrolisis batang tembakau dengan menggunakan *microwave*.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *microwave* Electrolux, spektrofotometer UV/VIS Model 752AP, neraca analitik, dan peralatan gelas.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini serbuk batang tembakau, NaOH Merck padat, dan aquades.

Variabel Penelitian pada Proses Hidrolisis

Penelitian ini menggunakan variabel bebas yang meliputi konsentrasi NaOH 2 – 5%, waktu hidrolisis 5 – 15 menit, dan daya *microwave* 250 – 350 watt.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi 2 tahapan, yaitu *pretreatment* dan hidrolisis. Proses *pretreatment* dilakukan sesuai dengan penelitian sebelumnya [[16],[17]] , sedangkan proses hidrolisis dilakukan menggunakan metode *microwave-assisted hydrolysis* dengan variabel konsentrasi NaOH, waktu hidrolisis, dan daya *microwave*.

Pretreatment

Serbuk batang tembakau yang telah diayak dengan ayakan 120 mesh akan dipretreatment dengan larutan NaOH 6% yang selanjutnya dicampur dengan serbuk batang tembakau dengan perbandingan 1:10. Lalu dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 140 °C dan kecepatan putar 150 rpm selama 1 jam.

Microwave-Assisted Hydrolysis

Serbuk batang tembakau yang sudah dipretreatment basa ditimbang sebanyak 3 gram, dimasukkan pada gelas *beaker* kemudian dicampur dengan 75 mL [16] larutan NaOH dengan konsentrasi 2 – 5%. Campuran tersebut dihomogenkan dan diiradiasi menggunakan *microwave* dengan daya 250 – 350 watt selama 5 – 15 menit. Penelitian dilakukan dengan 20 kali *running* dengan variasi data yang didapat dari *Software Design Expert*, disesuaikan dari pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) serta model *Central Composite Design* (CCD) sesuai dengan yang ditampilkan pada Tabel 2. Hasil hidrolisis kemudian disaring menggunakan kertas saring. Cairan hasil penyaringan lalu dianalisis kadar gula pereduksinya melalui spektrofotometer UV/VIS dengan metode DNS (*Dinitrosalicylic acid*).

Analisis Hasil

Analisis kadar gula pereduksi menggunakan spektrofotometer UV/VIS dengan metode DNS (*Dinitrosalicylic acid*). Kurva standar glukosa dibuat dengan larutan glukosa sebanyak 1 ml dengan variasi konsentrasi glukosa 50, 100, 150, 200, 250 ppm. Larutan glukosa dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan dengan 3 ml larutan DNS dan dipanaskan

dengan *hot plate* pada suhu 100°C selama 5 menit, kemudian didinginkan sampai suhu ruangan. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 550 nm menggunakan alat spektrofotometer UV/VIS. Nilai absorbansi larutan yang didapatkan kemudian di plot sehingga didapatkan kurva standar glukosa. Kadar gula pereduksi dihitung menggunakan persamaan regresi linear dari kurva yang terbentuk [18].

Tabel 2. Variasi Data Hidrolisis Basa

Run	Konsentrasi NaOH (%)	Waktu Hidrolisis (menit)	Daya <i>Microwave</i> (watt)
1	5	15	250
2	3,5	18,409	300
3	3,5	10	300
4	3,5	10	300
5	5	5	250
6	3,5	10	215,91
7	2	5	350
8	2	5	250
9	6,02269	10	300
10	3,5	10	300
11	2	15	250
12	5	5	350
13	3,5	10	384,09
14	3,5	10	300
15	3,5	1,59104	300
16	0,977311	10	300
17	2	15	350
18	3,5	10	300
19	3,5	10	300
20	5	15	350

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisis basa dilakukan dengan menggunakan tiga variabel bebas yaitu konsentrasi NaOH, waktu hidrolisis, dan daya *microwave*. Tabel 3 menunjukkan data kadar gula pereduksi yang diperoleh dari proses hidrolisis lignosesulosa dari *running* 1 sampai 20. Pada Tabel 3, kadar gula pereduksi terbesar terdapat pada sampel 17 sebesar 7,4 mg/mL dengan kondisi proses hidrolisis 2% konsentrasi NaOH, selama 15 menit, dan daya 350 watt. Hasil ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [3] yang melakukan proses hidrolisis batang tembakau menggunakan HCl 8%, waktu 60 menit pada suhu 70 °C dengan hasil gula pereduksi sebesar 13,66 mg/mL. Namun, proses hidrolisis dengan metode *microwave-assisted*

hydrolysis pada penelitian ini menggunakan waktu yang lebih singkat. Faktor lain yang mempengaruhi hasilnya adalah asal bahan baku. Pada penelitian ini bahan bakunya adalah batang tembakau dari Jember, sedangkan pada penelitian sebelumnya [3] menggunakan batang tembakau dari Mataram.

Tabel 3. Hasil Kadar Gula Pereduksi

Run	Konsentrasi NaOH (%)	Waktu Hidrolisis (menit)	Daya <i>Microwave</i> (watt)	Kadar Gula Pereduksi (mg/mL)
1	5	15	250	2,73
2	3,5	18,409	300	5,12
3	3,5	10	300	1,43
4	3,5	10	300	0,86
5	5	5	250	0,79
6	3,5	10	215,91	0,75
7	2	5	350	0,71
8	2	5	250	0,57
9	6,02269	10	300	1,66
10	3,5	10	300	0,86
11	2	15	250	0,89
12	5	5	350	1,01
13	3,5	10	384,09	1,75
14	3,5	10	300	0,64
15	3,5	1,59104	300	0,44
16	0,977311	10	300	1,85
17	2	15	350	7,4
18	3,5	10	300	1,08
19	3,5	10	300	0,89
20	5	15	350	5,86

Analysis of Variance (ANOVA) Kadar Gula Pereduksi

Data yang telah didapatkan dari penelitian akan diuji dengan *Analysis of Variance (ANOVA)* menggunakan *Software Design Expert*. Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui variabel bebas dalam penelitian (konsentrasi NaOH, waktu hidrolisis, dan daya *microwave*) yang mempunyai pengaruh terhadap variabel terikat (kadar gula pereduksi). Hasil uji ANOVA pada kadar gula pereduksi terdapat pada Tabel 4.

Nilai maksimum peluang kesalahan (nilai α) pada penelitian ini adalah 5% atau 0,05 yang menjadi penentu dalam menentukan signifikansi tiap variabelnya. Jika nilai *P-value* lebih besar dari nilai α maka variabel tersebut tidak signifikan dan apabila nilai *P-value* lebih kecil dari nilai

α variabel tersebut signifikan. Berdasarkan data dari Tabel 4 nilai *P-value* untuk variabel A–konsentrasi NaOH sebesar 0,8663, hal ini menunjukkan bahwa variabel A tidak signifikan atau tidak berpengaruh terhadap respon karena nilainya yang lebih besar dari 0,05. Nilai *P-value* variabel B-waktu hidrolisis adalah < 0.0001 yang tentunya lebih kecil dari nilai α , sehingga variabel B ini signifikan. Variabel C-daya *microwave* memiliki nilai signifikan sebesar 0,0024 yang menunjukkan variabel C juga signifikan karena nilainya lebih kecil dari nilai α . Selain itu variabel BC dan B² juga signifikan dalam penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pengaruh terhadap variabel terikat yang diamati. Berdasarkan analisis hasil dengan *Design Expert* didapatkan persamaan untuk menghitung kadar gula pereduksi seperti pada Persamaan 1 sebagai berikut.

$$Y = 13,3509 + 0,50317A - 1,6623B - 0,06067C - 0,00366AB - 0,0055AC + 0,00464BC \quad (1) \\ + 0,17255A^2 + 0,030026B^2 + 0,0000838C^2$$

Keterangan:

Y : Kadar gula pereduksi (mg/mL)

A : Konsentrasi NaOH (%)

B : Waktu hidrolisis (menit)

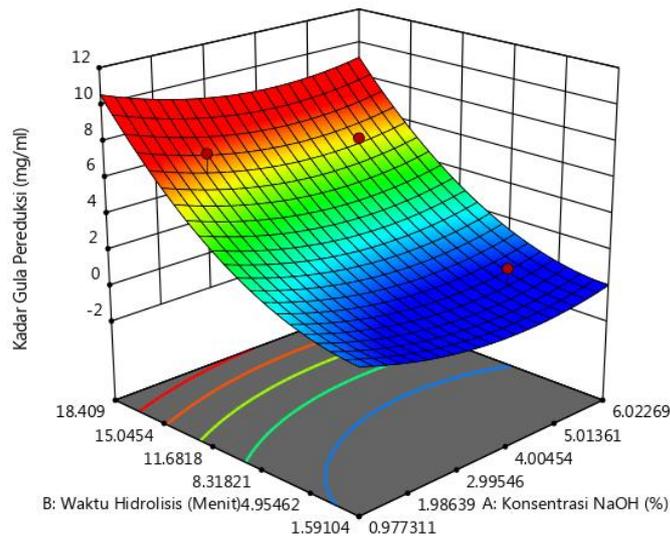
C : Daya *microwave* (watt)

Tabel 4. Hasil ANOVA dari Kadar Gula Pereduksi

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>P-value</i>	
<i>Model</i>	66,25	9	7,36	11,98	0,0003	<i>significant</i>
A - Konsentrasi NaOH	0,0183	1	0,0183	0,0299	0,8663	
B - Waktu Hidrolisis	34,39	1	34,39	55,98	$< 0,0001$	
C - Daya <i>Microwave</i>	9,99	1	9,99	16,27	0,0024	
AB	0,0061	1	0,0061	0,0098	0,9229	
AC	1,36	1	1,36	2,22	0,1674	
BC	10,76	1	10,76	17,52	0,0019	
A ²	2,17	1	2,17	3,54	0,0894	
B ²	8,12	1	8,12	13,22	0,0046	
C ²	0,6338	1	0,6338	1,03	0,3337	
<i>Residual</i>	6,14	10	0,6143			
<i>Lack of Fit</i>	5,78	5	1,16	15,94	0,0043	<i>significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,3626	5	0,0725			
Cor Total	72,39	19				

Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Gula Pereduksi

Gambar 1 merupakan grafik hubungan antara waktu hidrolisis dan konsentrasi NaOH terhadap kadar gula pereduksi pada daya *microwave* yang konstan. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis maka semakin besar kadar gula pereduksi yang dihasilkan, sedangkan besar kecilnya konsentrasi NaOH tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar gula pereduksi. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar gula pereduksi cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya waktu hidrolisis. Hal ini juga disebutkan oleh Ozvaldo dkk.[7], yang menyatakan bahwa semakin lama waktu hidrolisis maka kesempatan selulosa melakukan dekomposisi lebih panjang, sehingga kadar gula pereduksi naik.



Gambar 1. Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi NaOH terhadap Kadar Gula Pereduksi

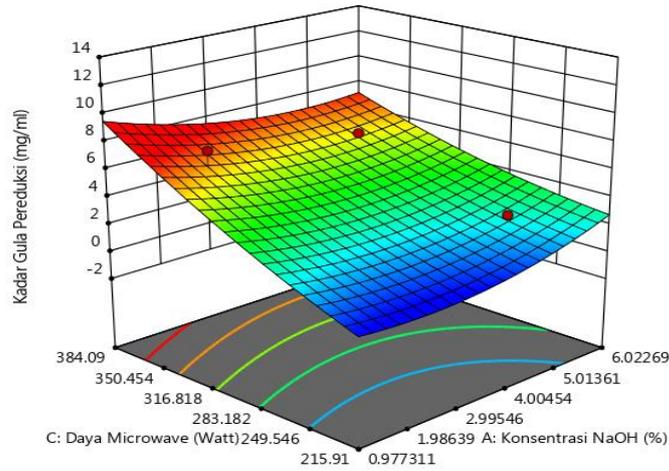
Pengaruh Daya *Microwave* dan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Gula Pereduksi

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara daya *microwave* dan konsentrasi NaOH terhadap kadar gula pereduksi pada waktu hidrolisis yang konstan. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar daya *microwave* maka semakin besar kadar gula pereduksi yang dihasilkan, sedangkan semakin kecil konsentrasi NaOH maka kadar gula pereduksi semakin meningkat. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian dari Kamath dkk. [19], yang menunjukkan kadar gula pereduksi lebih rendah jika menggunakan daya *microwave* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan daya yang lebih tinggi. Penelitian dari Thangavelu dkk. [20], juga menunjukkan bahwa peningkatan daya *microwave* memberikan efek yang positif terhadap kadar gula pereduksi.

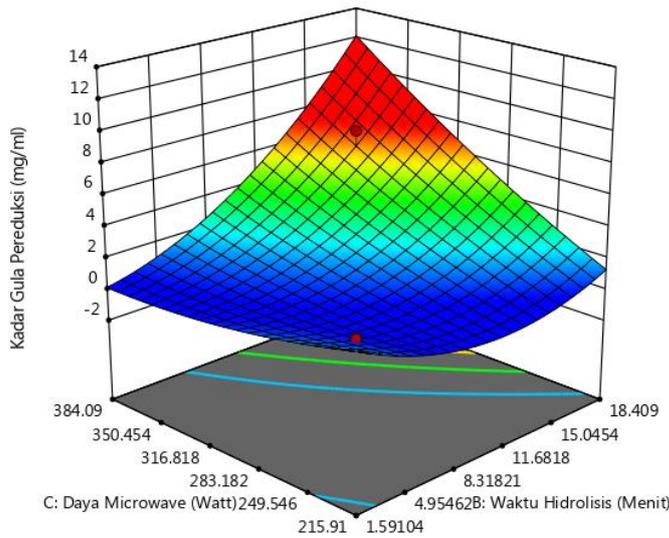
Pengaruh Daya *Microwave* dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Gula Pereduksi

Gambar 3 merupakan grafik hubungan antara daya *microwave* dan waktu hidrolisis terhadap kadar gula pereduksi pada konsentrasi NaOH yang konstan. Pada Gambar 3

menunjukkan bahwa semakin besar daya *microwave* dan waktu hidrolisis maka semakin besar kadar gula pereduksi yang dihasilkan. Dapat dikatakan bahwa kadar gula pereduksi akan meningkat berbanding lurus dengan bertambahnya daya *microwave* dan waktu hidrolisis.



Gambar 2. Pengaruh Daya *Microwave* dan Konsentrasi NaOH terhadap Kadar Gula Pereduksi

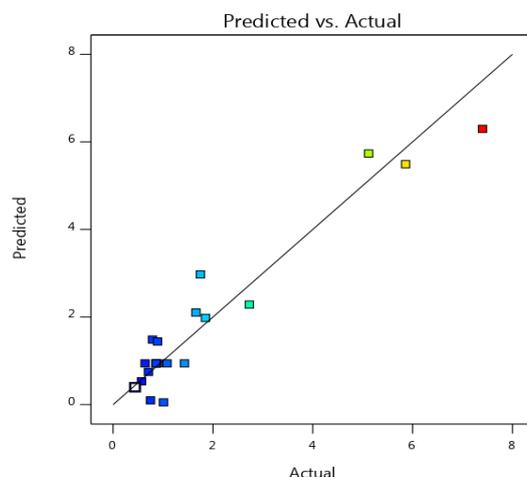


Gambar 3. Pengaruh Daya *Microwave* dan Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Gula Pereduksi

Analisis Parity Plot

Gambar 4 merupakan grafik yang diperoleh dari hasil plotingan data aktual kadar gula pereduksi dengan data prediksi. Garis lurus pada grafik adalah data prediksi, sedangkan data aktual dari masing-masing *running* dipresentasikan sebagai titik-titik pada grafik. Dapat dilihat pada grafik yang dihasilkan, sebagian besar data aktual yang didapatkan sudah mendekati data yang telah diprediksikan. Terdapat beberapa data yang hasil *yield*nya jika dibandingkan dengan data prediksi hasilnya kurang tepat. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa kekurangan dalam

penelitian, diantaranya adalah ketika proses hidrolisis berlangsung, banyak pelarut yang meluap dalam prosesnya serta pengaturan daya *microwave* yang kurang presisi karena keterbatasan alat yang ada.



Gambar 4. Hasil *plotting* data prediksi vs aktual

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu variabel waktu hidrolisis dan daya *microwave* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil gula pereduksi. Hasil gula pereduksi paling tinggi pada penelitian ini sebesar 7,40 mg/mL didapatkan pada percobaan ke-17 dengan konsentrasi larutan NaOH 2%, daya *microwave* 350 watt, dan selama 15 menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah memberikan Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rachmat, "Pengembangan Ekonomi Tembakau Nasional: Kebijakan Negara Maju Dan Pembelajaran Bagi Indonesia," *Anal. Kebijak. Pertan.*, vol. 8, no. 1, pp. 67–83, 2010.
- [2] M. R. Nailiyah, S. Subiki, and S. Wahyuni, "Pengembangan Modul IPA Tematik Berbasis Etnosains Kabupaten Jember Pada Tema Budidaya Tanaman Tembakau Di SMP," *J. Pembelajaran Fis. Univ. Jember*, vol. 5, no. 3, pp. 261–269, 2016.
- [3] S. S. Handayani, A. Amrullah, R. Tarnanda, and B. A. Rahayu, "Proses Degradasi Lignin Pada Limbah Batang Tembakau Sebagai Persiapan Produksi Bioetanol," *J. Pijar Mipa*, vol. 13, no. 2 SE-Articles, pp. 140–146, Sep. 2018.
- [4] M. Anwar, Murah, and Muhammad Zainuddin, "Identifikasi Manfaat Limbah Batang Tembakau Di Kabupaten Lombok Timur: Pengelolaan Limbah Pertanian Dengan Konsep Eco-Farming," *J. Ilm. Rinjani Media Inf. Ilm. Univ. Gunung Rinjani*, vol. 9, no. 2 SE-Articles, pp. 11–21, Jul. 2021.
- [5] Herliati, Sefaniyah, and A. Indri, "Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai," *Teknologi*,

- vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [6] R. N. Hidayati, P. Qudsi, and D. R. Wicakso, “Hidrolisis Enzimatis Sampah Buah-buahan Menjadi Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol,” *J. Konversi UNLAM*, vol. 5, no. 1, pp. 18–21, 2016.
- [7] Z. S. Osvaldo, S. Putra, and M. Faizal, “Pengaruh Konsentrasi Asam Dan Waktu Pada Proses Hidrolisis Dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dari Alang-Alang,” 2012.
- [8] S. M. D. Kolo and E. Edi, “Hidrolisis Ampas Biji Sorgum dengan Microwave untuk Produksi Gula Pereduksi sebagai Bahan Baku Bioetanol,” *J. Saintek Lahan Kering*, 2018.
- [9] W. Fatriasari and E. Hermiati, “Lignocellulosic biomass for bioproduct: its potency and technology development,” 2016.
- [10] L. Efiyanti, S. Sutanto, N. Hakimah, D. A. Indrawan, and G. Pari, “Karakterisasi dan Potensi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Limbah Kayu pada Reaksi Hidrolisis Sekam Padi Menggunakan Microwave,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 37, no. 2, pp. 67–80, 2019.
- [11] B. D. Kodri, Argo and R. Yulianingsih, “Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave,” *J. Bioproses Komod. Trop.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–43, 2013.
- [12] A. Artiyani and E. S. Soedjono, “Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisis Dan Fermentasi Dengan *Saccharomyces cerevisiae*,” *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XIII*, pp. 1–8, 2011.
- [13] R. A. fatah Hamouda, S. A. Sherif, G. T. M. Dawoud, and M. M. Ghareeb, “Enhancement of bioethanol production from *Ulva fasciata* by biological and chemical saccharification,” *Rend. Lincei*, vol. 27, pp. 665–672, 2016.
- [14] M. Onay, “Bioethanol production via different saccharification strategies from *H. tetrachotoma* ME03 grown at various concentrations of municipal wastewater in a flat-photobioreactor,” *Fuel*, vol. 239, pp. 1315–1323, 2019.
- [15] R. A. Hamouda, M. H. Hussein, and N. E.-A. El-Naggar, “Potential value of red and brown seaweed for sustainable bioethanol production,” *Bangladesh J. Bot.*, vol. 44, no. 4 SE-Articles, pp. 565–570, Oct. 2018.
- [16] B. Palupi, B. A. Fachri, I. Rahmawati, M. F. Rizkiana, and H. W. Amini, “Pretreatment of tobacco stems as bioethanol raw material: The effect of temperature and time using chemical method,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2278, no. 1, 2020.
- [17] G.-N. Guo, B. Cai, R. Li, X. Pan, M. Wei, and C. Zhang, “Enhancement of saccharification and ethanol conversion from tobacco stalks by chemical pretreatment,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 11, no. 4, pp. 1085–1092, 2021.
- [18] P. D. Ulfana, “Kajian Proses Hidrolisis Asam Rumput Laut *Gracillaria salicornia* dan *Sargassum* sp.,” 2010.
- [19] H. V. Kamath, A. Shenoy, I. Crasta, S. S. M. Rao, K. B. Udbhavi, and C. V. Rao, “Microwave Assisted Hydrolysis of Cellulose to Release Sugars from *Pongamia* Oil Cake for its use in Bioethanol Production,” *Chem. Sci. Trans.*, 2018.
- [20] S. K. Thangavelu, T. Rajkumar, D. K. Pandi, A. S. Ahmed, and F. N. Ani, “Microwave assisted acid hydrolysis for bioethanol fuel production from sago pith waste,” *Waste Manag.*, vol. 86, pp. 80–86, 2019.