

PENGARUH WAKTU PENGERINGAN DAN RASIO BAHAN BAKU/STARTER *Zymomonas mobilis* PADA PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI ROBUSTA

Mohammad Akbar Hidayat Putra¹, Herry Purnama²

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura, Surakarta, Indonesia 57162
Email: hp269@ums.ac.id¹

Abstrak

*Kebutuhan energi saat ini hampir seluruhnya dipasok oleh bahan bakar fosil yang semakin menipis jumlahnya. Oleh karena itu perlu dikembangkan bahan bakar alternatif terbarukan dan ramah lingkungan, seperti bioetanol. Bioetanol merupakan alternatif bahan bakar yang berasal dari bahan alam terbarukan atau biomassa, salah satunya adalah kulit biji kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengeringan pada saat perlakuan awal bahan baku kulit kopi dan perbandingan jumlah starter yang ditambahkan selama fermentasi pada proses pembuatan bioetanol. Pada proses pengeringan, variabel waktu yang digunakan adalah 2 dan 4 jam. Variabel rasio bahan baku/starter yang digunakan adalah 4, 8, dan 12% (v/v). Pada tahap hidrolisis, dilakukan dengan metode asam menggunakan HCl. Langkah selanjutnya adalah fermentasi dengan starter *Zymomonas mobilis* selama tujuh hari. Cairan hasil fermentasi kemudian dilakukan destilasi dua tahap, yaitu distilasi sederhana dan distilasi ekstraktif menggunakan pelarut dietilena glikol. Hasil destilasi dari fermentasi diuji kandungan etanolnya menggunakan gas chromatography (GC). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi, dengan kondisi terbaik pada waktu pengeringan bahan baku selama 2 jam dan perbandingan starter 8% dengan rendemen 21,37% dan kadar etanol mencapai 58,41%.*

Kata-kata kunci : *Bioetanol, fermentasi, hidrolisis, kulit kopi, *Zymomonas mobilis**

Pendahuluan

Seiring dengan ketersediaan energi di dunia yang semakin menipis sedangkan kebutuhan akan energi semakin hari semakin meningkat, hal ini mendorong peneliti untuk mencari sumber energi baru sebagai energi alternatif, salah satunya adalah bioetanol. Oleh karena itu dilakukan upaya mencari bahan baku alternatif lain dari sektor non pangan untuk pembuatan etanol. Bahan selulosa memiliki potensi sebagai bahan baku alternative pembuatan etanol. Menurut Indartono (2005), bioetanol memiliki kelebihan dibanding dengan BBM, diantaranya memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (35%) sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi (118) dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas CO lebih rendah 19–25% (Siswati, Yatim, & Hidayanto, 2010). Salah satu contoh limbah adalah limbah kulit kopi. Ketersediaan limbah kulit kopi cukup besar, pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi (Efendi & Harta, 2013). Sedangkan produksi kopi Indonesia pada tahun 2009 mencapai total 689 ribu ton (Melyani, 2009 dalam Siswati et al., 2010). Limbah kulit kopi mempunyai kandungan serat sebesar 65,2 %

Potensi limbah yang diperoleh dari tahapan pengolahan kopi adalah kulit kopi yang terdiri atas kulit buah basah, limbah cair yang mengandung lendir, dan kulit gelondong kering maupun cangkang kering. Limbah sampingan berupa kulit kopi jumlahnya berkisar antara 50-60% dari hasil panen. Bila hasil panen sebanyak 1000 kg kopi segar berkulit, maka yang menjadi biji kopi sekitar 400-500 kg dan sisanya adalah hasil sampingan berupa kulit kopi. Kulit gelondong kering yang terdiri dari kulit luar dan kulit buah mengandung gula reduksi, gula non pereduksi dan senyawa pektat masing masing sebesar 12,4%; 2,02% dan 6,52% menurut Wilboux (1963) dan 10,7% protein kasar serta 20,8% serat kasar menurut Elias (1979) (Widyotomo, 2013). Limbah kulit kopi mempunyai kandungan serat sebesar 65,2% (Siswati et al., 2010). Dengan proses fermentasi, mikroorganisme akan mengubah glukosa setelah melalui proses hidrolisis menjadi etanol. Sebanyak 82% luasan area perkebunan kopi di Indonesia didominasi oleh kopi jenis Robusta, sedangkan sisanya sebesar 18% berupa kopi Arabika (Widyotomo, 2013). Kulit buah kopi merupakan limbah dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang selanjutnya digiling menjadi bubuk kopi. Kandungan

zat makanan kulit buah kopi dipengaruhi oleh metode pengolahannya apakah secara basah atau kering seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan zat makanan kulit buah kopi berdasarkan metode pengolahan

Metode pengolahan	BK (%)	% Bahan kering				
		PK	SK	Abu	LK	BETN
Basah	23	12,8	24,1	9,5	2,8	50,8
Kering	90	9,7	32,6	7,3	1,8	48,6

(Saisa & Syabriana, 2018)

Menurut Agus Krisno (2002), bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian, antara lain bahan yang mengandung turunan gula (sakarín), bahan yang mengandung pati dan bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, dan beberapa limbah pertanian lainnya. Bahan yang mengandung sakarín dapat langsung difermentasi, akan tetapi bahan yang mengandung pati dan selulosa harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen yang sederhana, meskipun pada dasarnya fermentasi dapat langsung menggunakan enzim tetapi saat ini industri fermentasi masih memanfaatkan mikroorganisme karena cara ini jauh lebih mudah dan murah, mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi adalah khamir, kapang dan bakteri (Siswati et al., 2010). Proses pengeringan bahan adalah salah satu proses yang menentukan dalam proses hidrolisis selulosa menjadi gula karena menurut Lidiasari et.al, (2006), bahwa semakin tinggi suhu dan lama pengeringan yang digunakan akan mengakibatkan rusaknya sebagian molekul karbohidrat pada saat pengeringan, sehingga karbohidrat yang dihasilkan menurun. Tetapi juga dibutuhkan kondisi dimana pengeringan diperlukan dalam hidrolisis agar tidak terlalu banyak ion H dan OH yang terpecah dan mengikat senyawa lain yang tidak dibutuhkan didalam proses (Martunis, 2012).

Hidrolisis yang paling sering digunakan untuk menghidrolisis selulosa adalah hidrolisis secara asam. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat, asam perklorat, dan asam klorida. Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer (Taherzadeh & Karimi, 2015). Temperatur reaksi adalah 100°C dan membutuhkan waktu reaksi antara 2–6 jam. Temperatur yang lebih rendah meminimalisasi degradasi gula. Keuntungan dari penggunaan asam pekat ini adalah konversi gula yang dihasilkan tinggi, yaitu dapat mencapai konversi 90%, kemudian glukosa difermentasi dengan menggunakan bakteri atau ragi yang dapat mengkonversi gula menjadi bioethanol (Badger, 2002). Menurut Lee et al. (1979), proses fermentasi gula hasil hidrolisis kulit kopi menjadi bioethanol menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* adalah bakteri yang berbentuk batang, termasuk dalam bakteri gram negatif, tidak membentuk spora, dan merupakan bakteri yang dapat bergerak (Saisa & Syabriana, 2018). Bakteri ini banyak digunakan di perusahaan bioetanol karena mempunyai kemampuan yang dapat melampaui ragi dalam beberapa aspek. Menurut Gunasekaran (1999), *Zymomonas mobilis* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *Sacharomyces cerevisiae*, yaitu dapat tumbuh secara anaerob fakultatif dan mempunyai toleransi suhu yang tinggi, mempunyai kemampuan untuk mencapai konversi yang lebih tinggi, tahan terhadap kadar etanol yang tinggi dan pH yang rendah, mampu menghasilkan yield etanol 92% dari nilai teoritisnya. Suhu optimum proses fermentasi dengan menggunakan *Zymomonas mobilis* adalah pada kisaran pH 4-7. Bioetanol hasil fermentasi dapat dimurnikan lagi dengan proses destilasi pada suhu 80°C sesuai dengan kadar yang diinginkan (Siswati et al., 2010).

Pada penelitian ini, pembuatan bioetanol dari limbah kopi dilakukan variasi perbandingan jumlah bahan baku dengan starter (*Zymomonas mobilis*) dengan bahan baku, dan perbedaan waktu pengeringan pada bahan sehingga menghasilkan bioetanol dalam kualitas baik.

Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah kulit kopi robusta, aquades, HCl, H₂SO₄, glukosa, reagen Nelson, reagen *arsenomolybdate*, MgSO₄.7H₂O, (NH₄)₂SO₄, KH₂PO₄, isolat *Zymomonas mobilis*, dan dietilena glikol. Sedangkan alat yang digunakan adalah oven, blender, ayakan *mesh*, neraca analitik, desikator, seperangkat alat hidrolisis, spektrofotometer, *autoclave*, inkubator, fermentor, dan seperangkat alat distilasi.

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut: (1) Persiapan bahan baku (*pretreatment*). Tahap persiapan bahan baku dengan membersihkan kulit kopi yang selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 2 dan 4 jam. Kemudian kulit kopi dihancurkan dengan cara diblender hingga berbentuk serbuk dan diayak pada ayakan 60 mesh dan dianalisa kandungan air serta kadar selulosa menggunakan metode FTIR dan *Chesson*. (2) Proses hidrolisis. Hidrolisis asam dilakukan dengan cara menimbang serbuk kulit kopi dan ditambahkan aquades. Kemudian ditambahkan HCl 20%. Larutan kemudian dihidrolisis pada suhu 100°C selama 4 jam. Larutan selanjutnya disaring. Larutan dihidrolisis pada suhu 55°C selama 4 jam dengan agitasi. Larutan kemudian disaring dan dianalisa kadar glukosa dengan metode *Nelson*. (3) Proses fermentasi. Filtrat dari proses hidrolisis ditambahkan NaOH hingga pH 6 kemudian disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 120°C selama 15 menit. Selanjutnya, mendinginkan hingga suhu ruang dan memasukkan starter *Zymomonas mobilis* dan dikocok. Botol fermentasi ditutup rapat dan gas dialirkan ke

dalam botol lain yang berisi air. Fermentasi dilakukan selama 7 hari pada suhu ruang. (4) Proses distilasi. Filtrat hasil fermentasi dimasukkan ke dalam labu leher 3 dan dipasang pada rangkaian alat distilasi. Proses distilasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 80°C. Hasil distilasi akan menghasilkan *crude* bioetanol. *Crude* bioetanol kemudian ditambahkan dietilena glikol dan dilakukan proses distilasi ekstraktif sampai titik didih etanol. (5) Pengujian bioetanol. Cairan hasil distilasi ditampung dan dianalisis rendemen serta kadar etanolnya dengan menggunakan GC.

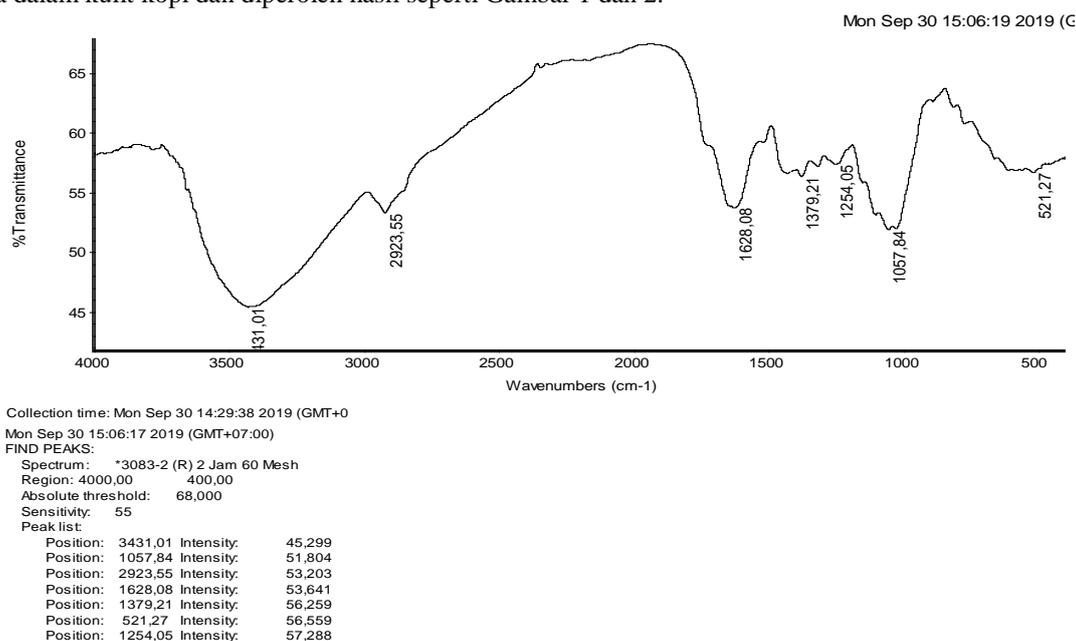
Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan proses pembuatan bioetanol, bahan baku berupa kulit kopi harus melalui *pretreatment*, seperti pengeringan, analisis selulosa baik kuantitatif dan kualitatif, serta pengecilan ukuran. Kulit kopi yang digunakan berasal dari jenis kopi robusta, dan hasil dari pengeringan dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Analisis kadar air kulit kopi dan selulosa dengan metode *Chesson* (%)

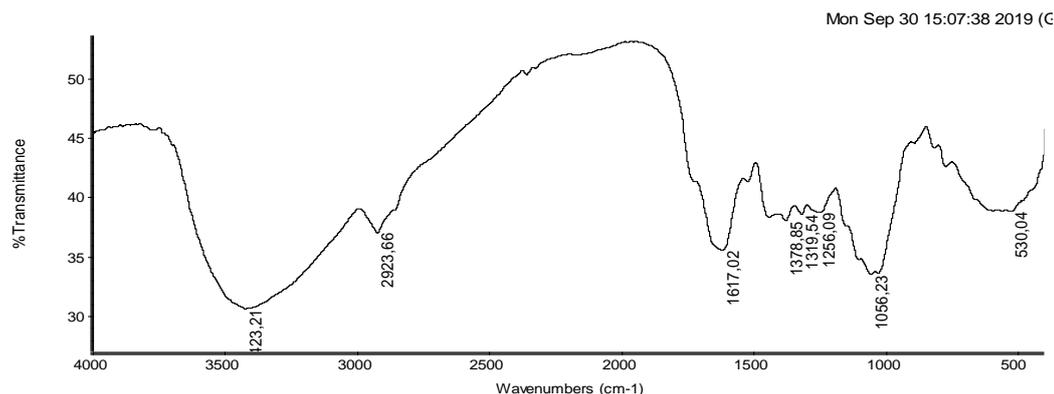
Jenis kulit kopi	Kadar air (%)	Kadar selulosa metode <i>Chesson</i> (%)
Robusta 2 jam	12,056	35,806
Robusta 4 jam	5,613	29,471

Proses pengeringan ini dilakukan pada oven dengan suhu 100°C selama 2 jam dengan menggunakan variasi waktu, yaitu selama 2 dan 4 jam, guna mengurangi kadar air yang tersisa dalam bahan baku akibat proses pencucian dan juga mengetahui proses yang menghasilkan etanol lebih baik, hasil dari pengeringan juga dapat membantu proses konversi menjadi glukosa akan lebih optimal. Dari hasil pengeringan diperoleh, kadar air bahan baku kulit kopi robusta 2 jam adalah 12,056% sedangkan 4 jam adalah 5,613% . Kulit kopi yang telah melalui proses pengeringan kemudian dianalisa selulosanya secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif digunakan metode FTIR untuk menguji kadar selulosa dalam kulit kopi dan diperoleh hasil seperti Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Spektrum FTIR Kulit Kopi Robusta 2 Jam

Spektrum yang dihasilkan menunjukkan bahwa beberapa puncak dengan bilangan gelombang yang berbeda – beda sesuai dengan karakteristik dari masing – masing komponen. Hasil analisa menunjukkan bahwa kulit kopi robusta diyakini mempunyai komponen penyusun berupa selulosa dan zat pengotor lainnya.



Collection time: Mon Sep 30 14:33:43 2019 (GMT+0)
 Mon Sep 30 15:07:34 2019 (GMT+07:00)
 FIND PEAKS:
 Spectrum: *3083-3 (R) 4 Jam 60 Mesh
 Region: 4000,00 400,00
 Absolute threshold: 53,705
 Sensitivity: 55
 Peak list:
 Position: 3423,21 Intensity: 30,511
 Position: 1056,23 Intensity: 33,416
 Position: 1617,02 Intensity: 35,434
 Position: 2923,66 Intensity: 36,911
 Position: 1378,85 Intensity: 37,934
 Position: 1319,54 Intensity: 38,460
 Position: 1256,09 Intensity: 38,613
 Position: 530,04 Intensity: 38,706

Gambar 2. Spektrum FTIR kulit kopi robusta 4 jam

Tabel 3 Analisis Selulosa Metode FTIR

Struktur	Literatur (cm ⁻¹) (Pastorova, et al., 1994)	Serapan Hasil Uji FTIR (cm ⁻¹)	
		Robusta 2 jam	Robusta 4 jam
O - H	3600 - 3100	3431,01	3423,21
C - H	2800 - 3000	2923,55	2923,66
CH ₂	1410	-	-
C - C	1310 - 1360	1379,21	1378,85
C - O	1200	1254,05	1256,09
C - O	1170	-	-
C-OH	1110	-	-
C - O - C	1080	-	-
C - O	1030	1057,84	1056,23
C - O	990	-	-
C = C & C = O	1620 & 1700	1628,08	1617,02

Berdasarkan Tabel 3, dapat dikatakan jika bahan baku berupa kulit kopi robusta yang digunakan mengandung selulosa, karena serapan ulur sebagian besar gugus fungsi mendekati bahkan masuk dalam rentang serapan ulur literatur yang digunakan. dan juga masuk diantara rentang gelombang pada referensi Kinney (2012,) yang juga menyatakan gugus fungsi C–H ialah kerangka selulosa yang tampak pada bilangan gelombang 2800 – 3000 cm⁻¹ (Kinney et al., 2012). Selain itu, serapan ulur pada robusta 2 jam 3431,01 cm⁻¹ dan pada robusta 4 jam 3423,22 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus hidroksil (O–H) dari selulosa sebagaimana dilaporkan juga oleh Fatriasari (2016) dengan hasil serapan ulur gugus O–H pada 3467,97 cm⁻¹ (Fatriasari et al., 2016). Sedangkan secara kuantitatif, dilakukan dengan metode *Chesson*, yang merupakan metode gravimetri setiap komponen setelah dihidrolisis atau dilarutkan. Kadar selulosa yang terkandung dalam bahan baku kulit kopi robusta menggunakan metode *Chesson* sebesar 35,80% pada pengeringan 2 jam dan 29,47% pada pengeringan 4 jam seperti pada Tabel 2. *Pretreatment* selanjutnya yakni pengecilan ukuran bahan baku guna memecah struktur kristalin selulosa. Ukuran bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah 60 *mesh*.

Setelah melalui proses *pretreatment*, dilanjutkan dengan proses hidrolisis secara asam menggunakan HCl. Penggunaan metode hidrolisis ini adalah untuk memecah selulosa menjadi glukosa terhadap bahan baku kulit kopi. Selanjutnya, dilakukan proses fermentasi dengan bantuan *Zymomonas mobilis*. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Siswati (2010), proses pembuatan bioetanol dari limbah kulit kopi melalui proses fermentasi dengan

Zymomonas mobilis juga menggunakan variasi pada perbandingan jumlah starter dengan bahan baku yaitu 4, 8, dan 12% (v/v) dengan waktu fermentasi selama 7 hari. Untuk mengetahui proses pemecahan tersebut dilakukan pengujian kadar glukosa hasil hidrolisis menggunakan metode *Nelson*.

Tabel 4 Analisis Kadar Glukosa (mg/100 ml)

Pengeringan (jam)	Perbandingan starter (%)	Absorbansi	Kadar glukosa (mg/100mL)
2	4	3,216	670,821
	8	3,222	673,765
	12	3,219	672,293
4	4	2,989	559,443
	8	2,993	561,405
	12	2,987	558,461

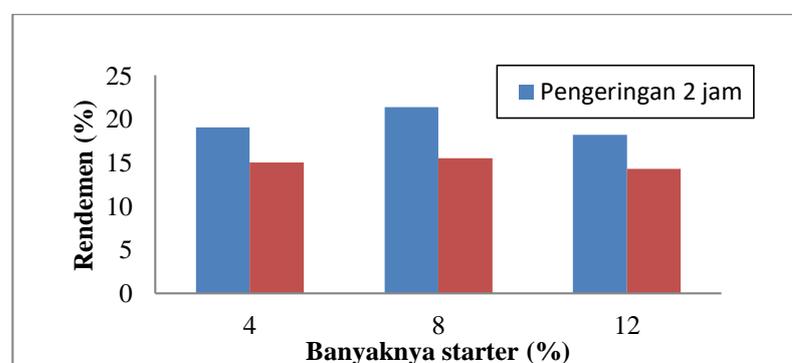
Berdasarkan Tabel 4 didapatkan hasil kadar glukosa terbaik pada kondisi pengeringan kulit kopi robusta selama 2 jam yang juga menunjukkan bahwa kadar selulosa pada pengeringan 2 jam lebih tinggi.

Pada penelitian ini juga dianalisis kadar air kulit kopi, analisis selulosa, dan kadar glukosa, sedangkan produk bioetanol yang didapatkan kemudian dianalisis rendemen dan kadar etanolnya.

Tabel 5 Rendemen dan Kadar Etanol

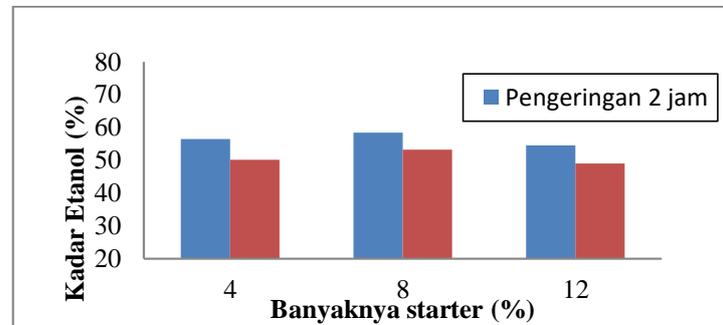
Pengeringan (jam)	Perbandingan starter (%)	Rendemen (%)	Kadar etanol (%)
2	4	19,022	56,3945
	8	21,370	58,4101
	12	18,154	54,5260
4	4	14,994	50,0663
	8	15,476	53,1678
	12	14,286	48,8857

Berdasarkan Tabel 5, kondisi yang menghasilkan rendemen paling tinggi adalah pada perbandingan starter dengan bahan baku sebesar 8% (v/v) dengan waktu pengeringan 2 jam. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kadar glukosa pada waktu pengeringan 2 jam lebih tinggi dibandingkan 4 jam dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 5, nilai rendemen yang diperoleh relatif kecil. Perbandingan volume starter dengan bahan baku sebanyak 8% memiliki hasil yang lebih baik dikarenakan jika pada 4% bakteri memerlukan waktu lebih lama untuk memecah selulosa menjadi glukosa, dan untuk 12% bakteri akan habis memecah selulosa menjadi glukosa secara terlalu cepat hingga menjadi tidak optimal, oleh karena itu waktu dan perbandingan terbaik adalah 7 hari dan 8%. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena bahan baku kulit kopi yang digunakan mengandung selulosa, namun tidak banyak mengandung karbohidrat. Bahan baku atau biomassa pembuat bioetanol akan memiliki nilai rendemen tinggi apabila biomassa tersebut berkarbohidrat tinggi. Selulosa dan hemiselulosa dapat dikonversi menjadi gula, namun prosesnya akan lebih sulit jika dibandingkan dengan pati (Rutz & Janssen, 2008)



Gambar 3. Grafik hubungan perbandingan starter terhadap rendemen

Setelah proses fermentasi, dilakukan distilasi untuk menghentikan pertumbuhan *Zymomonas mobilis* serta untuk mengambil etanol dari larutan hasil fermentasi. Distilasi yang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu distilasi sederhana dan distilasi ekstraktif. Distilasi ekstraktif dilakukan dengan mencampurkan *solven* dietilen glikol pada distilat distilasi sederhana. Dietilen glikol bertugas untuk mengikat air yang terkandung dalam distilat hasil distilasi sederhana sehingga distilat yang dihasilkan pada distilasi ekstraktif ini adalah etanol yang mengandung sedikit kandungan air.



Gambar 4. Grafik hubungan perbandingan starter terhadap kadar etanol

Hasil akhir dari penelitian ini menghasilkan bioetanol dengan kenampakan jernih, terang, tidak ada endapan dan kotoran, yang kemudian dianalisa kadar etanolnya menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Pengujian kadar etanol menggunakan GC dengan larutan standard berupa propanol yang digunakan sebagai perbandingan ketika proses analisa GC. Kadar etanol tertinggi sebesar 58,41% pada kondisi pengeringan 2 jam dan perbandingan starter 8% (v/v). Hal tersebut sejalan dengan hasil glukosa yang diperoleh setelah proses hidrolisis dan rendemen yang dihasilkan yang menunjukkan bahwa pengeringan selama 2 jam dan perbandingan starter dengan bahan baku 8% (v/v) memiliki kadar glukosa dan rendemen tertinggi dibandingkan kondisi yang lain.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan beberapa proses seperti pengeringan, hidrolisis untuk memecah selulosa menjadi glukosa, kemudian fermentasi menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* dan juga tahapan destilasi untuk memisahkan etanol dengan air, didapatkan juga hasil kadar etanol sebesar 58,41% dari variasi pengeringan 2 jam dan juga perbandingan starter dengan bahan baku 8% (v/v). Hal tersebut sejalan dengan hasil glukosa yang diperoleh setelah proses hidrolisis dan rendemen yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Badger, P. C. (2002). *Ethanol From Cellulose : A General Review*. 17–21.
- Efendi, Z., & Harta, L. (2013). *Kandungan Nutrisi Hasil Fermentasi Kulit Kopi (Studi Kasus Desa Air Meles Bawah Kecamatan Curup Timur)*.
- Fatriasari, W., Syafii, W., Wistara, N., Syamsu, K., & Prasetya, B. (2016). *Lignin and Cellulose Changes of Betung Bamboo (Dendrocalamus asper) Pretreated Microwave Heating*. 6(2), 186–195.
- Kinney, T. J., Masiello, C. A., Dugan, B., Hockaday, W. C., Dean, M. R., Zygourakis, K., & Barnes, R. T. (2012). Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures. *Biomass and Bioenergy*, 41, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.033>
- Martunis. (2012). Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Kuantitas dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(3), 26–30.
- Pastorova, I., Botto, R. E., & Arisz, P. W. (1994). *Cellulose char structure : a combined analytical Py-GC-MS , F IR , and NMR study*. 262, 27–47.
- Rutz, D., & Janssen, R. (2008). *Biofuel Technology Handbook* (2nd Vers.). Germany: WIP Renewable Energies.
- Saisa, & Syabriana, M. (2018). Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim *Zymomonas Mobilis* Dan *Saccharomyces Cereviseae*. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(1), 271–278. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i1.356>
- Siswati, N. D., Yatim, M., & Hidayanto, R. (2010). Bioetanol dari limbah kulit kopi dengan proses fermentasi. *Jurnal Hasil Riset*, 1–4.
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2015). Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol From Lignocellulosic Materials: A Review. *BioResources*, 2(2007), 472–499.
- Widyotomo, S. (2013). Potensi dan Teknologi Diversifikasi Limbah Kopi Menjadi Produk Bermutu dan Bernilai Tambah. *Review Penelitian Kopi Dan Kakao*, 1(1), 63–80.