

Optimalisasi Limbah Tongkol Jagung pada Pembuatan Bioetanol dan Karakteristiknya dengan Perlakuan Periode Fermentasi dan Konsentrasi Ragi

Optimization of Corncob Waste in Bioethanol Manufacturing and Its Characteristics by the Treatment of Fermentation Period and Yeast Concentration

Refid Ruhibnur¹, Nur Aida², Anto Susanto³, Tardi Kurniawan³, Rosmalinda³

¹Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Ketapang, Jln. Rangka Sentap-Dalong, Kel. Sukaharja, Kec. Delta Pawan, Kab. Ketapang, Kalimantan Barat 78813. Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ketapang, Jln. Rangka Sentap-Dalong, Kel. Sukaharja, Kec. Delta Pawan, Kab. Ketapang, Kalimantan Barat 78813. Indonesia

³Jurusan Pengelolaan Hasil Perkebunan, Politeknik Negeri Ketapang, Jln. Rangka Sentap-Dalong, Kel. Sukaharja, Kec. Delta Pawan, Kab. Ketapang, Kalimantan Barat 78813. Indonesia

Email: antosusanto@ymail.com

Naskah diterima: 1 Juli 2019; Naskah disetujui : 1 Agustus 2019

ABSTRACT

Utilization of corn cobs is still very limited. Most corncobs waste is only used for livestock feed additives, or only used as a substitute for firewood. Seeing the composition of cellulose and hemicellulose which is quite large, the corncob is very potential to be utilized as bioethanol. Bioethanol is ethanol derived from living things, in this case, it is a vegetable material. This bioethanol is made through a fermentation process. This study was done to obtain the optimum yeast concentration formulation and fermentation period so that it can produce bioethanol corncobs waste according to quality standards. This research was a factorial experimental research with randomized block design (RCBD). The factors tried in this study were: (1) the length of the fermentation period (P), consist of 3 levels: P1 = 3 days, P2 = 5 days, and P3 = 7 days. (2) the treatment of yeast concentration (K), consist of 3 levels: K1 = 5%, K2 = 10%, and K3 = 15%. Variables observed in this study were Ethanol content test (SNI7390: 2008), pH test (SNI7390: 2008), Sugar content, Viscosity, and Appearance Test (visual observation). From the best research results for the preparation of materials and the results of bioethanol produced was P2K2 treatment (addition of 10% yeast concentration with 5 days fermentation time) with a sugar value of starting material 3.98 (% Brix), and pH value of 4.30 at 30°C, ethanol content of 34.57 (% v / v), pH of 3.5, viscosity value of 3.00 ppt, sugar content value of 0% Brix, and have clear visual color.

Keywords: Cob, Corn, Bioethanol

ABSTRAK

Pemanfaatan tongkol jagung masih sangat terbatas. Kebanyakan limbah tongkol jagung hanya digunakan untuk bahan tambahan makanan ternak, atau hanya digunakan sebagai pengganti kayu bakar. Melihat komposisi selulosa dan hemi selulosa yang cukup besar, maka tongkol jagung sangat potensial untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang berasal dari makhluk hidup, dalam hal ini adalah bahan nabati.

Bioetanol ini dibuat melalui proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi konsentrasi ragi dan lama periode fermentasi yang optimum agar dapat menghasilkan bioetanol limbah tongkol jagung sesuai standar mutu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental faktorial dengan rancangan percobaan rancangan acak kelompok (RAK). Faktor yang dicoba dalam penelitian ini adalah: (1) perlakuan lama periode fermentasi (P), terdiri dari 3 taraf: P1 = 3 hari, P2 = 5 hari, dan P3 = 7 hari. (2) perlakuan konsentrasi ragi (K), terdiri dari 3 taraf: K1 = 5%, K2 = 10%, dan K3 = 15%. Variabel yang diamati dalam penelitian ini, diantaranya: Uji kadar etanol (SNI7390:2008), Uji pH (SNI7390:2008), Kadar gula (Sudarmadji, 1997), Viskositas (Sudarmadji, 1997), dan Uji tampakan (pengamatan visual). Dari hasil penelitian yang terbaik untuk preparasi bahan maupun hasil bioetanol yang dihasilkan yaitu perlakuan P2K2 (penambahan konsentrasi ragi 10% dengan lama waktu fermentasi 5 hari) dengan nilai kadar gula pada bahan awal 3.98 (% brix), dan nilai pH 4.30 pada kondisi suhu 30°C, diperoleh nilai kadar etanol sebesar 34.57 (%v/v), pH sebesar 3.5, nilai viskositas sebesar 3,00 ppt, nilai kadar gula 0 % brix, dan memiliki warna secara visual jernih.

Kata kunci: Tongkol, Jagung, Bioetanol

PENDAHULUAN

Tanaman jagung (*Zea Mays* L.) merupakan salah satu komoditas strategis dan bernilai ekonomi, serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras. Potensi jagung termasuk potensial sebagai sumber bahan pangan utama, yaitu karbohidrat, maupun sebagai bahan pakan dan bahan baku industri (Susanto dkk, 2017). Dampak dari adanya pengelolaan agribisnis komoditas jagung tersebut akan menghasilkan limbah, salah satunya tongkol jagung. Berdasarkan data BPS Ketapang dalam angka tahun 2018, produksi jagung manis pada tahun 2015 mencapai 960 ton, dengan kisaran hasil panen per ha tahun 2015 yaitu 20,29, dengan luasan lahan sekitar 473 Hektar.

Pemanfaatan tongkol jagung masih sangat terbatas. Kebanyakan limbah tongkol jagung hanya digunakan untuk bahan tambahan makanan ternak, atau hanya digunakan sebagai pengganti kayu bakar dapat juga dibuat briket (Susanto dkk, 2013). Melihat komposisi selulosa dan hemi selulosa yang cukup besar, maka tongkol jagung sangat potensial untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang berasal dari makhluk hidup, dalam hal ini adalah bahan nabati. Bioetanol ini dibuat melalui proses fermentasi. Hasil analisis yang dilakukan oleh Balai Penelitian Jagung dan Serealia, kandungan protein dari 100 g jagung, sorgum dan terigu berturut – turut sebanyak 9,2%; 11,0%; dan 11,5% lebih tinggi dibandingkan dengan beras yang hanya mengandung protein sebanyak 7,0% (Suarni, 2002 *dalam* Rifkowaty, EE, dkk, 2016).

Bioetanol dapat diperoleh melalui konversi biomasa seperti sereal, umbi akar dan molase dengan menggunakan teknologi fermentasi dan oleh aktivitas mikroba. Bioetanol sebagai sumber energi banyak menarik perhatian seluruh dunia, ongkos produksinya lebih murah dan proses produksinya lebih sederhana dari pada bensin. Saat ini sedang ditingkatkan penelitian untuk mencapai mikroba fermentasi yang efisien, substrat dengan harga murah dan kondisi yang optimum untuk fermentasi. Beberapa manfaat yang diperoleh dari bioetanol yaitu: (1) sebagai bahan baku dalam pembuatan senyawa-senyawa organik misalnya asam asetat, eter dan kloroform, (2) pelarut dalam pembuatan pernis dan sebagai pelarut bahan organik lainnya seperti minyak wangi, (3) bahan bakar setelah didenaturasikan terlebih dahulu, dan (4) salah satu komponen dalam kosmetik (Restiani, 2005). Pada penelitian dikaji penggunaan lama periode fermentasi yang optimum dan lama dosis ragi yang terbaik untuk digunakan pada pembuatan produk bioetanol dari limbah tongkol jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi konsentrasi ragi dan lama periode fermentasi yang optimum agar dapat menghasilkan bioetanol limbah tongkol jagung sesuai standar mutu diantaranya: kadar etanol (SNI7390:2008), pH (SNI7390:2008), kadar gula (Sudarmadji, 1997), viskositas, dan tampakan visual (SNI7390:2008).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: limbah tongkol jagung (diperoleh dari kelompok tani jagung manis Desa Kalinilam Kecamatan Delta Pawan Kabupaten Ketapang), *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi (NPK dan Urea) dan beberapa reagen untuk analisis, aquades, ammonium sulfat, ammonium karbonat, ammonium dihidrogen fosfat, kalium dihidrogen fosfat, larutan serik nitrat, magnesium sulfat, HCl, H₂SO₄, KH₂PO₄, (NH₄)₂SO₄, fermipan, *aquadest*, NaOH, DNS, dan KOH.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu : alat penghancur tandan kosong kelapa sawit, tangki hidrolisis yang dilengkapi pengaduk, koil pemanas dan termostat serta tangki fermentasi dengan *fermentor lock*, selang, erlenmeyer dan *aerator*, alat analisis, *autoklaf*, kertas pH, labu Erlenmeyer, lampu spiritus, ase bulat, *shaker*, timbangan analitik dan timbangan kasar.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor yang dicoba dalam penelitian ini adalah:

1. Lama periode fermentasi (P), terdiri dari 3 taraf: P1=3 hari, P2 = 5 hari, dan P3 =7 hari.
2. Konsentrasi ragi (K), terdiri dari 3 taraf: K1 = 5%, K2 = 10%, K3 = 15%. Untuk menganalisis data hasil pengamatan, dilakukan *analisis of varians* (ANOVA) model analisis, sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_k + AB_{ik} + C_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk}	=	Nilai pengamatan.
μ	=	Nilai tengah populasi.
A_i	=	Pengaruh perlakuan lama periode fermentasi pada taraf ke-i.
B_k	=	Pengaruh perlakuan konsentrasi ragi pada taraf ke-k.
AB_{ik}	=	Pengaruh interaksi lama periode fermentasi pada taraf ke-i dengan konsentrasi ragi pada taraf ke-k.
C_{ijk}	=	Pengaruh galat percobaan lama periode fermentasi pada taraf ke-i, konsentrasi ragi pada taraf ke-k ulangan ke j, dimana : $i = 1, 2, 3, 4, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, u$; dan $k = 1, 2, 3, 4 \dots, b$.

Prosedur Kerja

- 1) Pengolahan limbah tongkol jagung menjadi bioetanol menggunakan perpaduan 2 metode yaitu metode Aryafatta dan metode Prihandana. Pada prinsipnya, metode ini sama dengan pengolahan singkong menjadi bioetanol yaitu melalui tahapan hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Tetapi karena bahan berselulosa lebih kompleks maka diperlukan tambahan perlakuan berupa *pretreatment* untuk menghilangkan lignin. Lignin perlu dihilangkan karena dapat mengganggu/menghambat proses hidrolisis selulosa. Penghilangan lignin dapat dilakukan dengan cara perendaman dalam larutan NaOH 5% disertai dengan pemanasan pada suhu 120⁰C (Prihandana, 2007).
- 2) Sebelum perlakuan *pretreatment* limbah tongkol jagung terlebih dahulu dipotong – potong kemudian dikeringkan lalu digiling menggunakan mesin penggiling (*Willey mill*). Setelah *pretreatment* ampas yang tersisa dihidrolisis dengan enzim selulase menjadi gula – gula sederhana (glukosa). Sebenarnya proses hidrolisis ini dapat juga dilakukan dengan cara penambahan asam kuat seperti H₂SO₄ pekat atau HCl pekat dan berlangsung lebih cepat. Tetapi karena sifat asam kuat yang tidak spesifik terhadap substrat maka asam tidak hanya menghidrolisis selulosa tetapi juga

menguraikan hemiselulosa menjadi senyawa furfural yang dapat menghambat proses hidrolisis. Sehingga rendemen glukosa yang dihasilkan cukup sedikit.

- 3) Kondisi optimum fermentasi adalah pada suhu 30⁰C, pH 4,0-4,5 dan kadar gula 10 – 18%. Selama fermentasi dilakukan pengadukan (aerasi) dan akan terjadi kenaikan suhu sehingga perlu dilakukan pendinginan. Pada awal fermentasi perlu ditambahkan nutrisi dan kofaktor yang berperan penting bagi kehidupan khamir seperti karbon, oksigen, nitrogen, hidrogen, fosfor, sulfur, potasium dan magnesium agar pertumbuhan khamir bisa optimal. Proses fermentasi berlangsung selama 30-72 jam (divariasikan sesuai perlakuan).

Variabel yang diamati dalam penelitian ini, diantaranya: (1). Uji kadar etanol (SNI7390:2008) Kadar etanol diukur untuk memastikan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Makin tinggi konsentrasi etanol makin baik nilai angka oktan dan *calorific value*; (2). Uji pH (SNI7390:2008). pH merupakan indikator yang baik untuk mengetahui potensial korosi bioetanol sebagai bahan bakar. Digunakan sebagai ukuran kekuatan asam di dalam bahan bakar bioetanol; (3). Kadar gula (Sudarmadji, 1997). Merupakan kandungan gula yang masih ada dalam bahan yang belum optimum pada saat proses fermentasi berlangsung; (4). Viskositas. Merupakan sifat kekentalan dari bioetanol yang dihasilkan, dilakukan pengujian viskositas dengan alat viscosimeter; dan (5). Uji tampilan (pengamatan visual). Uji tampilan pada bioetanol dilakukan secara pengamatan visual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap nilai kadar etanol, kadar gula, nilai pH, viskositas, dan penampakan secara visual disajikan pada Tabel 1.

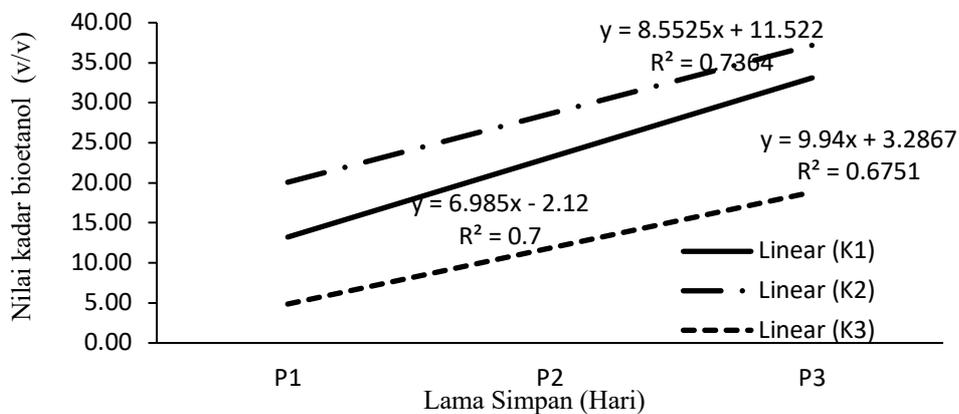
Tabel 1. Hasil Analisis Ragam

No	Variabel	Perlakuan P x K
1	Kadar etanol	**
2	Nilai pH	**
3	Kadar gula	tn
4	Nilai viskositas	**
5	Penampakan secara visual	tn

Keterangan : P = Perlakuan lama fermentasi, K = Perlakuan dosis ragi, Interaksi antara keduanya (P x K), ** = Berpengaruh sangat nyata, tn = Berpengaruh tidak nyata.

Kadar Etanol

Kadar etanol diukur untuk memastikan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Makin tinggi konsentrasi etanol makin baik nilai angka oktan dan *calorific value*. Makin tinggi konsentrasi etanol, maka semakin kecil zat pengotor (*impurities*) dalam bioetanol tersebut. Berdasarkan hasil uji lanjut ($p < 0,05$) nilai rata-rata kadar etanol tertinggi berada pada konsentrasi penambahan ragi 15% dengan periode lama penyimpanan 7 hari dengan nilai kadar etanol 34.53 v/v. Peningkatan penambahan ragi dengan periode lama simpan yang semakin lama cenderung menyebabkan kenaikan nilai kadar etanol secara linier ($p < 0,05$) dengan persamaan $Y = 8,55x + 11,52$, koefisien determinasi (R^2) sebesar 74%.



Gambar 1. Grafik Nilai Kadar Bioetanol

Kadar etanol diukur untuk memastikan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Makin tinggi konsentrasi etanol makin baik nilai angka oktan dan *calorific value*. Fermentasi dimaksudkan untuk mengubah gula pereduksi menjadi etanol. Pada awal proses terjadi penguraian glukosa yang ditandai dengan menurunnya kadar gula pereduksi sehingga besarnya total gula pereduksi yang hilang menjadi indikator besarnya kadar etanol yang diperoleh. Dalam tahap ini akan ditentukan waktu optimal (1-4 hari) untuk menghasilkan kadar etanol kasar tertinggi. Nilai rata-rata kadar etanol perlakuan periode lama penyimpanan (P) dengan perlakuan konsentrasi ragi (K) yang ditambahkan pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kadar Bioetanol

No	Perlakuan	Nilai rerata kadar bioetanol
1	P1K1	9,24 b
2	P2K1	31,12 g
3	P3K1	29,12 f
4	P1K2	17, 12 d
5	P2K2	34,53 i
6	P3K2	34,23 h
7	P1K3	2,23 a
8	P2K3	17,13 de
9	P3K3	16,20 c

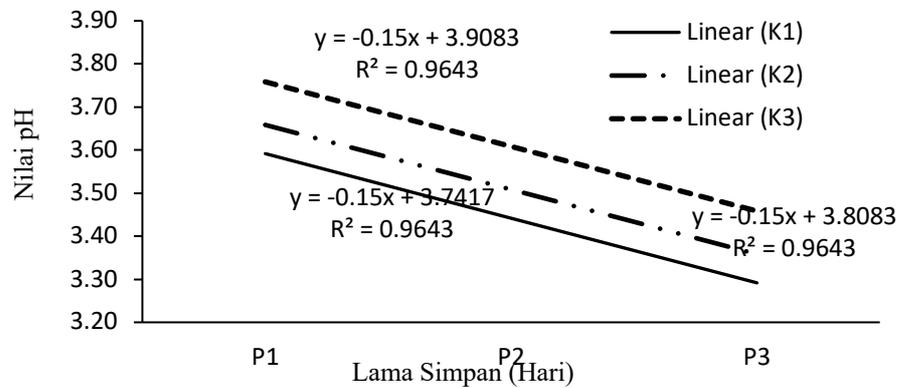
Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan periode lama fermentasi 5 dan 10 hari dengan penambahan ragi 10% (P2K2, dan P3K2), memiliki nilai kadar etanol tertinggi, dengan nilai 34,53 v/v dan 34,23 v/v. Hal ini diduga bahwa masa optimum pembentukan etanol dari gula (karbohidrat), terjadi pada saat fermentasi 5 hari, dan akan terjadi penurunan pada fermentasi 10 hari, dengan konsentrasi ragi 10%. Pada lama fermentasi 10 hari, dimungkinkan akan terjadi perubahan senyawa etanol menjadi senyawa asam, sehingga nilai kadar etanol akan menurun. Bahan baku untuk proses produksi bioetanol diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu gula, pati, dan selulosa (Ge et al., 2011). Sumber gula berasal dari gula tebu, gula bit, molase dan buah-buahan, dapat langsung dikonversi menjadi etanol. Sumber dari bahan berpati seperti jagung, singkong, kentang dan akar tanaman harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula. Namun sumber gula dan bahan berpati dapat menimbulkan permasalahan baru jika dikonversi terus menerus menjadi bioetanol karena bahan-bahan tersebut berpotensi juga sebagai bahan pangan (Lin et al., 2006). Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses hidrolisis adalah kandungan karbohidrat bahan baku, waktu, pH, dan suhu (Osvaldo et al., 2012). Sedangkan pada proses fermentasi adalah jenis mikroorganisme, kadar gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis, waktu, pH, dan suhu (Azizah et al., 2012).

Nilai pH

Nilai pH merupakan indikator yang baik untuk mengetahui potensial korosi bioetanol sebagai bahan bakar. Digunakan sebagai ukuran kekuatan asam di dalam bahan bakar bioetanol. Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan lama fermentasi dengan perlakuan konsentrasi ragi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH.

Peningkatan penambahan ragi dengan lama simpan cenderung menyebabkan penurunan nilai pH secara linier ($p < 0,05$) dengan persamaan $Y = -0.15x + 3.7417$. Keasaman dapat bernilai rendah sampai tinggi, namun pada konsentrasi yang tinggi dapat

menimbulkan masalah, sehingga perlu dilakukan analisis keasaman sebelum bioetanol digunakan. Keasaman dapat terjadi sebagai hasil kontaminasi, dekomposisi etanol selama penyimpanan atau distribusi ataupun pada saat pembuatan.



Gambar 2. Grafik Nilai pH Bioetanol

Keasaman dalam bentuk CH_3COOH (asam asetat) yaitu parameter jumlah total keasaman yang terdapat dalam bioetanol pada konsentrasi rendah ($< 0,05\%$). Larutan encer asam organik berberat molekul rendah, seperti asam asetat, sangat korosif terhadap sebagian besar logam sehingga konsentrasinya harus ditekan serendah mungkin. Nilai rata-rata pH perlakuan periode lama penyimpanan (P) dengan perlakuan konsentrasi ragi (K) yang ditambahkan pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 3.

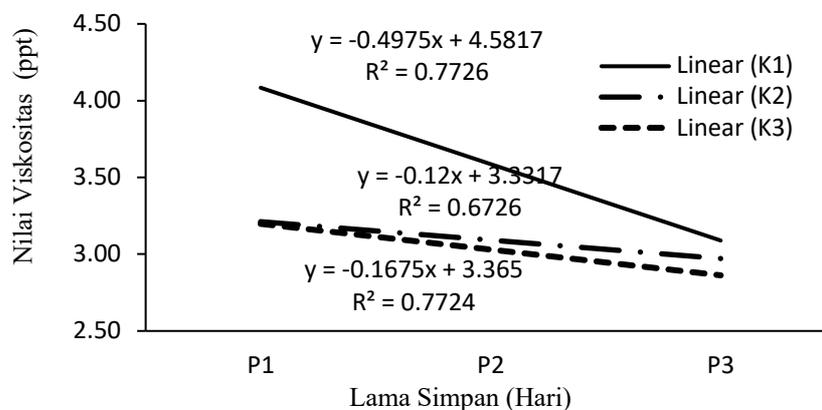
Tabel 3. Nilai pH Bioetanol

No	Perlakuan	Nilai rerata pH bioetanol
1	P1K1	3,58 f
2	P2K1	3,47 c
3	P3K1	3,27 a
4	P1K2	3,67 h
5	P2K2	3,47 cd
6	P3K2	3,37 b
7	P1K3	3,77 i
8	P2K3	3,60 fg
9	P3K3	3,47 c

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kecenderungan nilai angka pH pada semua perlakuan hampir sama, semua perlakuan memiliki nilai pH rendah (asam), dengan rentang antara pH 3,27 - 3,77. Bila nilai pH bahan bakar bioetanol $< 6,5$, dapat terjadi aus pada injektor bahan bakar dan silinder mesin, serta pompa bahan bakar dapat gagal bekerja. Jika nilai pH $> 9,0$ maka bagian plastik dari pompa bahan bakar bisa rusak. Berbagai dampak buruk tersebut dapat dikurangi bila kadar bioetanol yang dicampur dengan bensin sekitar 10%-v.

Nilai Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki *fluida* yang dialirkan dalam pipa *kapiler* terhadap gaya *grafitasi*. Biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalirkan pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, tahanan untuk mengalirkan akan semakin tinggi (Prihandana, dkk., 2006). Peningkatan penambahan ragi dengan periode lama simpan yang semakin lama cenderung menyebabkan penurunan nilai viskositas secara linier ($p < 0,05$) dengan persamaan $Y = -0.4975x + 4.5817$, koefisien determinasi (R^2) sebesar 77%.



Gambar 3. Grafik Nilai Viskositas

Hal ini menunjukkan bahwa nilai viskositas sebesar 77% dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi ragi dan periode lama penyimpanan. Nilai rata-rata viskositas bioetanol perlakuan periode lama penyimpanan (P) dengan perlakuan konsentrasi ragi (K) yang ditambahkan pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Viskositas Bioetanol

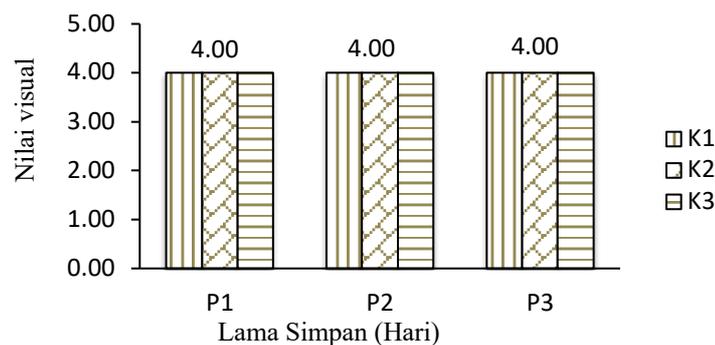
No	Perlakuan	Nilai rerata Viskositas bioetanol
1	P1K1	4,24 i
2	P2K1	3,28 gh
3	P3K1	3,25 e
4	P1K2	3,26 g
5	P2K2	2,99 c
6	P3K2	3,02 d
7	P1K3	3,25 f
8	P2K3	2,95 b
9	P3K3	2,92 a

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan periode lama fermentasi dengan perlakuan konsentrasi ragi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai viskositas bioetanol tongkol jagung yang dihasilkan. Dengan meningkatnya konsentrasi

penambahan ragi dan semakin lama periode simpan, maka nilai viskositas bioetanol cenderung akan semakin menurun/berkurang. Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa nilai angka viscositas bioetanol berada dikisara antara 2,92 ppt sampai 4,24 ppt. Nilai viskositas terendah pada perlakuan lama fermentasi 7 hari dengan penambahan ragi 15% (P3K3), dan tertinggi pada perlakuan lama fermentasi 3 hari dengan penambahan ragi 5% (P1K1).

Kenampakan Visual

Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara visual, hasil bioetanol yang dihasilkan tidak berwarna/jernih, dengan bau khas bioetanol tongkol jagung, dan tidak terdapat endapan.



Gambar 4. Uji Visual

Keterangan :

P1 : Perlakuan 3 hari K1 : Perlakuan konsentrasi ragi 5%
P2 : Perlakuan 5 hari K2 : Perlakuan konsentrasi ragi 10%
P3 : Perlakuan 7 hari K3 : Perlakuan konsentrasi ragi 15%

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang terbaik berdasarkan parameter nilai kadar etanol, pH, maupun viskositas bioetanol yang dihasilkan yaitu perlakuan P2K2 (penambahan konsentrasi ragi 10% dengan lama waktu fermentasi 5 hari), dengan nilai bioetanol yang dihasilkan memiliki nilai kadar etanol sebesar 34.57 (% v/v), pH sebesar 3.5, nilai viskositas sebesar 3,00 ppt, nilai kadar gula 0 % brix, dan memiliki warna secara visual jernih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada semua pihak, khususnya kepada lembaga penyandang dana/Institusi yang telah memfasilitasi, yang telah mempercayakan kepada kami, dengan dana daftar isian pelaksana anggaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Al-Baarri, A.N., Mulyani, S. (2012) ‘Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkฮอล์, pH, dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas’, *Journal Indonesia Food Technologist*, 1 (1), hal:4-6.
- Ge, L., Peng., and Haiji, M (2011) ‘Study On Saccharification Techniques Of Seaweed Wastes for The Transformation Of Ethanol, *Renewable Energy*, 36:84-89.
- Lin, Y., and Tanaka, S. (2006) ‘Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects’, *Appl Microbiol*, Biotechnol. 69: 627–642.
- Osvaldo, Z.S., Panca, P.S., dan M. Faisal. (2012) ‘Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang, *Jurnal Teknik Kimia*, No.2, Vol. 18. Universitas Sriwijaya.
- Prihandana, R., Hendroko, Roy, Nuramin, Makmuri. (2006) ‘*Bioetanol Ubi Kayu*’, Bahan Bakar Masa Depan. IPB Press, Bogor.
- Rifkowitz, EE., A. Susanto dan Prawiryo, IS. (2016) ‘IPTEKS Bagi Masyarakat (IbM) Pengembangan Agroindustri Jagung Manis di Desa Kalinilam Kecamatan Delta Pawan Kabupaten Ketapang’, *Jurnal Agromix*, Vol.7 No. 2, hal. 65-76. pISSN : 2085-241X. eISSN : 2599-3003.
- Richana, N., Ratnaningsih, dan W. Haliza. (2012) ‘*Teknologi Pascapanen Jagung*’, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- Sudarmadji, S. (1997) ‘Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian’ Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Sugiyono, A. dan S. Boedoyo. (2009) ‘Optimasi Suplai Energi Dalam Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik Jangka Panjang di Indonesia’, *Kolokium Nasional Program Doktor*. (Tidak dipublikasikan).
- Susanto, A., Tri. Y. (2013) ‘Pembuatan Briket Bioarang Dari Cangkang dan Tandan Kosong Sawit’, *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. VI, No.2,
- Susanto, A., E. Radwitya, K. Mutaqin. (2017) ‘Lama Waktu Fermentasi Dan Konsentrasi Ragi Pada Pembuatan Tepung Tape Singkong (*Manihot utilissima*), Mengandung Dekstrin, Serta Aplikasinya Pada Pembuatan Produk Pangan’, *Jurnal Teknologi Pangan*, Vol 8 (1). Hal. 82-92. ISSN : 2087-9679.