

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR FERMENTASI TERHADAP KADAR DAN VOLUME ALKOHOL DALAM PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH GULA (*Molasse*) MENGGUNAKAN MIKROAERASI

THE EFFECT OF FERMENTATION TEMPERATURE VARIATION ON ALCOHOL CONTENT AND VOLUME IN THE PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM WASTE SUGAR (Molasses) USING MICROAERATION

Tri Rachmanto*, Luis Pratama Putra, Nur Kaliwantoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit no. 62, Mataram, Nusa Tenggara Barat, 83125, Indonesia, Telp. 083147707788

*Corresponding author

E-mail addresses: t.rachmanto@unram.ac.id

<https://doi.org/10.29303/empd.v4i1.2358>

ABSTRACT

Provision of energy supply in the future is a problem that has always been of concern to the entire world community. This is because the source of producing fuel oil (BBM), namely fossils, is getting less and less. One of the efforts to reduce people's consumption of fossil fuels is to utilize renewable alternative energy, namely bioethanol. The purpose of this study was to determine the effect of variation in fermentation temperature on the alcohol content and volume of sugar waste (molasses) using microaeration. The research method used is the experimental method. The variations of the fermentation temperature used were 30°C, 32°C, 34°C, 36°C, 38°C. The fermentation processes was carried out for 48 hours against 30 liters of molasses. But before that, to produce bioethanol the process of breeding microorganisms for 3 hours. Then a distillation process is carried out to obtain the level and volume of alcohol from the molasses fermentation process.

The results showed that the variation factors affected the level and volume of alcohol produced. The most optimal treatment to produce the highest alcohol content is a temperature of 34°C with an average alcohol content of 84% while the most optimal treatment to produce the highest alcohol volume is a temperature of 32°C with an average alcohol volume of 668,7 mL.

Keywords: Bioethanol, Molasses, Temperature, Alcohol content, Alcohol volume

1. Pendahuluan

Penyediaan pasokan energi pada masa depan merupakan suatu masalah yang selalu menjadi perhatian seluruh masyarakat dunia. Hal ini disebabkan karena sumber penghasil bahan bakar minyak (BBM) yaitu fosil semakin lama semakin berkurang. Salah satu upaya untuk mengurangi konsumsi masyarakat terhadap bahan bakar fosil adalah dengan memanfaatkan energi alternatif terbarukan. Berdasarkan Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia nomer 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, bahwa energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik seperti: panas bumi, bahan bakar nabati, aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut dan suhu kedalaman laut. Sehingga, salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil yaitu bahan bakar berbasis nabati seperti bioetanol [1].

Bioetanol merupakan bahan bakar ramah lingkungan serta memiliki angka oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat. Salah satu limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol yaitu molasses tebu yang merupakan produk samping dari industri gula yang dapat dijadikan sebagai salah satu sumber bahan baku. Molasses mempunyai kandungan gula yang tinggi, berkisar antara 50-60%. Produksi bioetanol dari molasse dilakukan dengan dua tahap yaitu proses fermentasi dan proses distilasi. Proses fermentasi senyawa gula dalam molasses bisa langsung dikonversi menjadi etanol tanpa harus melakukan *pre-treatment* terlebih dahulu dikarenakan kandungan dalam molasses masih berupa sukrosa, glukosa dan fruktosa [2].

Kadar alkohol yang dihasilkan dalam proses fermentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain nutrisi, keasaman pH, temperatur dan jenis mikroorganisme. Sehingga untuk mendapatkan kadar alkohol yang baik dibutuhkan suhu yang berkisar antara 31°C hingga 33°C dalam proses fermentasi. Berdasarkan penelitian [3], bahwa limbah kulit pisang batu (*musa balbisiana*) menghasilkan bioetanol dengan menggunakan jenis ragi roti pada temperature 30°C yaitu sebesar 0,5854%, kemudian kulit pisang kepok (*musa paradisiaca L*) dan pisang kulit raja (*musa sapientum*) dengan masing-masing kadar bioetanol yaitu sebesar 0,4587% dan 0,4173%. Dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa temperatur berpengaruh terhadap kadar alkohol dalam pembuatan bioetanol.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur fermentasi terhadap kadar dan volume alkohol yang dihasilkan dalam pembuatan bioetanol dari limbah gula (*molasses*) dengan menggunakan mikroaerasi.

2. Bahan dan Metode

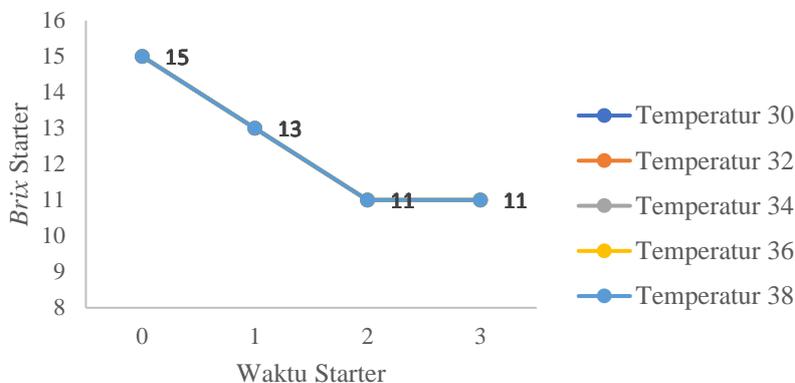
Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya *continous reflux still destilation, thermometer* bimetal, alkoholmeter, gelas ukur, *refractometer, spectro alcohol, timbangan digital*, jerigen fermentor, pipet, tangki pemanas (*heater*), *ph meter*, bom kalorimeter, *cleveland open cup*, digester fermentasi, aerator, *control* pemanas digester. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah gula atau molasse, ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan pupuk ZA *Zwavelzure ammoniak* (NH₄)₂SO₄.

Proses pengambilan molase dari penampung dianjurkan untuk mengambil cairan molase yang berada dibagian atas penampung. Hal ini dikarenakan cairan molase terlalu tua, sehingga cairan molase mengendap menghasilkan lumpur dan berlipat ganda. Molase diencerkan terlebih dahulu dengan cara dicampur dengan air karena molase dari pabrik tidak dapat digunakan langsung atau disuling menjadi alkohol karena terlalu kental dan mengandung lumpur. Brix sebelum proses pencairan bisa mencapai lebih dari 50%. Dalam penelitian ini, 15% brix digunakan sebagai nilai brix, perbandingan molase terhadap air kira-kira 1:4 dalam satuan massa. Cairan molase yang sudah diencerkan kemudian dipanaskan dalam tangki pemanas dengan suhu ± 100 °C selama 120 menit. Cairan molase yang sudah dipanaskan kemudian dibiarkan mendingin didalam tangki pemanas yang masih tertutup rapat agar tidak ada bakteri atau kotoran yang keluar selama 2 hari. Setelah cairan dingin, cairan molase dipindahkan ke dalam tong untuk disaring kembali untuk meminimalisir sludge yang terus terbawa pemanasan. Proses produksi starter atau bisa juga disebut fase pengembangbiakan mikroorganisme dalam khamir. Tujuan fase starter adalah agar mikroorganisme beradaptasi dengan lingkungannya sehingga dapat bereproduksi dengan baik. Proses produksi awal bertujuan menyiapkan mikroorganisme untuk melakukan proses perubahan gula menjadi alkohol. Starter dengan volume (15%) dari bahan baku/sampel dengan kandungan ragi mauripan sebanyak 10 g/L dan pupuk ZA 10 g/L. Kemudian dicampur dengan cairan molase yang sudah didinginkan, lalu diaduk hingga merata dan didiamkan dalam keadaan aerob dengan menggunakan aerasi sampai nilai brix pada starter menjadi konstan yang berkisar selama 3 jam.

Setelah starter jadi, kemudian diambil sampel untuk melihat berapa kadar brix-nya. Setelah diketahui kadar brix-nya, lalu campurkan starter dengan bahan baku/sampel untuk dilakukan proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan di dalam jerigen fermentor dengan variasi temperatur berkisar (30°C, 32°C, 34°C, 36°C, 38°C) yang berlangsung selama 2 hari dalam kondisi aerob dan anaerob (Hibrid) menggunakan mikroaerasi. Adapun tujuan dilakukannya proses fermentasi untuk mengubah gula menjadi alkohol dengan bantuan ragi dan pupuk. Kemudian larutan molase yang sudah di

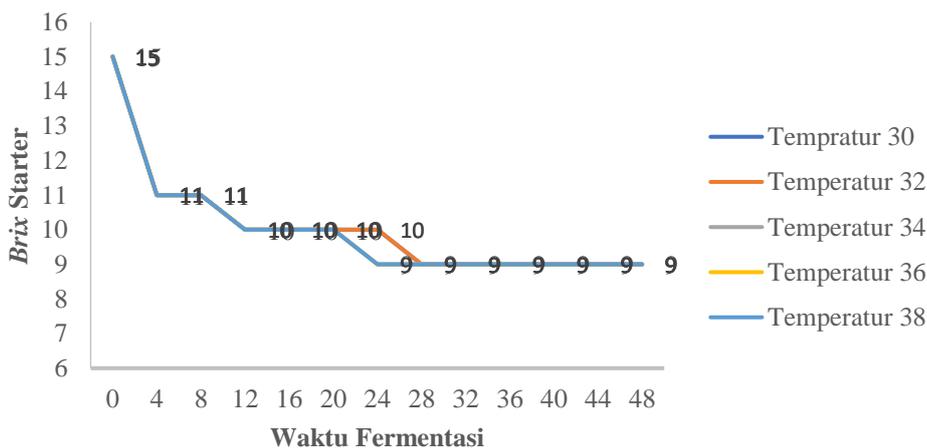
fermentasi akan langsung dilakukan proses destilasi menggunakan alat *continous reflux still destilation* dengan temperatur berkisar $\pm 78+1^{\circ}\text{C}$ dikarenakan titik didih alkohol sebesar $78,32^{\circ}\text{C}$. Proses ini bertujuan untuk memisahkan air dengan alkohol yang dihasilkan dari fermentasi larutan molase. Setelah proses destilasi selesai akan diukur kadar dan volume alkohol yang didapatkan.

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 1 Hubungan waktu fermentasi dengan *brix*

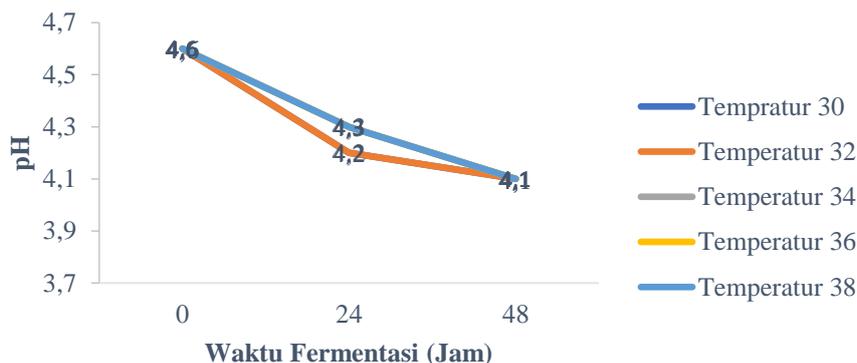
Dari Gambar 1 dapat dilihat bentuk grafik penurunan *brix* saat proses pembuatan starter pada semua perlakuan dengan setiap perlakuan diulangi sebanyak 3 kali perlakuan. Pada 1 jam pertama pada setiap temperatur yang digunakan yaitu 30°C , 32°C , 34°C , 36°C , 38°C terjadi penurunan sampai dengan *brix* 13%. Pada proses ini mikroorganisme akan menimbulkan respirasi *aerob*, yang bertujuan untuk membuat mikroorganisme dapat menyesuaikan dengan lingkungannya dan dapat mempersiapkan benih-benih agar mampu melakukan proses pengubahan gula menjadi alkohol [4]. Setelah 2 jam kembali terjadi penurunan *brix* pada perlakuan disetiap temperatur sampai dengan 11%. Masuk jam ke 3 pada proses pembuatan starter, *brix* dari starter cenderung konstan pada *brix* 11%, sehingga bisa dianggap bahwa proses pembuatan starter sudah selesai. Sehingga membuat peneliti melakukan proses pembuatan starter sampai dengan 3 jam. Penurunan nilai *brix* ini menunjukkan bahwa mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh dengan mengurai gula menjadi alkohol.



Gambar 2 Hubungan waktu fermentasi dengan *brix*

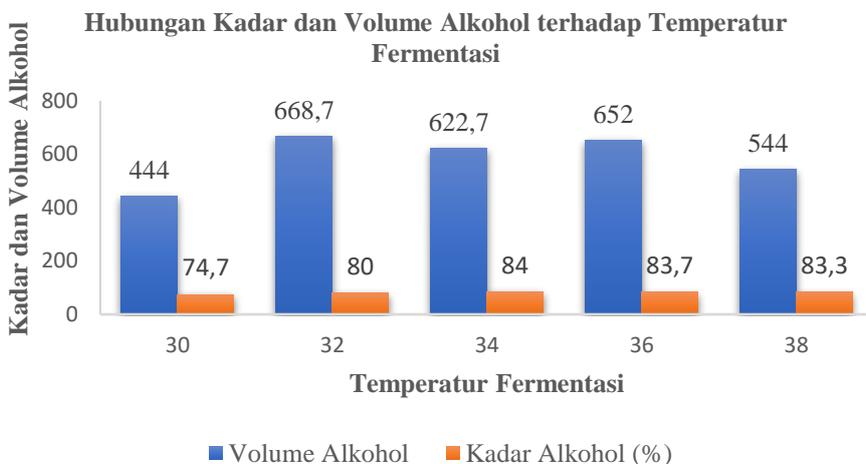
Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa *brix* pada saat proses fermentasi mengalami penurunan di jam ke 1 serta konstan di jam ke 28 hingga seterusnya. Namun terdapat perbedaan dalam kecepatan penurunan nilai *brix*. Bisa dilihat pada temperatur 34°C , 36°C , dan 38°C nilai *brix* lebih cepat turun dibandingkan pada temperatur 30°C dan 32°C , hal ini disebabkan karna mikroorganisme membutuhkan

temperatur yang cukup hangat untuk hidup dan memakan serta mengurai gula menjadi alkohol pada proses fermentasi. Penurunan *brix* yang terjadi pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadinya pemecahan gula-gula sederhana menjadi alkohol yang disebabkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang jumlahnya lebih banyak karena bantuan dari proses pengembangbiakan mikroorganisme sebelum dilakukan proses fermentasi. Dari semua sampel yang difermentasi, mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat mengurai semua kandungan gula yang terdapat dalam substrat atau medium fermentasi. Hal ini ditandai dengan penurunan nilai *brix* hanya mencapai 9% saja, artinya kadar gula yang direduksi khamir menjadi alkohol hanya sebesar 6% saja dari total *brix* awal pada proses fermentasi.



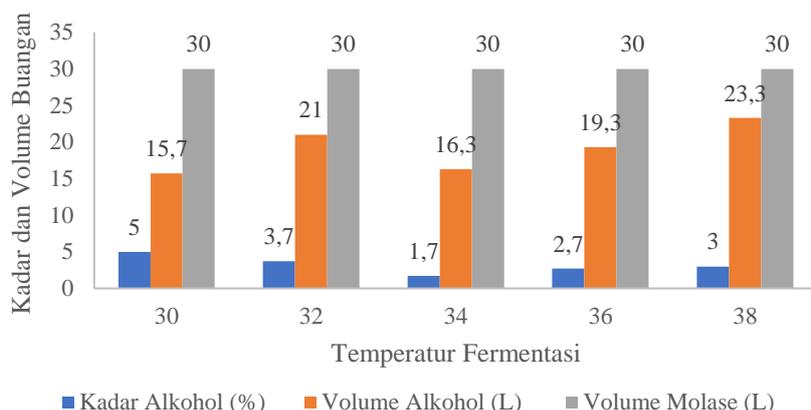
Gambar 3 Hubungan waktu fermentasi dengan pH

Dari Gambar 3 pH awal fermentasi yaitu 4,6 mengalami penurunan dari jam ke-0 sampai dengan jam ke-48. Pada gambar diatas terdapat perbedaan penurunan pH pada pengecekan yang pertama. Pada temperatur 34°C, 36°C, 38°C pH yang diperoleh yaitu 4,3. Sedangkan pada temperatur 30°C, 32°C didapatkan nilai pH yaitu 4,2. Perbedaan antara menurunnya nilai pH menunjukkan bahwa perubahan keadaan dari pH awal menjadi pH bersifat asam yang disebabkan oleh adanya kandungan asam-asam organik lainnya. Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka nilai pH akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena selama proses fermentasi akan menghasilkan gas terlarut yang bersifat asam (H_2CO_3) serta menghasilkan asam organik oleh mikroorganisme. Asam-asam organik tersebut seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirrat, dan asam propinat sebagai hasil sampingan dan asam-asam tersebut berperan dalam penurunan nilai drajat keasaman (pH) [5].



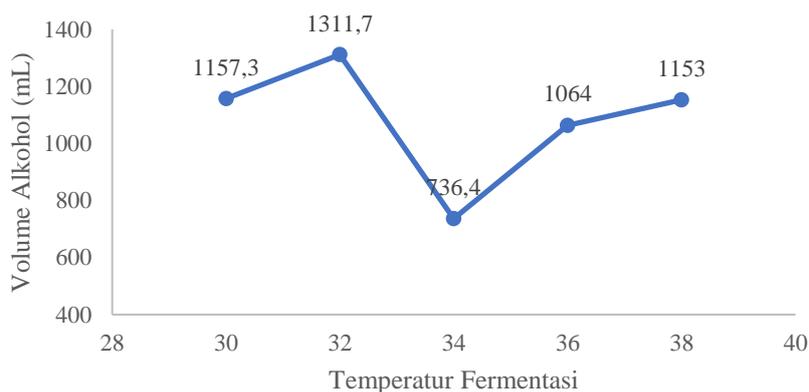
Gambar 4 Hubungan kadar dan volume alkohol terhadap temperatur fermentasi

Dari gambar 4 menunjukkan adanya perbedaan antara kadar dan volume alkohol yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kadar alkohol tertinggi yaitu pada variasi temperatur 34°C dengan pengulangan 3 kali dan didapat rata-rata kadar 84%. Sedangkan kadar terendah dihasilkan oleh variasi temperatur 30°C dengan pengulangan 3 kali dan didapatkan rata-rata kadar 74,7. Untuk volume alkohol tertinggi yaitu pada temperatur 32°C dengan volume alkohol sebesar 668,7 mL. Sedangkan untuk volume alkohol terendah yaitu pada temperatur 30°C dengan volume alkohol sebesar 444 mL. Sehingga dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa temperatur berpengaruh dalam proses pembuatan bioetanol dan pertumbuhan mikroorganisme yang digunakan akan berpengaruh terhadap temperatur yang digunakan [6].



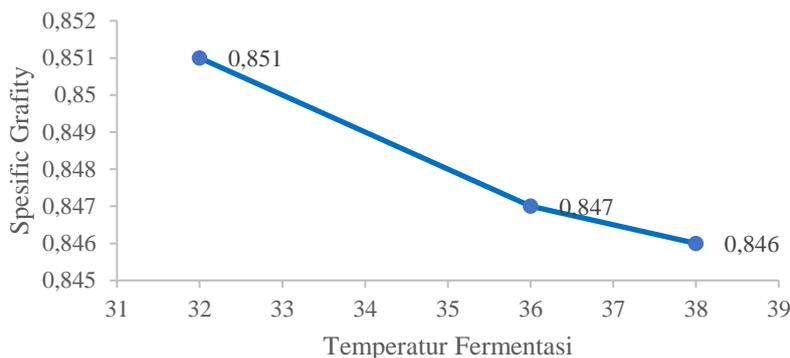
Gambar 5 Hubungan kadar dan volume alkohol buangan terhadap temperature fermentasi

Dari Gambar 5 dapat dilihat kadar dan volume buangan yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Sedangkan untuk buangan cairan molase cenderung tinggi dan stabil sesuai dengan cairan molase yang dimasukkan pada awal proses destilasi. Untuk kadar alkohol buangan tertinggi sebesar 5% dan volume buangan sebesar 15,7 mL dengan variasi temperatur 30°C dan kadar buangan terendah 1,7% dengan volume buangan 16,3 mL dengan variasi temperatur 34°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar alkohol yang didapatkan maka semakin kecil kadar buangan alkohol yang dihasilkan.



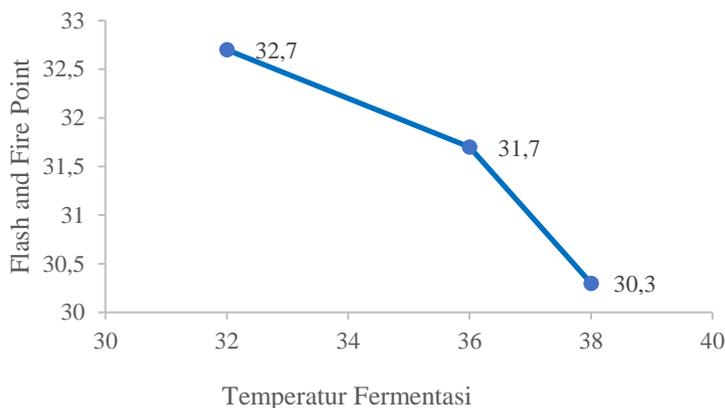
Gambar 6 Hubungan antara volume alkohol murni (total) dengan temperature fermentasi

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa variasi temperatur 32°C volume alkohol total tertinggi sebanyak 1311,7 mL dan variasi temperatur 34°C mendapatkan kadar dan volume alkohol terendah sebanyak 736,4 mL. hal ini menunjukkan bahwa hasil dari proses fermentasi menggunakan mikroaerasi dapat mengurai glukosa menjadi volume alkohol total tertinggi pada variasi temperatur 32°C.



Gambar 7 Hubungan *specific gravity* kadar alkohol dengan temperature fermentasi

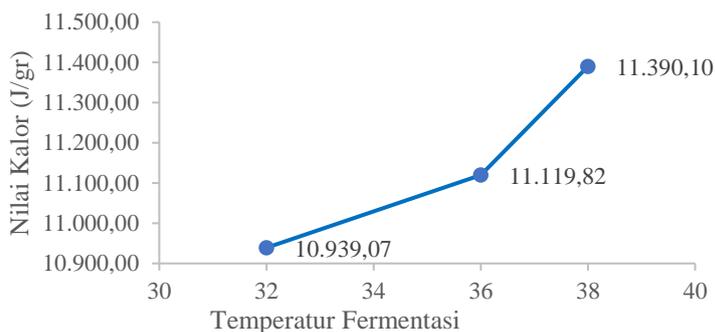
Pada Gambar 7 dilihat bahwa semakin tinggi nilai kadar suatu alkohol, maka semakin kecil nilai dari *specific gravity* dari alkohol yang dihasilkan. Peristiwa ini membuktikan bahwa kandungan alkohol yang tinggi menyebabkan kandungan air yang ada dalam alkohol semakin sedikit, sehingga menyebabkan pengaruh pada densitas alkohol. Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai *specific gravity* terendah yang dihasilkan pada perlakuan temperatur 38°C dengan kadar alkohol 86% dan rata-rata 0,846. Sedangkan untuk nilai *specific gravity* tertinggi didapatkan pada variasi temperatur 32°C dengan kadar alkohol 84% dan rata-rata 0,85.



Gambar 8 Hubungan antara *flash and fire point* kadar alkohol dengan temperatur fermentasi

Dari Gambar 8 dapat dilihat suhu terendah terjadinya *flash and fire point* pada 30,3°C perlakuan temperatur 38°C dengan kadar alkohol tertinggi 86%. Sedangkan suhu tertinggi terjadinya *flash and fire point* yaitu 32,7°C pada perlakuan temperatur 32°C dengan kadar 84%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, nilai kadar alkohol tertinggi berbanding terbalik dengan suhu pembakaran, semakin tinggi nilai dari kadar alkohol yang dihasilkan, maka suhu yang dibutuhkan untuk terbakar semakin rendah, sehingga dapat dilihat bahwa alkohol memiliki sifat yang mudah terbakar. Sehingga dapat dilihat bahwa tingginya kadar alkohol menyebabkan semakin rendahnya nilai *flash and fire point*-nya. Hal ini akan menyebabkan alkohol kurang mudah menguap [7].

Pada Gambar 9 dilihat bahwa hasil pengujian bom kalorimeter menggunakan sampel kadar alkohol mengalami kenaikan dari setiap perlakuan dan mendapatkan variasi nilai kalor yang berbeda-beda. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kadar suatu alkohol maka akan semakin tinggi pula nilai kalor yang didapatkan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan kadar alkohol yang semakin tinggi menyebabkan kandungan air yang semakin sedikit yang berpengaruh pada proses pembakaran alkohol.



Gambar 9 Hubungan nilai kalor kadar alkohol dengan temperatur fermentasi

Nilai kalor tertinggi yang didapatkan pada pengujian bom kalori meter terdapat pada perlakuan 38°C dengan kadar alkohol 86% mendapatkan nilai kalor sebesar 11.390,10 J/gr, sedangkan nilai kalor terendah didapatkan pada perlakuan temperatur 32°C dengan kadar alkohol 84% mendapatkan nilai sebesar 10.939,07 J/gr. Hal ini menunjukkan bahwa bioetanol yang memiliki kadar alkohol tertinggi dapat melepaskan panas lebih besar dari pada kadar kalor alkohol terendah dan nilai kalor pada penelitian berbanding lurus dengan kadar alkohol, karena nilai kalor akan bertambah seiring meningkatkan kadar alkohol. Maka nilai kalor dari alkohol akan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kadar alkohol [8].

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa, variasi temperatur fermentasi dengan menggunakan mikroaerasi berpengaruh pada kadar bioetanol yang diproduksi dari fermentasi molase, diperoleh $F_{hitung} (9,54) > F_{tabel} (3,48)$ dengan rata-rata kadar alkohol tertinggi yaitu 84% pada temperatur 34°C dan Variasi temperatur fermentasi dengan menggunakan mikroaerasi berpengaruh pada volume bioetanol yang diproduksi dari fermentasi molase, dengan diperoleh $F_{hitung} (10,43) > F_{tabel} (3,89)$ dengan rata-rata volume alkohol tertinggi yaitu 668,7 mL pada temperatur 32°C.

Daftar Notasi

m_A	Massa alkohol
m_a	Massa aquades
V_A	Volume alkohol
V_a	Volume aquades
ρ_A	Massa jenis alkohol
ρ_a	Massa jenis aquades
SG	<i>Specific Gravity</i>
MI	mili Liter
Gr	Gram
L	Liter
Cal	Calori
J	Joule

Daftar Pustaka

[1] N. Azizah, A.N. Al-barri, S. Mulyani, Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produk sigas pada fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1 (2) (2012).

[2] K.V. Mboti, “Pemanfaatan limbah gula (molase) dalam pembuatan bioetanol dengan variasi volume starter dengan menggunakan mikroaerasi pada proses fermentasi” (skripsi), Mataram: Universitas Mataram, 2020.

- [3] I. Febriana, Sofiah, I. Purnama, Pengaruh temperatur inkubasi dan jenis ragi dalam pembuatan bioetanol dari limbah kulit pisang (*Musa paradisiaca*), Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, 1 (2017) 23-28.
- [4] N. Hidayati, G.D.D. Puspita, “Pabrik bioetanol dari molase melalui fermentasi dengan pemurnian distilasi dan adsorpsi” (skripsi), Surabaya: Teknik Kimia Industri, Institut Teknologi Surabaya, 2017.
- [5] W.B. Wahyudi, N. Subrimobdi, Caroko, Studi experimental pengaruh penggunaan *saccharomyces cerevisiae* terhadap tingkat produksi bioethanol dengan bahan baku nira siwalan, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.
- [6] H.S. Tira, M. Mara, Z. Zulfitri, M. Mirmanto, 2018, Uji sifat fisik dan kimia bioetanol dari jagung (*Zea mayas L*), *Dinamika Teknik Mesin*, 8 (2) (2018) 77-82.
- [7] Fitasari, Yuni, Pengaruh variasi temperatur inkubasi dan jenis ragi dalam pembuatan bioetanol dari limbah bongol pisang (*Musa Paradiaca*), Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [8] R. Sutanto, H. Jaya, A. Mulyanto, Analisa pengaruh lama fermentasi dan temperatur distilasi terhadap sifat fisik (specific gravity dan nilai kalor) bioetanol berbahan baku nanas (*ananas comosus*), *Dinamika Teknik Mesin*, 3 (2) (2013).