

## DAMPAK PERBEDAAN LAJU AERASI SELAMA FERMENTASI TERHADAP KUALITAS BIOETANOL BERBAHAN MOLASE

### *THE IMPACT OF AERATION RATE VARIATIONS DURING FERMENTATION ON THE QUALITY OF MOLASSES-BASED BIOETHANOL*

Tri Rachmanto\*, I. M. Adi Sayoga, Fardiaz Anugrah Saputra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62, 83125, Indonesia no.hp 081907150437

\*Corresponding author

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

<https://doi.org/10.29303/empd.v5n1.383-389>

Received 22 May 2025; Received in revised form 28 May 2026; Accepted 30 May 2026

#### ABSTRACT

Energy consumption is increasing along with the increase in population. At this time the use of energy can not be separated from everyday life. Energy needs still depend on fossil energy resources or petroleum. Bioethanol is a potential non-fossil fuel and can be used as an alternative fuel. Plants that can be used as bioethanol are starchy materials such as cassava, sweet potatoes, wheat and potatoes; sugary ingredients such as molasses (molasses). The purpose of this study was to determine the effect of variations in the rate of aeration during fermentation on the quality of bioethanol produced with molasses. Parameters of bioethanol quality observed were bioethanol content, volume of bioethanol, and calorific value. This study used variations in the rate of aeration during fermentation of 1 lpm, 1.5 lpm, and 2 lpm. Bioethanol is produced by fermenting molasses for 72 hours (3 days), then a distillation process is carried out to obtain bioethanol from molasses fermentation. The study produced the highest average bioethanol content and average bioethanol volume produced at an aeration rate of 2 lpm with an average bioethanol content of 86.67% and an average bioethanol volume of 346.67 ml. The higher the alcohol content produced, the higher the calorific value. The highest calorific value was obtained from the 2 lpm variation with a sample content of 90% with a calorific value of 12456.60 Joules/g.

**Keywords:** Molasses, Bioethanol, Aeration rate

#### 1. Pendahuluan

Dalam berjalannya waktu konsumsi energi semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Pada saat ini penggunaan energi tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Kebutuhan energi masih bergantung pada sumber daya energi fosil atau minyak bumi. Sumber daya energi fosil merupakan sumber daya energi yang tidak dapat diperbaharui, apabila digunakan secara terus menerus ketersediaannya akan menipis dan habis. Penggunaan sumber daya energi terbarukan, salah satu contohnya Bioetanol dapat menjadi solusi agar dapat memenuhi ketersediaan energi yang dibutuhkan.

Bioetanol adalah bahan bakar nonfosil yang cukup potensial dan dapat dijadikan bahan bakar alternatif. Tanaman yang dapat dijadikan bioetanol adalah bahan berpati seperti ubi kayu, ubi jalar, gandum dan kentang; bahan bergula seperti tetes tebu (molase), nira tebu, nira kelapa, dan nira nipah; dan bahan berselulosa seperti batang pisang, ampas tebu, dan jerami padi. Molases atau tetes tebu merupakan hasil samping (*by product*) pada proses pembuatan gula. Molases berwujud cairan kental

yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Molases mengandung sebagian besar gula, asam amino dan mineral. Molases memiliki kandungan senyawa gula yang tinggi, berkisar antara 50 – 65 %. Senyawa gula merupakan komponen dasar yang kemudian dikonversi khamir menjadi etanol.[8].

Kebutuhan etanol di Indonesia mencapai 145.000 kilo liter per tahun, sedangkan produksi etanol di Indonesia baru mencapai 40.000 kilo liter per tahun. Selain itu peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 29 tahun 2008 menetapkan kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol (E100) pada sektor industri dan komersial, data pada Januari 2015 adalah 5% dan pada Januari 2020 bertambah menjadi 10% dari kebutuhan total bioetanol. Persentase minimal pemanfaatan bioetanol ini terus meningkat pada tahun-tahun selanjutnya. Selain itu, syarat kadar bioetanol untuk bahan bakar pada SNI 7390:2012 yaitu etanol dengan kadar minimal 99,5%-volume sehingga untuk meningkatkan kadar etanol agar sesuai standar SNI adalah dengan melakukan proses destilasi. Selain bahan bakar pengganti bensin bioetanol juga dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor bioetanol dengan kadar etanol yang lebih rendah sekitar 70% - 90%.

Etanol dihasilkan dari proses fermentasi. Efisiensi fermentasi dipengaruhi oleh kadar gula tetes, aerasi, suhu, mikroba, pH, dan lama fermentasi. Menurut [6] dalam penelitiannya tentang pengaruh dari laju aerasi dan kecepatan pengadukan dalam fermentasi micro-aerobic batch dengan variasi laju aerasi 1-1,5 lpm dan kecepatan pengadukan 150-250 rpm. Pengaruh dari laju aerasi dan kecepatan pengadukan pada fermentasi micro-aerobic dipelajari dalam skala laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa dengan ragi roti, peningkatan dalam laju aerasi dari yang sangat rendah dapat meningkatkan produktivitas bioethanol sebesar 20% karena itu bisa menambah kelangsungan hidup sel.

Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian tentang pembuatan bioethanol dari bahan molasses dengan memvariasikan laju aerasi selama fermentasi.

## 2. Bahan dan Metode

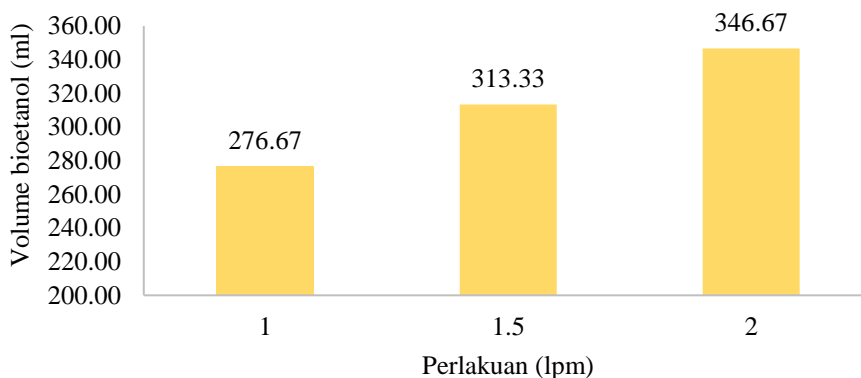
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah molase, ragi roti yang mengandung *Saccharomyces Cerevisiae*, dan pupuk ZA (amonium sulfat). Segangkan alat yang digunakan selama penelitian ini diantaranya *continous reflux still destilation*, termometer, alkoholmeter, refractometer, spectro alkohol, timbangan digital, jerigen fermentor, gelas ukur, pipet, tangki pemanas (*heater*), pH meter, aerator, filter, keran aerator, dan bom kalorimeter.

Proses pengenceran molase dilakukan dikarenakan limbah molase dari pabrik tidak bisa langsung diolah menjadi alkohol karena terlalu kental. Brix sebelum proses pencairan bisa mencapai 50% bahkan lebih. Pada penelitian ini Brix yang digunakan 14%. Molase dicampurkan dengan air untuk memperoleh Brix yang diinginkan. Molase sebanyak 20 liter dicampurkan dengan 100 liter air agar mencapai Brix 14%. Setelah mencapai brix 14% larutan molase kemudian dimasukan ke tangki pemanas. Pada tahapan ini, molase yang telah diencerkan akan dipanaskan pada tangki pemanas hingga suhu  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  kemudian pemanas akan dimatikan, setelah itu molase akan dibiarkan dingin hingga suhu ruangan selama 2 hari tanpa membuka tutup tangki pemanas agar bakteri dari luar tidak ikut masuk dengan udara luar. Tahap propagasi atau dengan nama lain tahap perkembangbiakan yeast (ragi). Tujuan dari tahap propagasi untuk membuat yeast dapat beradaptasi dengan lingkungannya sehingga dapat berkembangbiak, selain itu untuk dapat mempersiapkan bibit agar mampu melakukan proses perubahan gula menjadi alkohol [9]. Pada proses propagasi, larutan molase yang sudah dingin akan di pindahkan pada jerigen fermentor dengan cara difilter melalui filter 05 mikron dan 10 mikron sebanyak 30 liter dan dicampurkan dengan ragi dan pupuk. Pada penelitian konsentrasi pupuk sebanyak 10 g/l dan ragi sebanyak 10 g/l.

Tahap fermentasi, larutan molase yang telah ditambahkan pupuk dan ragi akan difermentasi selama 3 hari (72 jam) dengan variasi laju aerasi yang sudah ditentukan (1 lpm, 1,5 lpm, dan 2 lpm) dan pada temperatur ruangan berkisar antara 23-30°C. Selama fermentasi berlangsung, derajat keasaman (pH) dan Brix akan diukur penurunannya. Brix akan diukur 4 jam sekali, sedangkan pH akan diukur pada jam ke 0, 24, 48, dan 72 (tiga hari). Proses destilasi, larutan molase yang sudah di fermentasikan selama 3 hari (72 jam) akan didestilasi atau pemisahan antara air dan alkohol menggunakan *Continous Destiller Reflux* pada temperatur  $\pm 80^{\circ}\text{C}$  (titik didih alkohol sebesar 78,32°C). Pada proses ini, alkohol akan menguap secara terus menerus dan melalui sirip-sirip pada cerobong destilator yang mengarah pada pipa kecil untuk selanjutnya ditampung pada wadah.

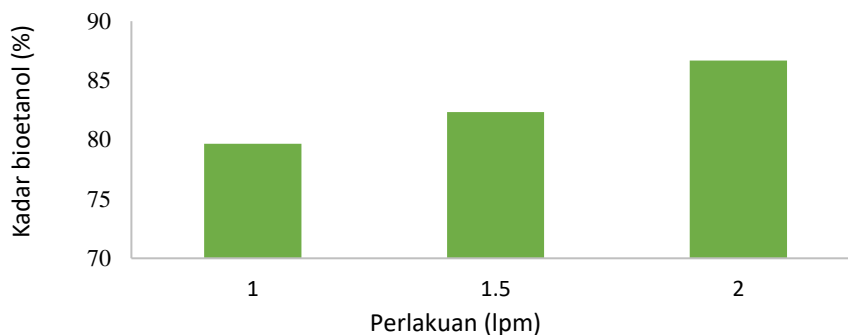
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada proses destilasi, alat destilasi *Continuous Reflux Still Destilation* akan menghasilkan 2 output bioetanol yaitu bioetanol kadar tinggi dan bioetanol kadar rendah. Untuk mengukur kadar bioetanol menggunakan alat ukur alkoholmeter, dengan cara diambil bioetanol dengan volume sebanyak 250 ml dan tuangkan kedalam gelas ukur, lalu celupkan alat alkoholmeter dan tunggu sampai alkoholmeter diam lalu didapatkan data nilai kadar bioetanol. Dari hasil penelitian, pengambilan data volume dan kadar bioetanol dengan pengulangan tiga kali, hasil penelitian didapatkan data rata-rata volume bioetanol pada setiap perlakuan.



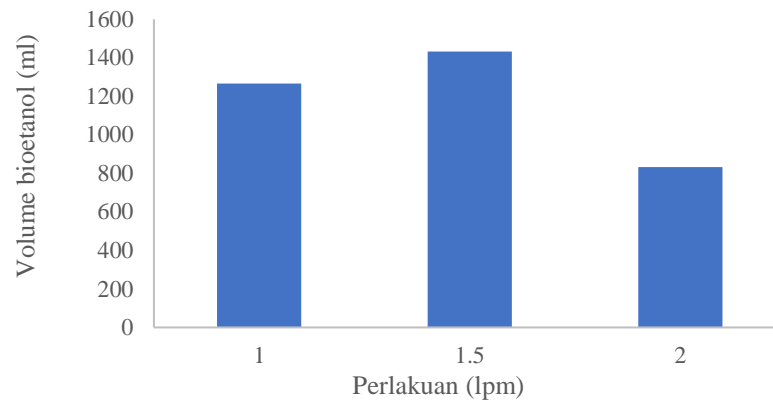
Gambar 1 Volume bioetanol setelah destilasi

Berdasarkan Gambar 1 dapat dikatakan bahwa semakin laju aerasi yang ditambahkan maka volume bioetanol yang dihasilkan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan penambahan laju aerasi dapat meningkatkan produktivitas bioetanol sebesar 20% karena itu bisa menambah kelangsungan hidup sel [6].



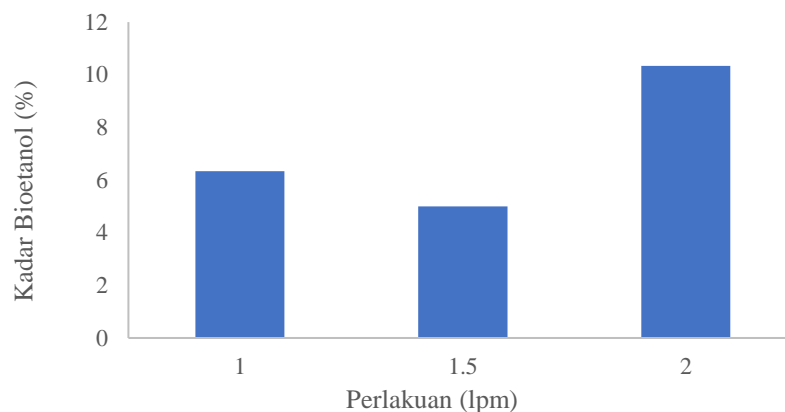
Gambar 2 Kadar bioetanol setelah destilasi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat dari hasil penelitian didapatkan kadar bioetanol terendah yang dihasilkan yaitu pada penambahan laju erasi sebesar 1 lpm didapatkan rata-rata kadar 79,67%. Sedangkan kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan dari laju mikroaerasi 2 lpm dengan nilai rata-rata kadar bioetanol 86,67%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar laju aerasi yang diberikan maka kadar dan volume yang akan dihasilkan juga akan semakin besar. Peningkatan konsentrasi yeast dipengaruhi oleh ketersediaan substrat dan oksigen dalam media fermentasi. Ketersediaan substrat yang masih cukup banyak pada media fermentasi akan digunakan oleh yeast untuk pertumbuhan, sehingga yeast cenderung mengalami peningkatan konsentrasi [11].



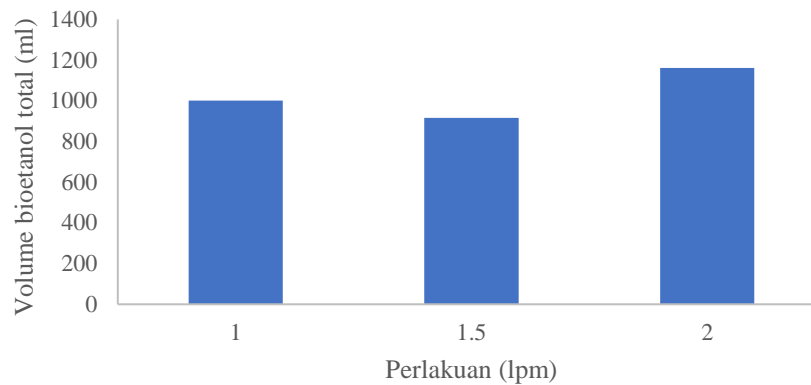
Gambar 3 Volume bioetanol kadar rendah setelah destilasi

Pada Gambar 3 dapat dilihat variasi 1 lpm memperoleh rata-rata volume bioetanol kadar rendah sebesar 1266,67 ml. Volume bioetanol kadar rendah tertinggi diperoleh pada variasi 1,5 lpm sebesar 1433,33 ml dan volume terendah diperoleh variasi 2 lpm dengan volume sebanyak 833,33 ml. Hasil volume bioetanol kadar rendah berbanding terbalik dengan volume bioetanol kadar tinggi, dimana semakin banyak volume bioetanol yang diperoleh maka semakin rendah volume bioetanol kadar rendah yang diperoleh.



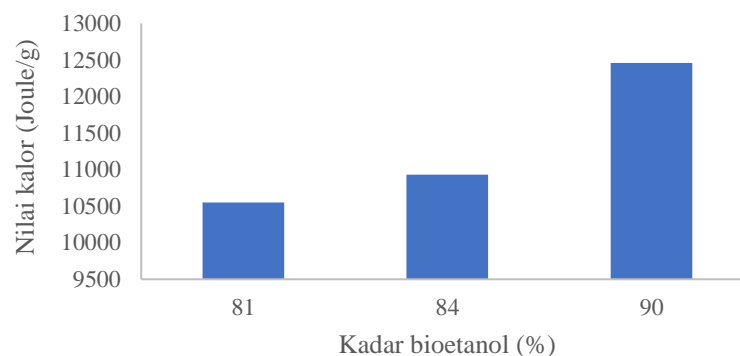
Gambar 4 Kadar bioetanol rendah setelah destilasi

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa variasi 1, lpm memperoleh nilai bioetanol kadar rendah paling kecil dengan rata-rata kadar 5%. Bioetanol kadar rendah paling tinggi diperoleh dengan menggunakan variasi 2 lpm. Nilai bioetanol kadar rendah berbanding terbalik dengan nilai volume bioetanol kadar rendah. Semakin tinggi nilai bioetanol kadar rendah maka volume bioetanol kadar rendah akan semakin sedikit. Saat melakukan proses destilasi dengan mesin *continuous reflux destillation* dapat dihitung volume bioetanol tinggi dan volume bioetanol kadar rendah untuk mengetahui secara pasti total bioetanol yang dihasilkan dari 30 liter sampel. Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan rata-rata volume bioetanol total seperti Gambar 5.



Gambar 5 Volume bioetanol total

Berdasarkan Gambar 5 variasi laju aerasi 2 lpm memperoleh volume bioetanol total paling banyak sebanyak 1161,56 ml. sedangkan volume bioetanol total paling sedikit diperoleh dengan laju aerasi 1,5 lpm. Terjadinya perbedaan dari hasil volume bioetanol total pada setiap perlakuan dikarenakan, hasil dari volume bioetanol kadar tinggi berbanding terbalik dengan volume bioetanol kadar rendah, semakin sedikit volume bioetanol tinggi yang dihasilkan maka semakin banyak volume bioetanol kadar rendah. Pengujian nilai kalor yang dilakukan hanya mengambil 1 sampel setiap masing-masing variasi, karena kadar bioetanol yang dihasilkan tidak berbeda jauh dan diharapkan mampu mewakili dari setiap variasi yang dijalankan. Sampel yang digunakan yakni yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi.



Gambar 6 Nilai kalor terhadap kadar bioethanol

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar bioetanol maka akan semakin tinggi pula nilai kalor yang didapatkan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan kadar bioetanol yang semakin tinggi menyebabkan kandungan air yang semakin sedikit yang berpengaruh pada proses pembakaran bioetanol. Nilai kalor tertinggi yang didapatkan pada pengujian bom kalorimeter terdapat pada kadar bioetanol 90% dengan nilai kalor sebesar 12500 Joule/g sedangkan nilai kalor terendah didapatkan pada kadar bioetanol 84% mendapatkan nilai sebesar 10931,54 Joule/g.

Tabel 1 Anova pengaruh laju aerasi terhadap kadar bioetanol

| Source of Variation | SS        | df | MS        | F <sub>Hitung</sub> | P-value  | F <sub>Tabel</sub> |
|---------------------|-----------|----|-----------|---------------------|----------|--------------------|
| Between Groups      | 74,888889 | 2  | 37,444444 | 7,0208333           | 0,026832 | 5,1432528          |
| Within Groups       | 32        | 6  | 5,3333333 |                     |          |                    |
| Total               | 106,88889 | 8  |           |                     |          |                    |

Berdasarkan Tabel 1 anova menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yaitu 0,05 diperoleh  $F_{hitung}$  (7,0208333) >  $F_{Tabel}$  (5,1432528) maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Sehingga variasi laju aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap kadar bioetanol.

Tabel 2 Anova pengaruh laju aerasi terhadap volume bioetanol

| Source of Variation | SS      | df | MS      | $F_{Hitung}$ | P-value | $F_{Tabel}$ |
|---------------------|---------|----|---------|--------------|---------|-------------|
| Between Groups      | 7355,56 | 2  | 3677,78 | 2,45185      | 0,16662 | 5,14325     |
| Within Groups       | 9000    | 6  | 1500    |              |         |             |
| Total               | 16355,6 | 8  |         |              |         |             |

Berdasarkan Tabel 2 anova menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yaitu 0,05 diperoleh  $F_{hitung}$  (2,451852) <  $F_{Tabel}$  (5,14325) maka  $H_0$  diterima. Sehingga variasi laju aerasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap volume bioetanol.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: Kadar bioetanol dan volume bioetanol paling tinggi dihasilkan pada laju aerasi 2 lpm dengan rata-rata kadar bioetanol 86,67 % dan rata-rata volume bioetanol 346,67 ml. Kadar bioetanol dan volume bioetanol paling rendah dihasilkan pada laju aerasi 1 lpm dengan rata-rata kadar bioetanol 79,67% dan rata-rata volume bioetanol 276,67 ml. Uji ANOVA laju aerasi terhadap kadar bioetanol diperoleh  $F_{hitung} > F_{Tabel}$ , sehingga variasi laju aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap kadar bioetanol. Uji ANOVA laju aerasi terhadap volume bioetanol diperoleh  $F_{hitung} < F_{Tabel}$  sehingga variasi laju aerasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap volume bioetanol. Semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan maka nilai kalor akan semakin tinggi. Nilai kalor tertinggi diperoleh dari variasi 2 lpm dengan kadar 90% dengan nilai kalor sebesar 12456,60 Joule/g.

#### Daftar Notasi

|     |                 |
|-----|-----------------|
| lpm | liter per menit |
| g/l | gram per liter  |
| g   | gram            |
| ml  | mili liter      |

#### Daftar Pustaka

- [1] A.P. Akbar, “Analisa pengaruh variasi massa ragi roti dan laju mikroaerasi terhadap hasil akhir kadar dan volume bioetanol pada molase” (skripsi), Mataram: Universitas Mataram, 2022.
- [2] L.F. Albus, “Isolasi khamir dari tetes tebu (molase) dan potensinya dalam menghasilkan etanol” (tugas akhir), Malang: Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, 2014.
- [3] T. Al-Husaini, “Potensi molase tebu sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan variasi starter dengan pH” (skripsi), Mataram: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, 2021.
- [4] S. Bustaman, Kebijakan pengembangan bahan bakar nabati (bioetanol), *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 17 (2008) 89-106.
- [5] H. Chen, W. Qiu, Key technologies for bioethanol production from lignocellulose, *Biotechnology Advances*, 28 (2010) 556-562.
- [6] L.W.T. Emily, J. Nandong, Y. Samyudia, Experimental investigation on the impact of aeration rate and stirrer speed on micro-aerobic batch fermentation, *Journal of Applied Science*, 9 (17) (2009) 3126-3130.

- [7] Habibah, “Produksi substrat fermentasi bioetanol dari alga merah *gracilaria verrucosa* melalui hidrolisis enzimatis dan kimiawi” (skripsi), Semarang: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [8] F. Hartina, A. Jannah, A. Maunatin, Fermentasi tetes tebu dari pabrik gula pagotan madiun menggunakan *saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan bioetanol dengan variasi pH dan lama fermentasi, *Alchemy*, 3 (1) (2014) 93-100.
- [9] N. Hidayati, G.D.D. Puspita, “Pabrik bioetanol dari molase melalui fermentasi dengan pemurnian distilasi dan adsorpsi” (tugas akhir), Surababaya: Teknik Kimia Industri, Institut Teknologi Surabaya, 2017.
- [10] Y.H. Hui, L.M. Goddik, J. Josephsen, W.K. Nip, P. Stanfield, F. Toldra, *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*, 2004.
- [11] J. Jayus, I.V. Noorvita, Nurhayati, Produksi bioetanol oleh *saccharomyces cerevisiae* Fnc 3210 pada media molase dengan kecepatan agitasi dan aerasi yang berbeda, *Jurnal Agroteknologi Universitas Jember*, 10 (02) (2016) 184-192.
- [12] R. Juwita, “Studi produksi alkohol dari tetes tebu (*saccharum officinarum* L) selama proses fermentasi” (skripsi), Makasar: Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, 2012.
- [13] Miftahurrahman, “Optimasi produksi bioetanol dari limbah pabrik gula (molase) dengan memvariasikan brix dan konsentrasi ragi” (skripsi), Mataram: Program Studi Teknik Mesin. Universitas Mataram, 2021.
- [14] Y.A. Riani, C. Chairul, W. Wisrayetti, “Pengaruh konsentrasi ammonium sulfat dan waktu pada fermentasi pulp kakao menjadi bioetanol menggunakan *saccharomyces cerevisiae*” (dissertation), Riau University, 2015.
- [15] A. Rochani, S. Yuniningsih, M. Ma’sum, Pengaruh konsentrasi gula larutan molase terhadap kadar etanol pada proses fermentasi, *Jurnal Reka Buana Teknik Kimia Universitas Tribuana Tunggadewi*, 1 (1) (2016) 43-48.
- [16] A. Sabrina, Produksi bioetanol menggunakan ragi roti instan dengan dan tanpa pemberian aerasi pada media molases, *Jurnal Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember*, (2015).
- [17] A. Satriawan, “Pemanfaatan molase menjadi bioetanol dengan memvariasikan brix dan waktu fermentasi sebagai bahan baku disinfektan dan hand sanitizer untuk mencegah penyebaran Covid-19” (skripsi), Mataram: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, 2021.
- [18] L. Turini, I. Nocera, F. Bonelli, M. Mele, M. Sgorbini, Evaluation of brix refractometry for the estimation of colostrum quality in jennies, *Journal of Equine Veterinary Science*, 92 (2020).