

## FERMENTASI MOLASE DARI TETES TEBU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR TERBARUKAN

**Adean Mayasri**

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh,  
Indonesia

Email: adean.mayasri@ar-raniry.ac.id

### ABSTRACT

Molasses fermentation from molasses has been studied as an alternative to renewable energy. The goal of this research was to determine molasses fermentation as an alternative to renewable energy. The goal of this research was to monitor the alcohol concentration and pH levels during the fermentation process. This study employed a completely randomized design (CRD) method with two components. Factor A is the amount of time required for aeration. Molasses dilution is factor B. Factor A was tested across four different time periods: 24, 48, 72, and 96 hours. Factor B was tested using three different ratios: 1: 1.5, 1: 2, and 1: 2.5. The calculations of alcohol content  $F_{\text{calc}}P = 74.35 > F_{\text{table}}(11; 36; 0.05) = 2.07$  and  $F_{\text{table}}(11; 36; 0.01) = 2.79$  revealed that components A and B had a significant impact on the final alcohol content. The BNJ 1% was calculated to be 0.63. This demonstrates that A4B3 is the most effective treatment.  $F_{\text{calc}}P = 2.85 > F_{\text{table}}(11; 36; 0.05) = 2.07$  and  $F_{\text{table}}(11; 36; 0.01) = 2.79$ , indicating that factors A and B have a highly substantial effect on acidity (pH). The BNJ 5% was obtained at a value of 0.61. This also demonstrates the optimal acidity conditions in A4B3 therapy. Based on these findings, it is clear that aeration for 96 hours and dilution with a 1: 2.5 ratio produce the greatest outcomes and the maximum alcohol content. At a pH of 4.45, the average bioethanol content is 6.31%.

**Keywords:** Fermentation, Molasses, Bioethanol.

### PENDAHULAN

Setiap tahun populasi manusia meningkat dan kegiatan yang dilakukan juga semakin meningkat. Bahan bakar merupakan sumber energi pada hampir setiap kegiatan manusia. Hal ini merupakan dampak dari pengembangan yang dilakukan untuk mempermudah kegiatan manusia, sehingga konsumsi energi meningkat. Bahan bakar yang paling sering digunakan dalam kegiatan manusia salah satunya adalah bahan bakar fosil. Pembakaran sempurna dari bahan bakar fosil menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Tartakovsky dan Sheintuch, 2018). Akan tetapi, kenyataan bahwa pembakaran sempurna sangat jarang terjadi dan menyebabkan adanya emisi gas buang. Friedlingstein dkk. (2014) menyatakan bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> yang berasal dari emisi pembakaran bahan bakar fosil terakumulasi sehingga menyebabkan pemanasan

global. Menurut Cao dkk. (2008) pembakaran terjadi dan melepaskan senyawa diantaranya yaitu partikulat, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>2</sub>.

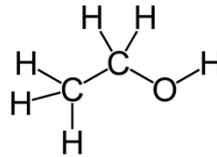
Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian yang banyak dilakukan saat ini diantaranya yaitu mengenai sumber energi terbarukan dan penambahan zat aditif pada bahan bakar. Zat aditif yang dimaksudkan disini yaitu suatu zat yang ditambahkan pada bahan bakar sehingga pembakaran yang terjadi lebih baik. Pembakaran yang lebih baik dapat mengurangi emisi gas buang yang berbahaya. Menurut Barrios dkk. (2014) pencampuran zat aditif yang merupakan senyawa oksigenat pada bensin memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap emisi partikel. Penambahan zat aditif pada bensin sebanyak 15% menurunkan emisi partikel secara drastis dan hal ini merupakan keuntungan untuk kerja mesin.

Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar yaitu senyawa oksigenat. Senyawa oksigenat yaitu senyawa organik yang ditambahkan ke dalam bahan bakar sebagai pengganti senyawa TEL (*tetraethyl lead*). Beberapa senyawa yang termasuk kedalam senyawa oksigenat yaitu senyawa alkohol, eter, dan asetal. Alkohol sendiri dapat dihasilkan melalui fermentasi tumbuhan. Beberapa jenis alkohol dapat digunakan sebagai bahan bakar dan dapat juga digunakan sebagai *octane number booster* yang merupakan zat aditif pada bahan bakar kendaraan (Likhanov dan Lopatin, 2020).

Alkohol yang paling sering digunakan sebagai bahan bakar yaitu etanol dengan hasil emisi yang tidak mencemari lingkungan dan keberadaan yang melimpah. Alkohol yang diperoleh melalui fermentasi bahan alam secara langsung dan digunakan sebagai alternatif energi terbarukan masih sangat jarang dilakukan. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar, alkohol sendiri dapat digunakan langsung sebagai *octane number booster*. Menurut Kemal, dkk. (2014) penggunaan alkohol pada bahan bakar bensin menurunkan emisi gas CO dan NO<sub>x</sub> sedangkan emisi gas CO<sub>2</sub> meningkat. Hal ini merupakan sesuatu yang baik dalam pembakaran. Penelitian yang telah dilakukan oleh Manochio, dkk. (2017) menunjukkan bahwa etanol yang merupakan salah satu jenis alkohol yang berasal dari tebu dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif dalam industri. Hal ini disebabkan karena energi yang dihasilkan dari pembakaran dapat disandingkan dengan hasil pembakaran bahan bakar fosil.

Saat ini sedang gencar-gencarnya dalam mencari pengganti bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bioetanol menjadi alternatif bahan bakar fosil yang paling menjanjikan dan banyak digunakan saat ini. Sumber bioetanol adalah bahan-bahan dari alam seperti sumber tepung yang mengandung sukrosa, misalnya tebu,

hasil gula dan sorgum manis. Selain itu, bioetanol dapat diperoleh dari bahan baku langsung seperti jagung, tebu, gandum, beras, barley dan kentang (Marco, 2012).



**Gambar 1.** Struktur Etanol

Etanol yaitu salah satu jenis alkohol yang paling sering digunakan dan dapat dengan mudah diperoleh melalui proses fermentasi (Rossi dkk., 2021). Fermentasi biasa dilakukan pada tumbuhan dikarenakan pada tumbuhan terdapat sumber karbohidrat. Beberapa tumbuhan merupakan sumber karbohidrat yaitu beras, tebu, kopi dan banyak lagi. Semakin manis yang menandakan bahwa tumbuhan tersebut semakin tinggi mengandung karbohidrat. Semakin sederhana karbohidrat yang difermentasikan maka akan semakin mudah untuk dilakukan fermentasi. Metode fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dapat menggunakan bahan baku dengan jenis karbohidrat, stracth, bahan berserat dan bahan-bahan yang mengandung komponen gula di dalamnya (Othmer, 1978).

Pada proses fermentasi yang menggunakan gula sebagai bahan baku akan menghasilkan bahan bakar yang komposisinya bergantung pada bahan fermentasi yang digunakan. Walaupun demikian, Sebagian besar komposisi yang dihasilkan adalah senyawa etil alkohol atau dengan nama lain etanol. Hasil yang diperoleh ini dapat dimurnikan melalui proses distilasi (Faith, 1961).Reaksi yang terjadi selama proses fermentasi yang akan berbeda-beda sesuai dengan jenis bahan utama/gula yang digunakan diikuti dengan hasil yang diperoleh. Glukosa dengan rumus kimia  $C_6H_{12}O_6$ , gula jenis ini dikenal sebagai molekul gula yang paling sederhana.

Tanaman tebu merupakan salah satu biomassa yang menjadi sumber karbohidrat dan bahan baku produksi gula. Hampir semua bagian dari tebu dapat dimanfaatkan, salah satunya air tebu yang diproduksi menjadi gula. Gula tebu merupakan karbohidrat sederhana dengan jenis sukrosa atau dapat termasuk ke dalam disakarida. Produksi gula tebu pada industri akan menghasilkan produk samping/limbah berupa ampas tebu (Amin dkk., 2019), molase (tetes tebu), sisa gas buang, hingga protein yang berasal dari sari dan pucuk tebu (Afrah, 2019). Hasil samping berupa molase ini mengandung kadar gula yang tinggi dan kadar air rendah sehingga akan sangat baik untuk difermentasikan sehingga menghasilkan etanol (Rossi dkk., 2021). Hal yang harus diperhatikan dalam proses fermentasi adalah kondisi ragi, Adapun hal-hal tersebut

yaitu kadar keasaman (pH) dan konsentrasi karbohidrat dari bahan utama, temperatur pada proses fermentasi, dan konsentrasi dari ragi yang digunakan (Winarno, 1980).

Beberapa penelitian mengenai fermentasi molase ini telah dilakukan. Menurut Juwita (2012) yang telah melakukan penelitian tentang fermentasi molase menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme fermentasi. Disisi lain Fifendy, dkk. (2013) menyatakan bahwa banyak tidaknya mikroorganisme yang berkembang saat fermentasi sangat ditentukan oleh konsentrasi gula pada molase. Oleh karena itu, pengenceran terhadap molase dengan kadar gula 50% penting untuk dilakukan. Anggraini, dkk. (2017) juga menyatakan bahwa pH sangat mempengaruhi produksi bioetanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan mikroorganisme yang hanya mampu bertahan hidup pada keadaan tertentu saja, salah satunya pada rentang pH tertentu. Disini diperoleh pH optimum yaitu 4,5 untuk menghasilkan kadar alkohol tertinggi.

Arif, dkk. (2016) menyatakan bahwa melalui penelitian optimalisasi bioetanol dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Dimana proses fermentasi dibantu dengan penambahan urea. Diperoleh hasil bahwa semakin lama fermentasi kadar alkohol yang diperoleh juga semakin tinggi. Pada penelitian ini diperoleh waktu optimum memperoleh bioetanol adalah selama tiga hari. Zentou, dkk. (2017) menyatakan bahwa beberapa hal yang mempengaruhi fermentasi yaitu konsentrasi gula pada molase 50g/L, pH 4,5 dan temperatur 30 °C.

Pemanfaatan etanol yang berasal dari tetes tebu yang merupakan limbah dan dapat menghasilkan biomassa merupakan sebuah keuntungan yang besar. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian tentang fermentasi molase dari tetes tebu sebagai sumber alternatif bahan bakar terbarukan perlu dilakukan lebih lanjut.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu timbangan digital, gelas ukur, corong, pH meter, alkohol meter, fermentor sederhana, dan seperangkat pompa akuarium (aerator).

### **Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tetes tebu/molase (50% kadar gula), urea, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), dan akuades.

## Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan sampel ke dalam beberapa variasi untuk melihat produksi kadar alkohol tertinggi. Proses diawali dengan pengenceran molase dengan perbandingan 1:1,5; 1:2; 1:2,5 yang diberikan label sebagai faktor B. Masing-masing variasi tersebut kemudian dibagi menjadi 4 bagian yang kemudian dilakukan proses aerasi menggunakan aerator dengan variasi waktu 24, 48, 72, dan 96 jam sebagai faktor A. Proses fermentasi dimulai setelah proses aerasi dihentikan yaitu selama 25 hari. Dilakukan pengecekan kadar alkohol dan pH yang dihasilkan pada hari ke 10, 15, 20 dan 25. Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian ini, kemudian diolah dan dianalisis.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dan percobaan faktorial. Persamaan dari RAL (Steel & Torrie, 1992), dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Diketahui:  $i = 1, 2, 3$  dan  $4$

$j = 1, 2$  dan  $3$

$k = 1, 2, 3$  dan  $4$

Dimana:

$Y_{ijk}$  = Kadar alkohol pada hari ke- $k$  yang memperoleh kombinasi perlakuan aerasi selama  $i$  jam dan dengan pengenceran molase dengan  $j$  liter air.

$\mu$  = Rata-rata kadar alkohol sesungguhnya

$\alpha_i$  = Pengaruh perlakuan lama aerasi selama  $i$ -jam

$\beta_j$  = Pengaruh pengenceran dengan  $j$  liter air

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi perlakuan aerasi selama  $i$  jam dan pengenceran molase dengan  $j$  liter air

$\varepsilon_{ijk}$  = Pengaruh galat perlakuan aerasi selama  $i$  jam dan pengenceran molase dengan  $j$  liter air pada satuan perlakuan hari ke- $k$

Pada penelitian ini dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) sebagai uji lanjutan. Adapun persamaan uji beda nyata jujur (BNJ) dapat dilihat pada Persamaan 2.

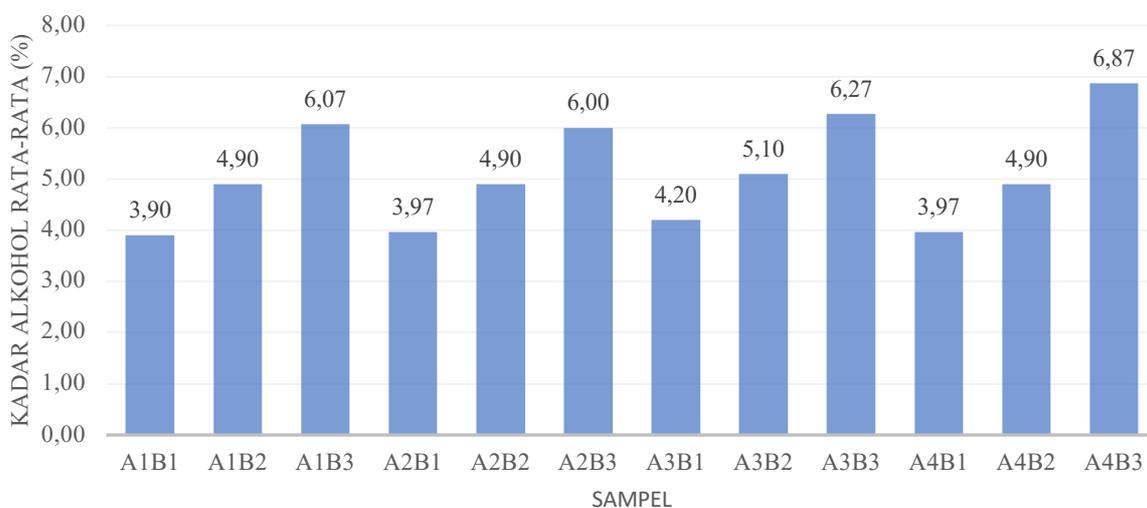
$$BNJ \alpha = q_{(p;dbg;\alpha)} \times \sqrt{\frac{KTG}{r}} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan 2 akan dapat ditentukan perlakuan mana yang paling berpengaruh. Sehingga dapat ditentukan perlakuan yang paling baik dalam penelitian ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Molase merupakan suatu material yang diperoleh dari sisa pembuatan gula dari tebu. Molase atau dikenal dengan nama tetes tebu ada dua, yaitu molase yang berwarna hitam pekat dan yang berwarna kecoklatan (Suprayogi dkk., 2022). Molase yang digunakan pada penelitian ini adalah molase yang berwarna hitam pekat. Molase ini mengandung gula dengan kadar 50%. Komposisi yang penting dalam molase adalah TSAI (*Total Sugar as Inverti*) yang terdiri dari sukrosa dan gula reduksi. Molase memiliki kadar TSAI antara 50-65%. Pada umumnya angka TSAI ini sangat mempengaruhi dalam proses fermentasi. Semakin tinggi angka TSAI maka akan semakin baik hasilnya. Pada penelitian ini digunakan molase dengan kadar gula invert sebesar 50% dan hal ini sudah cukup baik untuk dasar fermentasi.

Penelitian ini berfokus pada pengukuran kadar alkohol yang diperoleh melalui proses fermentasi terhadap molase, dicampur dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) (Vučurović dan Razmovski, 2012) dan urea (Anggraini dkk., 2017). Variasi faktor yang dilakukan pada penelitian ini adalah lamanya aerasi (Arshad dkk., 2017) dan pengenceran (Arif dkk., 2016) terhadap molase. Aerasi merupakan proses pengaliran udara terhadap sistem untuk meningkatkan kualitas fermentasi, sebelum memasuki tahap fermentasi. Lamanya aerasi dilakukan sebanyak empat variasi (faktor A) dan pengenceran dilakukan sebanyak tiga variasi (Faktor B). Kadar alkohol dan pH (sebagai kontrol terbentuknya alkohol) diukur setelah 10, 15, 20 dan 25 hari proses fermentasi. Adapun hasil pengukuran kadar alkohol rata-rata hari ke-25 dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Kadar Alkohol Rata-Rata (%) dengan Variasi Faktor A dan B hari ke-25

Berdasarkan Gambar 2. diiperoleh keterangan bahwa kadar alkohol rata-rata tinggi pada pengukuran hari ke-25 diperoleh dari kombinasi faktor pengenceran 1:2,5. Dilanjutkan dengan analisis sidik ragam interaksi faktor A dan B, pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Analisis Sidak Ragam Kadar Alkohol Intraksi Faktor A dan Faktor B

Sumber Keberagaman	JK	DB	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
P	36,69	11	3,34	74,35	2,07	2,79
A	0,67	3	0,22	4,98	2,87	4,38
B	34,65	2	17,22	386,23	3,26	5,25
A*B	1,37	6	0,23	5,07	2,36	3,35
G	1,62	36	0,04			
Total	74,99	58,00				

Pada Tabel 1 mengenai analisis sidik ragam kadar alkohol. Disini diperoleh beberapa informasi mengenai nilai  $F_{hit}$  perlakuan(P), faktor A (A), faktor B (B), interaksi faktor A dan B (A\*B) dan galat. Namun, pada penelitian ini yang dibandingkan hanya perlakuan, faktor A, faktor B, dan interaksi faktor A dan B.

Pada bagian perlakuan dilihat nilai  $F_{hitP}$  yang kemudian dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan 1%. Perbandingan harus dilakukan terhadap kedua tingkat signifikansi ini. Hal ini berkaitan dengan penarikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh. Apabila  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  5% dan lebih kecil dari  $F_{tabel}$  1% maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Namun, apabila  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  5% dan juga lebih besar dari  $F_{tabel}$  1% maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Apabila kesimpulan yang diperoleh memberikan pengaruh nyata atau sangat nyata, maka perlu dilakukan uji lanjutan yaitu uji beda nyata jujur dengan taraf signifikansi bergantung dengan penarikan kesimpulan tadi. Namun, apabila tidak memberikan pengaruh maka uji lanjutan ini tidak perlu dilakukan.

Pada penelitian ini  $F_{hitP}$  dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu 74,35. Kemudian dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,07 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 2,79. Disini terlihat bahwa  $F_{hitP}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Pengaruh perlakuan faktor A juga dilihat. Berdasarkan data Tabel 1 dapat ditarik kesimpulan apakah metode aerasi yang dilakukan tidak memberikan pengaruh, pengaruh nyata

atau pengaruh yang sangat nyata terhadap produksi alkohol yang dilakukan. Pada penelitian ini  $F_{hitA}$  dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 4,98. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,87 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 4,38. Terlihat bahwa  $F_{hitA}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa aerasi yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Pada pengaruh faktor B yaitu perbandingan pengenceran yang dilakukan. Adapun nilai  $F_{hitB}$  dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 386,23. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 3,26 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 5,25. Terlihat bahwa  $F_{hitB}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa pengenceran yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Pembandingan terakhir dilakukan yaitu untuk melihat pengaruh interaksi Faktor A dan Faktor B. Hal ini diperlukan mengingat masing-masing faktor memang memberikan pengaruh terhadap produksi alkohol. Namun, interaksi kedua faktor belum tentu memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Diketahui nilai  $F_{hitA*B}$  dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 5,07. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,36 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 3,35. Terlihat bahwa  $F_{hitA*B}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa interaksi faktor A dan B yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Beberapa hal yang ditemukan ini menunjukkan bahwa uji lanjutan perlu dilakukan yaitu dengan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil BNJ 1% diperoleh sebesar 0,63 dan dimasukkan ke dalam persamaan untuk melihat faktor yang paling mempengaruhi rata-rata kadar alkohol yang dihasilkan. Tabel rata-rata kadar alkohol dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perbandingan Rata-rata Perlakuan (Kadar Alkohol)

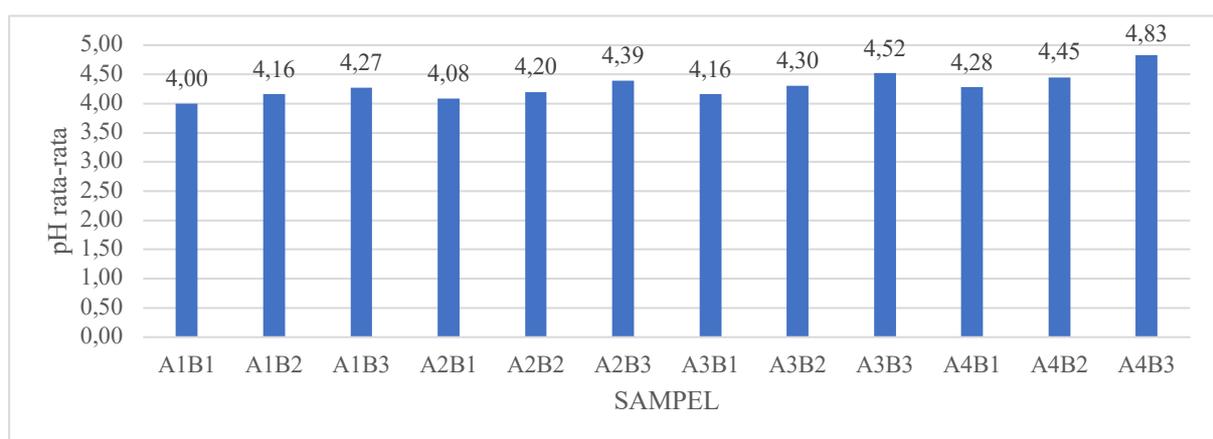
Perlakuan	Rata-Rata
A1B1	3,79 <sub>a</sub>
A1B2	4,78 <sub>e</sub>
A1B3	5,85 <sub>i</sub>
A2B1	3,83 <sub>ab</sub>
A2B2	4,80 <sub>ef</sub>
A2B3	5,88 <sub>ij</sub>
A3B1	3,95 <sub>abc</sub>
A3B2	4,93 <sub>efg</sub>
A3B3	6,00 <sub>ijk</sub>
A4B1	4,01 <sub>abc</sub>
A4B2	5,00 <sub>efg</sub>
A4B3	6,31 <sub>ijkl</sub>

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan A4B3 diikuti dengan kombinasi huruf i yang hanya ada pada perlakuan ini. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dalam menghasilkan alkohol tertinggi yaitu dengan lama aerasi 96 jam dan pengenceran dengan perbandingan 1:2,5. Hal ini sesuai dengan penelitian Jayus, dkk. (2016) yang menyatakan bahwa kadar oksigen yang diperoleh saat proses aerasi selama proses fermentasi akan meningkatkan produksi bioetanol. Disisi lain Arif dkk. (2016) juga menyatakan bahwa pengenceran sangat mempengaruhi fermentasi, dimana pengenceran ini berfungsi untuk menurunkan kadar gula sehingga menjadi 12-15%. Pembentukan alkohol menandakan terjadinya suatu proses fermentasi dari glukosa akan menghasilkan etanol sebanyak 2 mol, dari setiap mol konversi gula atau fermentasi gula. Adapun persamaan konversi gula selama proses fermentasi dapat dilihat sebagai berikut:



Diketahui bahwa gula dapat berupa glukosa, fruktosa dan sukrosa dikonversi menjadi etanol diikuti dengan gas karbondioksida dan energi dalam bentuk ATP (adenosin triphosfat) (Nurdyastuti, 2008).

Selain melihat pengaruh faktor A dan B terhadap kadar alkohol yang dihasilkan, juga dilihat kadar keasaman dari lingkungan molase. Hal ini penting dikarenakan pemanfaatan jamur *Sacharomyces sereviceae* sangat bergantung pada kadar keasaman (pH) sistem untuk dapat mengkonversi gula menjadi alkohol. Hasil pengukuran pH sistem pada hari ke-25 dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik pH Rata-Rata dengan Variasi Faktor A dan B hari ke-25

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa pada hari ke-25 rata-rata pH sistem berkisar 4,00-4,83. Secara umum pengerjaan fermentasi dengan kondisi pengenceran 1:2,5

memiliki pH rata-rata dibandingkan dengan kondisi lainnya. Selanjutnya dilakukan analisis sidik ragam seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Analisis Sidak Ragam pH Intraksi Faktor A dan Faktor B

Sumber Keberagaman	JK	DB	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
P	1,94	11	0,18	2,85	2,07	2,79
A	0,62	3	0,21	3,34	2,87	4,38
B	0,42	2	0,21	3,40	3,26	5,25
A*B	0,90	6	0,15	2,41	2,36	3,35
G	2,24	36	0,06			
Total	6,13	58,00				

Berdasarkan data pada Tabel 3 diketahui  $F_{hit}$  dari perlakuan terhadap kadar keasaman. Pada penelitian ini  $F_{hitP}$  pada pengukuran pH sistem yaitu 2,85. Kemudian dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,07 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 2,79. Disini terlihat bahwa  $F_{hitP}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% dan  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH sistem dalam menghasilkan alkohol.

Pada penelitian ini  $F_{hitA}$  pada pengukuran pH sistem yaitu sebesar 3,34. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,87 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 4,38. Terlihat bahwa  $F_{hitA}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5%, tetapi tidak lebih besar dari  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa aerasi yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH sistem, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Adapun nilai  $F_{hitB}$  terhadap pH sistem yaitu sebesar 3,40. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 3,26 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 5,25. Terlihat bahwa  $F_{hitB}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5%, tetapi tidak lebih besar dari  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa pengenceran terhadap molase yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH sistem, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Pembandingan terakhir dilakukan yaitu untuk melihat pengaruh interaksi Faktor A dan Faktor B terhadap kadar keasaman. Namun, interaksi kedua faktor belum tentu memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar keasaman sistem. Diketahui nilai  $F_{hitA*B}$  terhadap kadar keasaman yaitu sebesar 2,41. Dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5% sebesar 2,36 dan  $F_{tabel}$  1% sebesar 3,35. Terlihat bahwa  $F_{hitA*B}$  memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  5%, tetapi tidak lebih besar dari  $F_{tabel}$  1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa interaksi faktor

A dan B yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar keasaman, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Pengaruh sangat nyata ini, kemudian dilanjutkan uji lanjutan yaitu uji BNJ. Hasil BNJ 5% diperoleh yaitu 0,61. Setelah nilai BNJ ditentukan, perbandingan rata-rata pH seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Rata-rata Perlakuan (pH)

Perlakuan	Rata-Rata
A1B1	3,73 <sub>a</sub>
A1B2	3,87 <sub>abc</sub>
A1B3	4,02 <sub>abc</sub>
A2B1	3,80 <sub>ab</sub>
A2B2	3,91 <sub>abc</sub>
A2B3	4,13 <sub>abc</sub>
A3B1	3,85 <sub>abc</sub>
A3B2	3,96 <sub>abc</sub>
A3B3	4,28 <sub>abc</sub>
A4B1	3,92 <sub>abc</sub>
A4B2	4,17 <sub>abc</sub>
A4B3	4,45 <sub>c</sub>

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan A4B3 diikuti dengan kombinasi huruf c yang hanya ada pada perlakuan ini. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dalam menghasilkan kadar alkohol tertinggi yaitu dengan pH sistem 4,45. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zentou dkk. (2017) yaitu kadar keasaman (pH) memang sangat menentukan produksi bioetnaol yang dihasilkan dan pH optimum yang menghasilkan kadar alkodol tertinggi yaitu 4,5 dengan kadar alkohol 5,6%. Anggraini, dkk. (2017) juga menyatakan bahwa pH sangat mempengaruhi produksi bioetanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan mikroorganisme yang hanya mampu bertahan hidup pada keadaan tertentu saja, salah satunya pada rentang pH tertentu. Disini diperoleh pH optimum yaitu 4,5 untuk menghasilkan kadar alkohol tertinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dipaparkan, diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode penelitian RAL diketahui pengaruh yang diberikan dari suatu perlakuan terhadap produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini divariasikan dua faktor yaitu aerasi dan pengenceran terhadap kadar alkohol yang dihasilkan dan pH (sebagai kontrol). Hasil

yang diperoleh yaitu kadar alkohol tertinggi sebesar 6,31% dan pH 4,45, pengaruh aerasi selama 96 jam dan pengenceran dengan perbandingan 1:2,5.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada UIN Ar-Raniry Banda Aceh sebagai pemberi dana dengan nomor kontrak: 426/PPK-UIN/PUSLIT/I/2020 yang bersumber dari DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun Anggaran 2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrah, M. (2019). Strategi Pengembangan Industri Hilir Pabrik Gula. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 136–139. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/avatara/article/view/48129/40181>
- Amin, M. C., Taufiq, A. J., dan Kurniawan, I. H. (2019). Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa di PG. Sragi Pekalongan. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.30595/jrre.v1i1.4922>
- Anggraini, S. A., Yuniningsih, S., dan Sota, M. M. (2017). Pengaruh pH terhadap Kualitas Produk Etanol dari Molasses Melalui Proses Fermentasi. *Reka Buana*, 2(2), 99–105.
- Arif, A. Bin, Diyono, W., Budiyanti, A., dan Richana, N. (2016). Analisis Rancangan Faktorial Tiga Faktor Untuk Optimalisasi Produksi Bioetanol Dari Molasses Tebu. *Informatika Pertanian*, 25(1), 145. <https://doi.org/10.21082/ip.v25n1.2016.p145-154>
- Arshad, M., Hussain, T., Iqbal, M., dan Abbas, M. (2017). Enhanced Ethanol Production at Commercial Scale from Molasses using High Gravity Technology by Mutant *S. cerevisiae*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(3), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.02.003>
- Cao, G., Zhang, X., Gong, S., dan Zheng, F. (2008). Investigation on emission factors of particulate matter and gaseous pollutants from crop residue burning. *Journal of Environmental Science*, 20, 50–55. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60007-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60007-8)
- Fifendy, M., Irdawati, dan Eldini. (2013). Pengaruh Pemanfaatan Molase terhadap Jumlah Mikroba dan Ketebal Nata pada teh Kombucha. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 67–72.
- Friedlingstein, P., Andrew, R. M., Rogelj, J., Peters, G. P., Canadell, J. G., Knutti, R., Luderer, G., Raupach, M. R., Schaeffer, M., Vuuren, D. P. V., dan Quéré, C. L. (2014). Persistent growth of CO<sub>2</sub> emissions and implications for reaching climate targets. *Nature Geoscience*, 7(10), 709–715. <https://doi.org/10.1038/ngeo2248>
- Jayus, J., Noorvita, I. V., dan Nurhayati. (2016). Produksi Bioetanol Oleh *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3210 pada Media Molasses dengan Kecepatan Agitasi dan Aerasi yang Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 10(02), 184–192.
- Juwita, R. (2012). *Studi produksi alkohol dari tetes tebu (Saccharum officinarum L) selama Proses Fermentasi*.

- Kemal, M., Sayin, C., dan Canakci, M. (2014). The Effect of Different Alcohol Fuels on the Performance, Emission and Combustion Characteristics of A Gasoline Engine. *Fuel*, 115, 901–906. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.09.020>
- Likhanov, V. A., dan Lopatin, O. P. (2020). Development of Environmentally Friendly Alcohol-Fuel Emulsions for Diesel Engines. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515(4), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042019>
- Manochio, C., Andrade, B. R., Rodriguez, R. P., dan Moraes, B. S. (2017). Ethanol Form Biomass: A Comparative Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80(June), 743–755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.063>
- Rossi, L. M., Gallo, J. M. R., Mattoso, L. H. C., Buckeridge, M. S., Licence, P., dan Allen, D. T. (2021). Ethanol from Sugarcane and the Brazilian Biomass-Based Energy and Chemicals Sector. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 9(12), 4293–4295. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c01678>
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1992). *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Gramedia.
- Suprayogi, D., Asra, R., dan Mahdalia, R. (2022). Analisis Produk Eco Enzyme dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis* L.). *Jurnal Redoks*, 7(1), 20–21.
- Tartakovsky, L., dan Sheintuch, M. (2018). Fuel Reforming in Internal Combustion Engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 67, 88–114. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.02.003>
- Vučurović, V. M., dan Razmovski, R. N. (2012). Ethanol Fermentation of Molasses by *Saccharomyces cerevisiae*. *Acta Periodica Technologica*, 43, 325–333. <https://doi.org/10.2298/APT1243325V>
- Zentou, H., Abidin, Z. Z., Zouanti, M., dan Greetham, D. (2017). Effect of Operating Conditions on Molasses Fermentation for Bioethanol Production. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(15), 5202–5506.