E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.warunayama.org/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 7 Tahun 2025

PERBANDINGAN METODE FERMENTASI SEMI ANAEROB DAN ANAEROB PADA PROSES PEMBUATAN BIOETANOL

Zulqodri Azis[1*], Rayhan Fandrea Z[2], Dyah Nirmala[3], Regna Tri J[4]
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan, Politeknik ATI Padang

Koresponden email : aziszulqodri@gmail.com, rayhanfandrea2204@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi yang terus meningkat mendorong pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode fermentasi semi anaerob dan anaerob dalam produksi bioetanol dengan bahan baku molase menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Variasi penelitian meliputi jumlah ragi (6 g, 9 g, dan 12 g) serta lama fermentasi (3, 5, dan 7 hari). Parameter yang dianalisis adalah penurunan nilai Brix, *yield* hasil fermentasi, serta kadar bioetanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi semi anaerob menghasilkan kadar bioetanol lebih tinggi dibandingkan fermentasi anaerob pada semua variasi yang diuji. Kondisi optimum diperoleh pada penggunaan 9 g ragi dengan waktu fermentasi 5 hari, menghasilkan bioetanol sebesar 18,34% pada fermentasi semi anaerob dan 16,36% pada fermentasi anaerob. *Yield* terbaik juga diperoleh pada hari ke-5, yaitu 1% (anaerob) dan 0,80% (semi anaerob). Keunggulan metode semi anaerob disebabkan adanya suplai oksigen terbatas pada tahap awal fermentasi yang mendorong pertumbuhan populasi ragi serta meningkatkan aktivitas enzimatis, sehingga konversi gula menjadi etanol lebih efisien. Namun, pada fermentasi yang diperpanjang hingga 7 hari terjadi penurunan kadar bioetanol dan *yield* diakibat berkurangnya nutrisi serta akumulasi produk samping yang menghambat metabolisme mikroorganisme.

Kata kunci: Bioetanol, molase, fermentasi anaerob, fermentasi semi anaerob, *Saccharomyces cerevisiae*, distilasi.

Article History
Received: Desember 2025
Reviewed: Desember 2025
Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 795
Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

PENDAHULUAN

Krisis energi global dan peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil mendorong pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan. Bioetanol merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial karena bersifat ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca. Di Indonesia, pemanfaatan bioetanol mulai dikembangkan melalui pencampuran dengan bahan bakar minyak, misalnya pada produk Pertamax *Green* 95 yang mengandung 5% bioetanol (E5). Hal ini menunjukkan peluang besar pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif (APROBI, 2024).

Molase adalah produk sampingan dari industri gula tebu yang relatif murah dan mudah didapatkan. Molases mengandung gula, asam amino, mineral, dan nutrisi lainnya dalam kadar yang cukup tinggi. Komposisi TS (Total *Sugar*) antara 50–65% membuat molase ideal untuk fermentasi bioetanol. Fermentasi bioetanol menggunakan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilakukan efektif dengan pH

optimal sekitar 5,5 sampai 6 (Annisa Fitriyah Permata Cika, dkk, 2022). Molase dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol masih belum banyak ditekuni oleh masyarakat, padahal tetes tebu merupakan salah satu bahan baku yang sangat baik dalam pembuatan bietanol. Indonesia memiliki potensi produksi tetes tebu (Molase) ini per ha mencapai 10-15 ton, jika seluruh molasses per ha ini diolah menjadi bioetanol maka produksinya kurang lebih 766 hingga 1.148 liter per ha. Umumnya beberapa penelitian terkait tentang proses fermentasi dalam proses produksi bioetanol berlangsung secara anaerob dengan menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi roti (soft instans). Contohnya, penelitian yang dilakukan oleh (Siti Khodijah dan Ahmad Abtokhi, 2015), menggunakan bahan Lemna minor (duckweed), dengan variasi persentase ragi 5%, 15%, dan 25% dan variasi waktu 5, 6, dan 7 hari. Hasilnya penambahan variasi persentase ragi 25 % didapatkan kadar etanol sebesar 3,81 %. Penelitian lainnya dilakukan oleh (Monita Octria dkk. 2018), mengenai pemanfaatan kulit nanas sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Penelitian yang dilakukan dengan membandingkan waktu proses fermentasi untuk mendapatkan kadar etanol yang optimal. Pada penambahan ragi 10 gram, dan fermentasi pada hari ke-3, bioetanol lebih rendah sebanyak 26,72% dibandingkan dengan penambahan ragi sebanyak 10 gram pada saat fermentasi hari ke-2 diperoleh kadar etanol sebanyak 30,14%. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Pamilia Coniwanti dkk, 2016) menggunakan biji durian dengan fermentasi menggunakan variasi ragi roti sebanyak 6, 8, 10, 12 dan 14 gram. Fermentasi berlangsung selama 3 hari, hasilnya kadar etanol tertinggi yang diperoleh sebesar 13,4520% dengan berat ragi 14 gram.

TINJAUAN PUSTAKA

Molase

Molase mengandung kandungan gula total bervariasi antara 48-56% dan pH antara 5,5 - 5,6 digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol serta ketersediaannya yang melimpah dan ekonomis (Sa'id, 2022). Kandungan sukrosa, glukosa, dan fruktosa pada molase menjadikannya substrat yang ideal untuk fermentasi bioetanol. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan molase tidak hanya menghasilkan bioetanol dalam jumlah signifikan, tetapi juga dapat mendukung prinsip pemanfaatan limbah industri secara berkelanjutan. Kandungan utama berupa sukrosa, glukosa, dan fruktosa menjadikan molase sebagai substrat ideal dalam produksi bioetanol. Selain itu, molase juga mengandung mineral, asam amino, dan vitamin yang dapat menunjang pertumbuhan mikroorganisme fermentatif. Keunggulan lain molase adalah harganya yang relatif murah, ketersediaannya yang melimpah di indonesia, serta potensinya yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung prinsip *waste to energy*.

Ragi

Ragi adalah mikroorganisme yang berfungsi sebagai agen fermentasi, salah satunya ragi roti. Ragi roti adalah ragi yang paling umum digunakan dalam produksi bioetanol. Saccharomyces cerevisiae dikenal karena kemampuannya memproduksi enzim zimase dan invertase, yang penting dalam mengubah sukrosa menjadi glukosa dan kemudian menjadi etanol. Ragi roti memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam menghasilkan etanol, tumbuh lebih cepat, dan lebih toleran terhadap kondisi lingkungan yang keras dalam proses fermentasi (Tuti Maryana, 2020).

Fementasi

Metode fermentasi yang diterapkan dalam produksi bioetanol secara umum dapat dibagi menjadi anaerob dan semi anaerob. Fermentasi anaerob berlangsung tanpa oksigen, di mana gula dikonversi langsung menjadi etanol dan CO_2. Sebaliknya, fermentasi semi anaerob melibatkan fase aerob pada tahap awal yang bertujuan memperbanyak sel ragi, sebelum dilanjutkan dengan kondisi anaerob untuk memaksimalkan produksi etanol. Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa fermentasi semi anaerob mampu menghasilkan konsentrasi bioetanol yang lebih tinggi dibandingkan fermentasi anaerob murni. Hal ini dikaitkan dengan peningkatan biomassa ragi pada fase awal yang mendukung aktivitas enzimatis selama proses fermentasi. Beberapa penelitian melaporkan bahwa fermentasi semi anaerob mampu menghasilkan kadar etanol lebih tinggi dibandingkan fermentasi anaerob, karena adanya fase pertumbuhan ragi yang lebih optimal (Bora et al., 2023; Cheng et al., 2014). Pada kondisi glukosa berlebih, fermentasi aerob menjadi etanol menghasilkan energi yang diperlukan untuk pembentukan biomasa sel, memerlukan pasokan oksigen untuk memicu fermentasi alkohol karena oksigen sebagai faktor pembatas pertumbuhannya. Namun, tidak adanya oksigen mengakibatkan terhentinya pertumbuhan dan karena itu, pada akhirnya, melangsungkan proses fermentasi alkohol (I. Syauqiah, 2015). Faktor lain yang memengaruhi fermentasi antara lain pH (optimum 4,5–6), suhu (28–35°C), lama fermentasi (3–7 hari), serta konsentrasi ragi yang digunakan.

Pada penelitian ini dilakukan membandingkan metode fermentasi semi anaerob dan fermentasi anaerob dalam menghasilkan bioetanol. Fermentasi semi anaerob adalah metode pengolahan yang memadukan antara fermentasi aerob dan anaerob, dimana perlakuan awal secara aerob bertujuan untuk memperbanyak *yeast*, sehingga dapat meningkatkan kadar etanol dan *yield* yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan energi alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan sebagai sumber energi terbarukan.

Distilasi

Terdapat berbagai jenis proses distilasi yang digunakan untuk memurnikan bioetanol hasil dari fermentasi antara lain distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum (Hasanuddin dkk, 2016). Distilasi adalah metode pemisahan bahan kimia yang didasarkan pada perbedaan volatilitas atau titik didih komponen dalam campuran. Proses ini melibatkan pemanasan suatu campuran hingga komponen yang lebih volatil menguap, kemudian uap tersebut dikondensasikan kembali menjadi cairan dan dikumpulkan. Beberapa metode distilasi yang digunakan dalam skala laboratorium maupun industri adalah distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Distilasi sederhana banyak diterapkan dalam penelitian skala kecil karena mudah dilakukan, meskipun efisiensinya lebih rendah dibandingkan distilasi fraksionasi. Proses distilasi sangat penting untuk meningkatkan kemurnian bioetanol hingga mencapai standar mutu yang ditetapkan.

Bioetanol

Bioetanol adalah sebuah bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 18 %. Ada 3 kelompok sumber bahan pembuatan bioetanol yaitu, tanaman yang mengandung pati (seperti singkong, kelapa sawit, tengkawang, kelapa, kapuk, jarak pagar, rambutan, sirsak, malapari, dan nyamplung), mengandung gula (seperti tetes tebu atau Molase, nira aren, nira tebu, dan nira surgum manis) dan serat selulosa (seperti batang sorgum, batang pisang, jerami). Bioetanol merupakan salah satu produk bioteknologi yang

diperoleh melalui proses fermentasi bahan yang mengandung gula atau pati dengan bantuan mikroorganisme, terutama *Saccharomyces cerevisiae*. Sebagai bahan bakar terbarukan, bioetanol memiliki keunggulan berupa sifat ramah lingkungan, dapat diperbarui, serta berpotensi mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Proses fermentasi dalam produksi bioetanol dipengaruhi oleh sejumlah faktor penting, seperti konsentrasi ragi, lama fermentasi, pH, suhu, serta keberadaan nutrisi tambahan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Penambahan sumber nitrogen seperti urea dan mineral seperti $MgSO_4$ diketahui mampu meningkatkan aktivitas metabolik ragi sehingga memperbaiki efisiensi konversi gula menjadi bioetanol.

METODE PENELITIAN

Alat

Serangkaian alat distilasi, *heating mantel*, gelas ukur, erlenmeyer, termometer alkohol, *gas chromatography,* Refraktometer.

Bahan

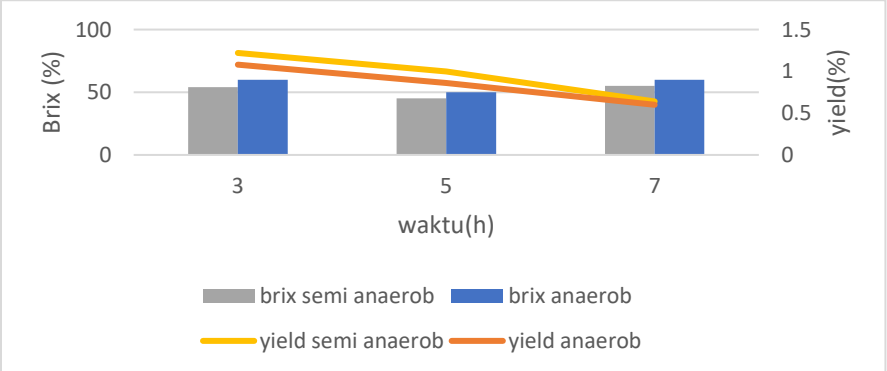
Molase, ragi roti, urea,$MgSO_4$, Air

Prosedur penelitian

Proses penelitian diawali dengan persiapan wadah fermentasi disterilkan menggunakan air panas pada suhu 80–100˚C untuk mencegah kontaminasi. Setelah itu, molase sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam masing-masing fermentor dan diencerkan dengan 500 ml air. Tambahan urea sebanyak 0,4 gram serta $MgSO_4$ sebanyak 0,29 gram. 6. Lakukan fermentasi secara semi anaerob dan anerob untuk melihat nilai brix. Lakukan fermentasi dengan variasi ragi 6 gram, 9 gram dan 12 gram untuk membandingkan ragi terbaik. Lakukan proses fermentasi secara semi anaerob selama 3, 5 dan 7 hari diawali dengan mengambil data nilai brix sebelum distilasi pada masing-masing sampel. Untuk fermentasi selama 3 hari, 5 hari, dan 7 hari maka, hari ke-1 fermentor dibuka, hari ke-2 sampai selanjutnya fermentor ditutup. Selama proses fermentasi berlangsung diamati perubahan yang terjadi. Diakhir fermentasi diukur nilai brix. Ragi roti terbaik yang diperoleh terdapat pada hari ke-5 dengan ragi yang digunakan sebanyak 9 gram. Lakukan proses distilasi pada suhu 75-90 ºC dan lakukan analisa pada nilai brix, nilai *yield* dan kadar bioetanol yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

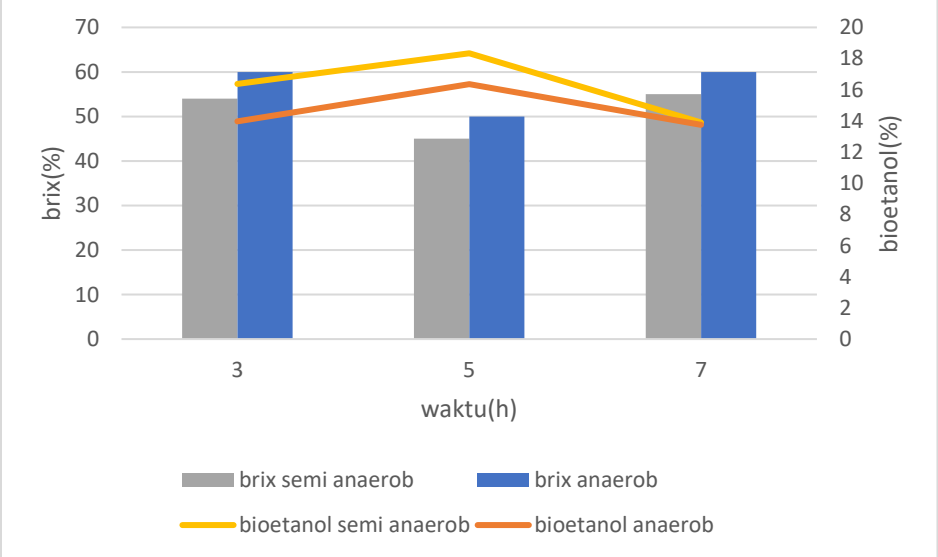
Data hasil perbandingan nilai brix dengan nilai *yield* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. perbandingan nilai brix dengan nilai yield

Terlihat pada Gambar.1 Grafik perbandingan nilai Brix dengan yield menunjukkan adanya penurunan nilai Brix seiring bertambahnya waktu fermentasi, namun tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan yield. Pada fermentasi 3 hari, nilai Brix turun cukup besar, dari 78% menjadi 60% (anaerob) dan 54% (semi anaerob), dengan yield tertinggi masing-masing 1,08% dan 1,22%. Hal ini menunjukkan konversi gula ke etanol berlangsung optimal pada fase awal. Pada hari ke-5, nilai Brix semakin menurun hingga 50% (anaerob) dan 45% (semi anaerob), tetapi yield justru menurun menjadi 0,86% dan 1%. Kondisi ini menandakan berkurangnya efisiensi konversi akibat mulai terbatasnya nutrisi dan adanya akumulasi bioetanol yang bersifat toksik bagi ragi. Pada hari ke-7 nilai Brix kembali meningkat menjadi 60% (anaerob) dan 55% (semi anaerob), namun yield turun lebih jauh menjadi 0,60% dan 0,64%. Peningkatan nilai Brix ini kemungkinan disebabkan oleh autolisis sel ragi yang melepaskan senyawa manis seperti gliserol, sehingga meskipun substrat masih terukur tinggi, konversi gula menjadi bioetanol tidak lagi optimal. Secara keseluruhan, kondisi semi anaerob menghasilkan nilai yield sedikit lebih tinggi dibandingkan anaerob pada setiap waktu fermentasi.

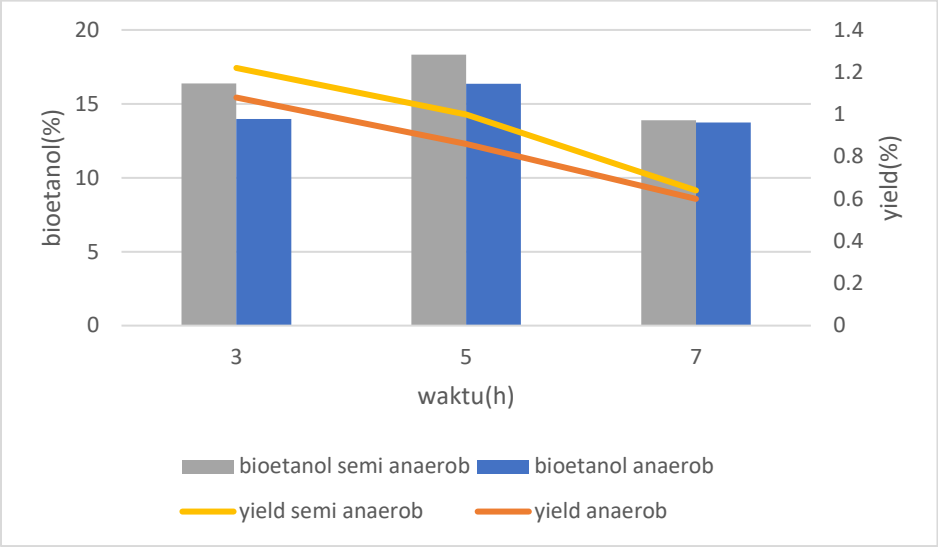
Data hasil perbandingan nilai brix dengan kada bioetanol disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. perbandingan nilai brix dengan kada bioetanol

Terlihat pada Gambar.2 Grafik perbandingan nilai Brix dengan kadar bioetanol menunjukkan bahwa semakin rendah nilai Brix, semakin tinggi kadar bioetanol yang diperoleh, hingga mencapai titik optimum. Pada fermentasi 3 hari, nilai Brix menurun menjadi 60% (anaerob) dan 54% (semi anaerob), menghasilkan kadar bioetanol masing-masing 13,97% dan 16,38%. Pada fermentasi 5 hari, penurunan nilai Brix lebih signifikan, yaitu 50% (anaerob) dan 45% (semi anaerob). Kondisi ini berbanding lurus dengan peningkatan kadar bioetanol, yang mencapai hasil tertinggi 16,36% (anaerob) dan 18,34% (semi anaerob). Hal ini menandakan bahwa hari ke-5 merupakan titik optimum, di mana gula terkonversi menjadi etanol paling efisien. Pada hari ke-7, nilai Brix justru meningkat kembali menjadi 60% (anaerob) dan 55% (semi anaerob), sementara kadar bioetanol menurun menjadi 13,75% dan 13,90%. Fenomena ini disebabkan oleh autolisis ragi yang melepaskan senyawa manis seperti gliserol, sehingga meskipun Brix meningkat, kemampuan ragi dalam menghasilkan etanol sudah menurun akibat terbatasnya nutrisi dan efek toksisitas etanol. Secara keseluruhan, metode semi anaerob konsisten memberikan kadar bioetanol lebih tinggi dibandingkan anaerob pada setiap variasi waktu fermentasi.

Data hasil perbandingan kadar bioetanol dengan nilai yield disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. perbandingan kadar bioetanol dengan nilai yield

Grafik perbandingan kadar bioetanol dengan yield menunjukkan bahwa peningkatan kadar bioetanol tidak selalu diikuti dengan peningkatan yield. Pada fermentasi 3 hari, kadar bioetanol tercatat 13,97% (anaerob) dan 16,38% (semi anaerob), dengan yield masing-masing 1,08% dan 1,22%. Nilai ini merupakan yield tertinggi yang diperoleh selama penelitian. Pada fermentasi 5 hari, kadar bioetanol meningkat menjadi 16,36% (anaerob) dan 18,34% (semi anaerob), tetapi yield justru menurun menjadi 0,86% dan 1%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun produksi bioetanol semakin tinggi, efisiensi konversi gula terhadap volume bioetanol yang diperoleh relatif berkurang akibat terbatasnya substrat dan akumulasi etanol yang menghambat metabolisme ragi.Pada hari ke-7, kadar bioetanol menurun menjadi 13,75% (anaerob) dan 13,90% (semi anaerob), dengan yield lebih rendah yaitu 0,60% dan 0,64%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi telah melewati fase optimum, di mana ragi mulai mengalami penurunan aktivitas akibat berkurangnya nutrisi serta efek toksisitas etanol. Secara umum, metode semi anaerob konsisten menghasilkan kadar bioetanol dan yield lebih tinggi dibandingkan metode anaerob, meskipun tren keduanya menurun setelah melewati hari ke-5.

KESIMPULAN

Setelah kegiatan proyek akhir dilakukan yaitu dilingkungan kampus Politeknik Ati Padang dengan judul " Perbandingan Metode Fermentasi Semi Anaerob dan Anaerob Pada Proses Pembuatan Bioetanol" Kegiatan proyek akhir ini dilaksanakan dari Agustus 2024-Mei 2025, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi ragi dan waktu fermentasi yang optimal dalam mengkonversi kadar gula mejadi bioetanol adalah 9 gr di hari ke-5, yaitu 45% mengunakan metode semi anaerob dengan kadar bietanol yang dihasilkan sebesar 18,34%.
2. Nilai yield terbaik diperoleh pada hari ke-5 dengan konsentrasi ragi sebanyak 9 gr. Pada metode semi anaerob dihasilkan sebesar 0,80% sedangkan metode anaerob sebesar 1%.

3. Perolehan kadar bioetanol dengan metode semi anaerob dan anaerob yang terbaik berada pada hari ke-5 dengan penggunan ragi sebanyak 9 gr. Kadar bioetanol yang diperoleh pada metode semi anaerob sebesar 18,34% sedangkan metode anaerob sebesar 16,36%.

REFERENSI

Annisa Fitriyah Permata Cika, dkk (2022). Pengaruh pH Fermentasi dan Putaran Pengadukan pada Fermentasi Molasses terhadap. Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI), 41-46.

APROBI. (11 Juni 2024). Pertamax Green 95 Hadir Sebagai BBM Ramah Lingkungan di Indonesia. Jakarta.

Florin Dumitru Bora, d. (11 April 2023). Produksi Anggur Rendah Alkohol dengan Fermentasi Semi-Anaerob Secara Sequintial. Jurnal Ilmu Hayati Terapan dan Lingkungan, 407-418.

Hasanuddin dkk, 2. (2019). Pemurnian Bioetanol Limbah Kulit Nanas Menggunakan Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks. Jurnal Zarah, Vol. 7 No. 1, 22-28.

I. Syauqiah. (2015). Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Persentase Starter Pada Nira Aren (Arenga Pinnata) Terhadap Bioethanol Yang Dihasilkan. Jurnal Info Teknik. Vol. 16. pp. 217–226.

Monita Octria dkk. (2018). Optimalisasi Produksi Bioetanol dari Filtrat Kulit Nanas. Jurnal Internasional Teknik & Teknologi, 5226-5228.

Pamilia, C. (Desember 2016). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Vaiasi Massa Ragi Terhadap Pembuatan Bioetanol dari Biji Durian. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 22,, 45-52.

Sa'id, P. (2022). Pengaruh pH dan waktu Fermentasi Molase menjadi Bioetanol menggunakan Bakteri EM4. Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya, 33-40.

Siti Khodijah, A. A. (April 2015). Analisis Pengaruh Variasi Persentase Ragi (Saccharomyces cerevisiae) dan waktu pada proses fermentasi dalam pemanfaatan Duckweed (Lemna minor) sebagai Bioetanol. Jurnal Neutrino Vol. 7, No. 2, 71-76.

Tuti Maryana, D. S. (14-05-2020). Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Ragi Pada Produksi. Agroindustri, 47-56.