

**LAMA FERMENTASI TERHADAP KUALITAS BIOETANOL
BERBAHAN BAKU BUAH MANGROVE API-API**

***FERMENTATION TIME ON THE QUALITY OF BIOETHANOL WITH
THE API-API MANGROVE FRUIT'S***

**Dewi Fortuna Ayu, Farida Hanum Hamzah, Yossie Kharisma Dewi*, Imelda Yunita
dan Vikky Vorensi**

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

*Email korespondensi: yossie.kharisma@lecturer.unri.ac.id

Diterima 31-05-2023, diperbaiki 20-08-2024, disetujui 06-09-2024

ABSTRACT

Since the amount of fossil fuels is running out and the world's population is still growing quickly, we need to find alternate sources of energy, like bioethanol, that are sustainable and kind to the environment. Plants that contain carbohydrates like cellulose or starch can produce bioethanol. The material's starch will be transformed into sugar, which will then be transformed into bioethanol. Bioethanol production may benefit from the use of api-api mangrove fruit as a raw material. The api-api mangrove fruit's carbohydrate content can be utilized as a starting point to produce bioethanol. Finding the ideal fermentation period for api-api mangrove fruit bioethanol quality is the goal of the study. Using a completely randomized design (CRD) approach, the study included three repeats and five lengthy fermentation treatments (4, 5, 6, 7, and 8 days). The bioethanol content, yield, acidity level, and color test are among the criteria that are examined. ANOVA was used to statistically examine the data, and then the 5% level Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was applied. The analysis's findings indicate that while the bioethanol color test is not significantly impacted by the length of fermentation, it does have a substantial impact on the bioethanol content, yield, and degree of acidity. With a bioethanol content of 12.24%, a bioethanol yield of 28.89%, an acidity level of 5.46, and a color index L^ 32.32%, a^* 3.17, b^* 2.10, treatment P4 (7 days of fermentation time) was determined to be the optimum treatment.*

Keywords: *api-api mangrove fruit, bioethanol, fermentation*

ABSTRAK

Populasi dunia yang terus bertambah pesat, ketersediaan bahan bakar fosil semakin menurun, sehingga diperlukan alternatif energi lainnya yang berasal dari energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti pemanfaatan bioetanol. Bioetanol dapat berasal dari tumbuhan, yang mengandung gula seperti pati atau selulosa. Pati yang terkandung pada bahan akan dikonversi menjadi gula dan selanjutnya diubah menjadi bioetanol. Buah mangrove api-api berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Kandungan karbohidrat yang terdapat di buah mangrove api-api ini bisa dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan bioetanol. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan lama fermentasi terbaik terhadap kualitas bioetanol buah mangrove api-api. Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan lama fermentasi (4, 5, 6, 7, dan 8 hari) dan tiga kali pengulangan. Parameter yang diuji meliputi kadar

bioetanol, rendemen bioetanol, derajat keasaman bioetanol, dan uji warna bioetanol. Data dianalisis secara statistik menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Hasil analisis menunjukkan bahwa lama fermentasi pada pembuatan bioetanol berpengaruh signifikan terhadap kadar bioetanol, rendemen bioetanol dan derajat keasaman bioetanol, namun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap uji warna bioetanol. Perlakuan P4 (7 hari lama fermentasi) dipilih sebagai perlakuan terbaik, dengan kadar bioetanol 12,24%, rendemen bioetanol 28,89%, tingkat keasaman 5,46, dan indeks warna L* 32,32%, a* 3,17, b* 2,10.

Kata kunci: bioetanol, buah api-api, fermentasi

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dunia turut memberikan dampak negatif terhadap kebutuhan akan sumber energi. Sumber energi terbesar dunia yang saat ini digunakan berasal dari bahan bakar fosil yang terus mengalami pengurangan (Wijayanti & Sasongko, 2023). Konsekuensi dari permasalahan ini perlu dilakukan usaha untuk memastikan ketersediaan sumber energi secara berkelanjutan sebagai kebutuhan sehari-hari dan juga kebutuhan industri. Minyak bumi sebagai sumber energi membutuhkan waktu yang lama untuk bisa diperbaharui dan berdampak pada lingkungan menyebabkan polusi udara dan pemanasan global. Alternatif yang dapat dilakukan untuk mengendalikan hal ini yaitu dengan inovasi teknologi berupa sumber energi terbarukan yang dapat digunakan dalam jangka panjang.

Bioetanol dapat berasal dari tumbuhan, bioetanol juga termasuk salah satu energi alternatif dan juga hasil fermentasi gula dengan bantuan mikroba. Bahan utama bioetanol yang berasal dari tumbuhan, salah satunya buah mangrove. Buah mangrove adalah buah yang sering dijumpai di sekitar pinggiran sungai besar dan pesisir pantai. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), luas hutan mangrove Provinsi Riau tahun 2021 mencapai 229.776 ha. Salah satu daerah yang mempunyai potensi hutan mangrove sangat baik yaitu Desa Mengkapan, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak. Perjalanan dari Kota Siak menuju Hutan

mangrove Mangkapan dapat ditempuh selama 1,5 jam.

Jenis mangrove yang tumbuh di kawasan Kecamatan Sungai Apit adalah mangrove api-api. Kelompok Kreasi Mangrove Lestari Desa Margomulyo Balikpapan telah berhasil diversifikasi produk dari buah mangrove api-api, menghasilkan sirup, kue bolu, dan makanan ringan (Rahmawaty et al., 2018). Kandungan yang dimiliki buah mangrove api-api yaitu kadar air 5,81%, kadar abu 2,8%, kadar karbohidrat 21,4%, kadar protein 10,8%, kadar lemak 0,5%, HCN 1,31%, dan tanin 1,33% (Rosulva, 2022). Kandungan karbohidrat yang terdapat di buah mangrove api-api ini bisa dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan bioetanol. Bioetanol ini diharapkan menciptakan hasil yang bisa mencukupi keperluan bioetanol di masa depan yang sesuai dengan SNI 7390:2012 mengenai bioetanol terdenaturasi untuk gasohol. Pembuatan bioetanol dapat dilakukan dengan menggunakan bahan yang mengandung gula seperti pati atau selulosa. Pati yang terkandung pada bahan akan dikonversi menjadi gula dan selanjutnya diubah menjadi bioetanol.

Mikroorganisme yang terlibat dalam produksi bioetanol salah satunya *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces* sp sering dijumpai di alam, mempunyai ketahanan hidup yang tinggi dan bisa memproduksi alkohol pada kuantitas yang lumayan besar (Favaro et al., 2019). Wardani (2018) telah menerapkan metode hidrolisis asam dan fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dari *Sargassum*

sp., dengan lama fermentasi sebagai variabel utama dalam penelitiannya. Hasil terbaik penelitian tersebut yaitu fermentasi pada hari ke enam dengan kadar bioetanol sebesar 24,67% menggunakan ragi *Saccharomyces* sp sebanyak 5 g. Hasil penelitian Jayanti & Solfarina (2015) menunjukkan bahwa lama fermentasi terbaik pada pembuatan bioetanol dari biji durian yaitu pada hari ke lima dengan kadar bioetanol sebesar 15,15% menggunakan ragi *Saccharomyces* sp sebanyak 10 g.

Aman et al. (2019) telah melakukan penelitian mengenai pembuatan bioetanol dari beberapa jenis buah mangrove di papua dengan metode *dry grinding*. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada mangrove jenis *Rhizophora stylosa* menggunakan ragi *Saccharomyces* sp menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 9,28% pada fermentasi hari ke lima. Dalam penelitiannya di Papua, Aman et al. (2019) telah memperluas pemahaman mengenai potensi buah bakau sebagai sumber bioetanol. Dengan menggunakan metode penggilingan kering dan fermentasi selama lima hari menggunakan ragi *Saccharomyces* sp., menghasilkan rendemen bioetanol tertinggi sebesar 9,28%. Hasil ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut biofuel dari sumber daya lokal di Papua. Dari hasil penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai lama fermentasi terhadap kualitas bioetanol berbahan baku buah mangrove api-api. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan lama fermentasi untuk menghasilkan bioetanol berkualitas tinggi dari buah mangrove api-api

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan yaitu blender, alat distilasi (*rotary evaporator*), gelas ukur, autoklaf, pipet tetes, spatula, kain saring, pH meter digital, *hand refraktometer alkohol*, *erlenmeyer*, *beaker glass*, neraca *analytic*, batang pengaduk, oven, labu alas bundar, *water bath shaker*, *colorimeter* tipe (NH310), aluminium foil, ember, selang, dan ayakan 100 *mesh*.

Bahan yang digunakan yaitu buah mangrove api-api kriteria matang dengan warna hijau kekuningan hingga kuning yang didapatkan dari hutan mangrove Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau, ragi roti (*Saccharomyces* sp) merek *fermipan*, pupuk urea, monopotassium fosfat (KH_2PO_4), kalium hidroksida (KOH) 20%, asam sulfat (H_2SO_4) 10%, dan akuades.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal dengan lima taraf perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan mengacu pada Wardani (2018) dengan menggunakan ragi roti *Saccharomyces* sp sebanyak 5 g.

P₁ = Lama fermentasi 4 hari

P₂ = Lama fermentasi 5 hari

P₃ = Lama fermentasi 6 hari

P₄ = Lama fermentasi 7 hari

P₅ = Lama fermentasi 8 hari

Parameter yang diamati pada bioetanol dengan bahan dasar buah mangrove api-api, yaitu uji kadar bioetanol sesuai pada SNI 7390:2012, uji rendemen bioetanol, uji derajat keasaman, dan uji warna bioetanol. Analisis statistik data dilaksanakan dengan memanfaatkan perangkat lunak IBM SPSS Statistics 25 serta metode *Analysis of Variance* (ANOVA). Uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) diterapkan pada tingkat signifikansi 5% apabila nilai F hitung \geq nilai F tabel terpenuhi. Adapun formulasi bahan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi bahan

Bahan (g)	Perlakuan				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Tepung buah api-api (g)	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
H ₂ SO ₄ (g)	53,50	53,50	53,50	53,50	53,50
Ragi roti (g)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Urea (g)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
KH ₂ PO ₄ (g)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Akuades (g)	250,92	250,92	250,92	250,92	250,92

Pelaksanaan Penelitian

Proses Hidrolisis Tepung Api-Api

Proses hidrolisis mengikuti metode yang diuraikan oleh Aman et al. (2019). Buah api-api yang telah dibersihkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama ±24 jam. Setelah pengeringan, buah api-api yang telah kering dihaluskan dengan blender dan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk memperoleh tepung buah api-api.

Proses hidrolisis dilakukan dengan menggunakan *erlenmeyer* yang berukuran 500 mL dengan menambahkan 35 g tepung buah api-api. Kemudian ditambahkan larutan H₂SO₄ 10% yang sudah dicampur dengan akuades sebanyak 280 mL ke dalam *erlenmeyer* yang sudah berisi tepung buah api-api. Larutan hidrolisis diaduk hingga merata dan dipanaskan pada suhu 126°C dengan tekanan 0,14 Mpa di dalam autoklaf selama 30 menit.

Proses Fermentasi

Proses fermentasi mengacu kepada Wardani (2018) larutan hidrolisat yang sudah dingin selanjutnya diatur pH dengan penambahan KOH 20% tetes demi tetes hingga pH 5 sambil diaduk perlahan menggunakan batang pengaduk. Selanjutnya, 5 g ragi roti, 2 g urea, dan 2 g KH₂PO₄ dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL dan dicampur dengan larutan hidrolisis dingin. Campuran tersebut dikocok menggunakan hot plate pada kecepatan 70 rpm selama 5 menit,

atau sampai adonan menjadi homogen pada suhu 30°C. Setelah pencampuran, solusi dipindahkan ke dalam botol vial gelap yang telah didesinfeksi dan ditutup rapat dengan aluminium foil setelah dikocok selama lima menit. Campuran kemudian dibiarkan selama 4, 5, 6, 7, dan 8 hari pada suhu 30°C untuk proses fermentasi.

Larutan fermentasi buah api-api hasil fermentasi selanjutnya disaring menggunakan kain saring. Setelah disaring filtratnya dimasukkan ke dalam labu alas bundar yang disambungkan dengan rangkaian alat distilasi *rotary evaporator*, kemudian didistilasi dengan suhu 78°C selama 1 jam. Setelah didapatkan bioetanol selanjutnya dilakukan pengamatan kadar bioetanol, rendemen bioetanol, derajat keasaman, dan uji warna.

Pengamatan

Pengukuran Kadar Bioetanol

Pengukuran kadar bioetanol mengacu Lubena et al. (2020) dengan menggunakan alat *hand refractometer alkohol*. Pengukuran nilai skala dilakukan dengan meneteskan cairan sampel ke bagian *daylight plate* pada alat, kemudian diamati nilai skala yang terukur dengan melihat perbedaan garis terang dan biru pada alat. Terlebih dahulu dilakukan pengukuran nilai skala akuades tepat berada pada skala 0 (nol). Pembuatan larutan standar etanol dimulai dengan mengencerkan etanol 70% menjadi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60%. Masing-masing

larutan standar etanol diukur dan diamati skala yang terbentuk. Setiap nilai skala larutan standar diolah menggunakan Microsoft Excel dengan Diagram Linear XY (Scatter fx), dan diperoleh kurva standar etanol dengan persamaan $y = bx - a$. Bioetanol yang diperoleh, diukur nilai skalanya dan diplotkan ke dalam variabel x pada persamaan kurva standar etanol, sehingga diperoleh nilai variabel y (kadar etanol).

Pengukuran Rendemen Bioetanol

Pengukuran rendemen bioetanol mengacu pada Widyastuti et al. (2022). Volume bioetanol yang diperoleh dari proses distilasi diukur, kemudian volume tersebut dibagi dengan volume produk awal untuk menentukan rendemen bioetanol.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{volume produk akhir}}{\text{volume produk awal}} \times 100$$

Pengukuran Derajat Keasaman

Pengukuran derajat keasaman bioetanol mengacu pada Nasrun et al. (2017) menggunakan pH meter digital yang telah dilengkapi *buffer* yang berfungsi menstabilkan indikator pengukuran pada pH ± 7 . Pengukuran dilakukan dengan cara mencelupkan alat pH meter digital ke dalam larutan sampel yang akan diukur. Alat bekerja secara otomatis mengukur dan menampilkan nilai pH dalam angka digital.

Pengukuran Uji Warna Bioetanol

Prosedur uji warna menggunakan alat *colorimeter* (NH310) mengacu pada Meutia et al. (2019). *Colorimeter* terlebih dahulu dikalibrasi dengan plat standar berwarna putih yang terdapat pada alat, kemudian kepala optik ditempelkan pada sampel dan ditekan tombol *start* untuk memperoleh nilai L^* , a^* , dan b^* . Parameter kecerahan diukur dengan notasi L^* , yang nilainya berkisar dari 0 (hitam) hingga ± 100 (putih). Notasi a^*

mengindikasikan rona kromatik campuran merah-hijau, dengan nilai $+a^*$ berkisar antara 0 hingga +100 untuk warna merah dan nilai $-a^*$ berkisar antara 0 hingga -80 untuk warna hijau. Sementara itu, notasi b^* menunjukkan rona kromatik campuran biru-kuning, dengan nilai kuning berkisar antara 0 hingga +70 dan nilai biru berkisar antara 0 hingga -70.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Bioetanol

Proses fermentasi menghasilkan etanol dengan kadar tertentu sebagai indikator keberhasilan proses yang telah dilakukan dan menunjukkan mutu dari produk bioetanol yang dihasilkan. Rata-rata nilai kadar bioetanol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata nilai kadar bioetanol

Perlakuan	Kadar bioetanol (%)
P ₁ = Lama fermentasi 4 hari	7,39 ^{ab} ± 1,82
P ₂ = Lama fermentasi 5 hari	8,61 ^{ab} ± 1,05
P ₃ = Lama fermentasi 6 hari	9,82 ^{bc} ± 1,05
P ₄ = Lama fermentasi 7 hari	12,24 ^c ± 1,05
P ₅ = Lama fermentasi 8 hari	6,79 ^a ± 2,10

Ket: Angka-angka dengan notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Kadar bioetanol yang diperoleh berkisar antara 6,79-12,24%. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada perlakuan P₄ yaitu 12,24% dan kadar bioetanol terendah diperoleh pada perlakuan P₅ yaitu 6,79%. Kadar bioetanol pada perlakuan P₁, dan P₂ berbeda tidak nyata terhadap perlakuan P₅ namun berbeda nyata pada perlakuan P₃ dan P₄. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi. Penurunan kadar etanol pada lama fermentasi hari ke 8 pada perlakuan P₅ terjadi karena kinerja mikroorganisme sudah tidak optimal pada hari tersebut. Berkurangnya ketersediaan nutrisi pada hari ke 8 berpengaruh pada kelangsungan hidup mikroorganisme dan

pembentukan etanol selama fermentasi. Pendapat ini didukung oleh Hasanah et al. (2021) dalam penelitiannya menyatakan penurunan kadar etanol pada fermentasi pada perlakuan P₅, disebabkan oleh mikroorganisme fermentatif penghasil etanol mengalami fase kematian akibat kehabisan nutrisi substrat dan keracunan oleh hasil metabolisemenya sendiri. Menurut Muin et al. (2015), penurunan kadar bioethanol yaitu karena perubahan bioethanol yang dihasilkan menjadi asam asetat oleh mikroorganisme.

Kadar etanol tertinggi diperoleh pada lama fermentasi 7 hari pada perlakuan P₄ yang disebabkan oleh mikroorganisme berada pada masa pertumbuhan yang optimal sehingga terjadinya pemecahan gula secara optimal untuk pertumbuhan mikroorganisme dan menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi. Pendapat ini sejalan dengan Hasanah et al. (2021) yang menyatakan bahwa kadar etanol akan tinggi jika pertumbuhan mikroorganisme sudah optimal saat terjadinya perombakan gula sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme. Perlakuan P₁ sampai P₄ terjadi peningkatan kadar etanol selama fermentasi dan perlakuan P₅ terjadi penurunan kadar etanol.

Hasil kadar bioethanol pada penelitian ini sebesar 12,24% dengan lama fermentasi selama 7 hari lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Wusnah et al. (2016) dimana proses produksi bioethanol dari kulit pisang kepok yang dilakukan secara fermentasi dengan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 40,00%. Hal tersebut dikarenakan kandungan nutrisi seperti karbohidrat dalam kulit pisang kepok lebih tinggi yaitu 22,84 g dibandingkan karbohidrat buah mangrove api-api yaitu 21,4 g. Menurut Loman & Ju (2016) bahan pertanian dengan karbohidrat tinggi akan menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi selama fermentasi. Semakin banyak gula hasil penguraian glukosa maka semakin

meningkat kadar alkohol yang dihasilkannya karena adanya kegiatan khamir dengan substrat gula yang terfermentasi. Menurut Nasrun et al. (2017), lama fermentasi akan berpengaruh terhadap hasil perolehan bioethanol. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioethanol semakin meningkat. Proses fermentasi yang terlalu lama juga akan menyebabkan nutrisi pada substrat semakin berkurang akibat adanya aktivitas mikroorganisme, sehingga terjadi perebutan sumber nutrisi. Dimana kadar bioethanol juga akan mengalami penurunan nantinya akibat sumber nutrisi yang habis.

Rendemen Bioethanol

Pengukuran rendemen bioethanol dilakukan guna mengetahui berapa banyak jumlah bioethanol yang didapatkan pada setiap proses distilasi. Rata-rata rendemen bioethanol dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rendemen bioethanol yaitu 24,04% hingga 28,89%. Rendemen bioethanol yang tertinggi terdapat pada perlakuan P₄. Hal ini dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia masih dapat digunakan oleh mikroorganisme, sehingga kadar bioethanol yang dihasilkan lebih tinggi. Semakin lama fermentasi menyebabkan nilai rendemen bioethanol meningkat namun pada perlakuan P₅ mengalami penurunan. Penurunan rendemen pada perlakuan P₅ (lama fermentasi 8 hari) disebabkan total nutrisi yang ada tidak sepadan dengan jumlah *Saccharomyces* sp yang lebih banyak, menyebabkan kemampuannya menurun sehingga volume bioethanol yang dihasilkan juga akan menurun. Semakin lama waktu fermentasi membuat nutrisi dalam substrat akan habis dan *Saccharomyces* sp tidak lagi dapat memfermentasi bahan.

Tabel 3. Rata-rata nilai rendemen bioetanol

Perlakuan	Rendemen (%)
P ₁ = Lama fermentasi 4 hari	24,04 ^a ± 2,58
P ₂ = Lama fermentasi 5 hari	26,06 ^{abc} ± 1,09
P ₃ = Lama fermentasi 6 hari	27,47 ^{bc} ± 1,06
P ₄ = Lama fermentasi 7 hari	28,89 ^c ± 2,13
P ₅ = Lama fermentasi 8 hari	25,56 ^{ab} ± 0,63

Ket: Angka-angka dengan notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Meningkatnya rendemen bioetanol pada penelitian ini sejalan dengan tingginya kadar bioetanol yang diperoleh. Semakin tinggi kadar etanol yang diperoleh maka semakin tinggi juga rendemen yang diperoleh. Pendapat ini sejalan dengan penelitian Daniel (2020) kadar etanol dan rendemen bioetanol semakin tinggi seiring dengan semakin lama fermentasi dan semakin banyak dosis ragi yang diberikan.

Derajat Keasaman Bioetanol

Derajat keasaman atau pH adalah faktor penting yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme *Saccharomyces* sp dan pembuatan produk pada proses fermentasi karena di setiap mikroorganisme memiliki derajat keasaman optimum mengenai tempat hidupnya. pH akhir fermentasi cenderung menurun seiring bertambahnya durasi fermentasi. Penurunan pH ini diduga disebabkan oleh peningkatan jumlah mikroorganisme, yang menyebabkan peningkatan jumlah enzim yang memecah glukosa menjadi etanol. Proses ini juga meningkatkan produksi asam dari hasil pemecahan alkohol, seperti asam asetat dan asam lainnya, yang berkontribusi pada penurunan nilai pH. Rata-rata derajat keasaman dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa derajat keasaman bioetanol berkisar antara 5,29–5,76. Nilai derajat keasaman bioetanol tertinggi diperoleh pada perlakuan P₁ yang

berbeda tidak nyata pada perlakuan P₂ namun berbeda nyata pada perlakuan P₃, P₄, dan P₅. Nilai derajat keasaman terendah didapat pada perlakuan P₅ yang berbeda tidak nyata pada perlakuan P₄. Semakin lama fermentasi maka derajat keasaman yang diperoleh semakin rendah. Penurunan derajat keasaman ini diakibatkan oleh adanya hasil samping berupa asam-asam organik yang semakin bertambah sejalan dengan semakin lamanya waktu fermentasi. Handayani et al., (2017) menyatakan bahwa semakin lama fermentasi, maka semakin banyak gas CO₂ yang terbentuk, seiring dengan pembentukan asetaldehid menjadi etanol yang menyebabkan terjadinya suasana asam dan pH semakin turun.

Tabel 4. Rata-rata nilai derajat keasaman

Perlakuan	Derajat keasaman Bioetanol
P ₁ = Lama fermentasi 4 hari	5,76 ^c ± 0,24
P ₂ = Lama fermentasi 5 hari	5,62 ^{bc} ± 0,09
P ₃ = Lama fermentasi 6 hari	5,55 ^b ± 0,06
P ₄ = Lama fermentasi 7 hari	5,46 ^{ab} ± 0,11
P ₅ = Lama fermentasi 8 hari	5,29 ^a ± 0,07

Ket: Angka-angka dengan notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Nilai derajat keasaman yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dari penelitian Yuda et al. (2018) mengenai pembuatan bioetanol dari hidrolisat tepung biji kluwih yang memperoleh derajat keasaman sebesar 3,50. Perbedaan nilai derajat keasaman ini dikarenakan nutrisi dan pH awal substrat yang digunakan. Kandungan karbohidrat buah mangrove api-api sebesar 21,40% (Rosulva, 2022) sedangkan tepung biji kluwih sebesar 58,79% (Putri et al., 2015). Semakin tinggi karbohidrat maka semakin banyak hasil metabolisme dari mikroorganisme. Disamping itu, waktu fermentasi yang semakin lama maka nutrisi pada medium akan semakin banyak terjadi perombakan karbohidrat menjadi bioetanol dan produk sampingan seperti

asam organik yang menghasilkan suasana asam dan menurunkan nilai pH.

Warna Bioetanol

Warna bioetanol merupakan hal yang penting untuk mengetahui layak atau tidaknya bioetanol tersebut, pengukuran warna bioetanol menggunakan alat colorimeter bertujuan untuk mendapatkan warna yang akurat nantinya. Badan Standardisasi Nasional (2012), menetapkan bahwa bioetanol memiliki karakteristik tampakan yang jernih dan terang serta tidak terdapat endapan dan kotoran. Rata-rata warna bioetanol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh nilai indeks warna L* (kecerahan), a* (warna kromatik kemerahan), b* (warna kromatik kekuningan) bioetanol yang diperoleh berbeda tidak nyata setiap perlakuan. Hal ini karena warna bioetanol yang hampir sama pada setiap perlakuan yaitu tidak berwarna atau jernih. Warna bioetanol yang dihasilkan sejalan dengan penelitian Amtiran et al. (2019) yaitu berwarna jernih, terang, tidak ada endapan, dan kotoran pada bioetanol.

Tabel 5. Rata-rata nilai warna bioetanol

Perla kuan	Warna		
	L*	a*	b*
P ₁	30,80±2,38	3,36±0,15	2,21±0,69
P ₂	32,58±1,07	3,80±0,66	3,04±0,19
P ₃	31,75±1,32	3,13±0,54	2,52±0,09
P ₄	32,32±0,30	3,17±0,38	2,10±0,43
P ₅	30,06±1,72	3,01±0,27	2,07±0,48

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan seiring lama fermentasi tidak mempengaruhi warna akhir bioetanol yang dihasilkan karena bioetanol hasil fermentasi selanjutnya didistilasi untuk memperoleh bioetanol yang lebih murni dengan karakteristik yang jernih dan tidak berwarna. Artini dan Wartana (2023) melaporkan bahwa proses destilasi menghasilkan warna yang bening pada bioethanol. Warna bioetanol pada

penelitian ini telah sesuai dengan parameter karakteristik warna atau tampilan pada mutu bioetanol SNI 7390:2012, yaitu bioetanol memiliki karakteristik yang jernih, terang, serta tidak ada kotoran dan endapan (Badan Standardisasi Nasional, 2012).

KESIMPULAN

Produk bioetanol terbaik diperoleh dari perlakuan P₄ (lama fermentasi 7 hari). Kadar bioetanol yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai 12,24%, rendemen bioetanol 28,89%, derajat keasaman 5,46, dan indeks warna bioetanol yaitu dengan karakteristik warna yang sangat jernih sesuai SNI 7390:2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Aman, W. P., Cepeda, G. N., Roreng, M. K., & Susilowati. (2019). Produksi Bioetanol dari Buah Beberapa Jenis Mangrove di Papua. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(1), 53–61. DOI: <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.1.53>
- Amtiran, F. B., Serangmo, F. K., & Gauru, I. (2019). Pembuatan bioetanol skala laboratorium sebagai bahan bakar alternatif untuk pengembangan energi terbarukan dari bahan baku serbuk buah bidara (*Ziziphus Mauritiana*). *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 1–6. DOI: <https://doi.org/10.32511/jtm.v2i1.333>
- Artini, N. P. R., & Wartana, I. G. N. A. W. (2023). Pengaruh Waktu Fermentasi pada Produksi Bioethanol dari Molase. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 6(1).
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Riau dalam*

- Angka 2021. BPS Provinsi Riau. Pekanbaru.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol (P.T.P.S.N. Indonesia, Ed.) (SNI 7390:2012)*. Badan Standardisasi Nasional (Vol. 2). Jakarta Pusat.
- Danil, M. (2020). Pengaruh Lama Fermentasi dan Dosis Ragi Terhadap Kadar Bioetanol Pada Fermentasi Limbah Tapioka Padat Kering. *Agriland: Jurnal Ilmu Pertanian*, 8(1), 111-115. DOI: <https://doi.org/10.30743/agr.v8i1.2591>
- Favaro, L., Jansen, T., & van Zyl, W. H. (2019). Exploring industrial and natural *Saccharomyces cerevisiae* strains for the Bio-Based Economy from Biomass: The Case of Bioethanol. *Critical reviews in biotechnology*, 39(6), 800-816. DOI: <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1619157>
- Handayani, P., Khaidir., & Wirda, Z. (2017). Pengaruh Jenis Umbi Gadung (*Dioscorea hispida Dennst.*) terhadap Kadar Bioetanol pada Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Agrium*, 14(2), 45–58.
- Hasanah, N., Side, S., & Sudding. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol dari Limbah Serabut Kelapa Sawit Hasil Pretreatment Alkali dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Chemica*, 22(1), 54–64. DOI: <https://doi.org/10.35580/chemica.v22i1.21729>
- Herawati, N., Juniar, H., & Setiana, R. W. (2021). Pembuatan Bioetanol dari Pati Ubi Talas (*Colocasia L. schoot*) dengan Proses Hidrolisis. *Jurnal Distilasi*, 6(1), 7–17. DOI: <https://doi.org/10.32502/jd.v6i1.3376>
- Jayanti, T., & Solfarina, S. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Biji Durian (*Durio zibethinus*). *Jurnal Akademika Kimia*, 4(3), 110–115.
- Loman, A.A., & Ju, L.K. (2016). Soybean Carbohydrate as Fermentation Feedstock for Production of Biofuels and Value-Added Chemicals. *Process Biochemistry*, 51(8), 1046-1057. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.04.011>
- Lubena, Kholilah, N., & Daniarissa, D. S. (2020). Efektivitas Limbah Kulit Mangga (*Mangifera indica.L*) untuk Biosterno Gel sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Konversi*, 9(2), 7–16. DOI: <https://doi.org/10.24853/konversi.9.2.10>
- Meutia, Y. R., Susanti, I., & Siregar, N.C. (2019). Uji Stabilitas Warna Hasil Kopigmentasi Asam Tanat dan Asam Sinamat pada Pigmen Brazilin Asal Kayu Secang (*Caesalpinia sappan L.*). *Jurnal Warta Industri Hasil Pertanian*, 36(1), 30–38. DOI: <http://dx.doi.org/10.32765/warta%20ihp.v36i1.4504>
- Muin, R., Hakim, I., & Febriyansyah, A. (2015). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Bioetanol dalam Proses Fermentasi Nasi Aking Sebagai Substrat Organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3), 56-66.
- Nasrun, N., Jalaluddin, J., & Mahfuddhah, M. (2017). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan Dari Fermentasi Kulit

- Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.68>
- Putri, A. A. A., Pranata, F. S., & Ekawati, L.M (2015). Kualitas Mie Basah dengan Substitusi Tepung Biji Kluwih (*Artocarpus communis* G. Forst). *Jurnal Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 16(1), 1–15.
- Rahmawaty, P., Zulkifli, Z., Amaliah, N., Hermansyah, H., & Mulyani, Y. (2018). Pengembangan Produk Olahan Buah Mangrove Jenis Api-Api (*Avicennia* spp) di Kelompok Kreasi Mangrove Lestari Kelurahan Margomulyo Balikpapan. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 1(2), 118-125.
- Rosulva, I., Hariyadi, P., Budijanto, S., & Sitanggang, A.B. (2022). Potensi buah Mangrove Sebagai Sumber Pangan Alternatif. *Jurnal Teknologi hasil pertanian*, 14(2). DOI:<https://doi.org/10.20961/jthp.v14i2.55509>
- Syamsu, K., Rahayuningsih, M., & Farida, I. (2016). Produksi Etanol Langsung dari Pati Sukun (*Artocarpus Communis* Forst.) secara Sakarifikasi dan Fermentasi Konsorsium Mikroba. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil PPM IPB 2016*.
- Wardani, A.K. (2018). Pengaruh Lama Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari *Sargassum* sp Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi Menggunakan Mikroba Asosiasi (*Zymomonas mobilis*, *Saccharomyces cerevisiae* dalam Ragi Tape dan Ragi Roti). *Skripsi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*.
- Widyastuti, D. A., Minarti, I.B.M., & Ula, N. (2022). Pengaruh Variasi Massa Ragi *Saccharomyces Cerevisiae* dan Lama Fermentasi Terhadap Densitas dan Rendemen Bioetanol Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*). *JITEK (Jurnal Ilmiah Teknosains)*, 8(1/Mei), 48-55. DOI: <https://doi.org/10.26877/jitek.v8i1/Mei.12572>
- Wijayanti, W., & Sasongko, M. N. (2023). The Role of Limonene in The Branching of Straight Chains in Low-Octane Hydrocarbons. *Renewable Energy*, 204, 421-431.
- Wusnah, Bahri, S., & Hartono, D. (2016). Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) secara Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 48. DOI: <https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.79>
- Yuda, I. G. Y. W., Wijaya, I. M. M., Suwariani, N.P. (2018). Studi Pengaruh pH Awal Media dan Konsentrasi Substrat pada Proses Fermentasi Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Tepung Biji Kluwih (*Actinocarpus communis*) dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115–124. DOI: <https://doi.org/10.24843/JRMA.2018.v06.i02.p03>