PRODUKSI BIOETANOL DARI MOLASE TEBU MELALUI FERMENTASI SEBAGAI BAHAN AKTIF PEMBERSIH SEPATU

Baroroh Nurjanah[1], Fadhil Ihsanuddin Masyahur[1], Habibi Afta Setiawan[1], Arva Sahma Danurwenda[1], Muhammad Bisma Megantara[1], Aditya Dharmawan[1], Asa Aditya Persada[1*]

[1]Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora, Jawa Tengah 58311

E-mail: asa.persada@esdm.go.id

ABSTRAK

Molase tebu merupakan hasil samping industri gula yang masih mengandung gula dalam jumlah tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Selain sebagai sumber energi alternatif, bioetanol juga memiliki potensi sebagai bahan aktif pada produk pembersih karena mampu melarutkan berbagai jenis kotoran dan lebih ramah lingkungan dibandingkan pelarut berbasis petrokimia. Penelitian ini bertujuan menghasilkan bioetanol dari molase tebu melalui proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* serta memanfaatkan bioetanol yang dihasilkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu. Penelitian dilakukan secara eksperimental pada skala laboratorium yang meliputi persiapan bahan baku, fermentasi, distilasi bioetanol, formulasi produk, serta pengujian karakteristik meliputi organoleptik, pH, stabilitas fisik, dan daya bersih. Keberhasilan fermentasi dan distilasi dinilai secara kualitatif melalui aroma khas etanol dan sifat mudah menguap pada hasil distilasi, sedangkan kadar bioetanol belum diukur secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioetanol hasil fermentasi dapat diformulasikan menjadi produk pembersih sepatu dengan karakteristik fisik yang baik, homogen, memiliki aroma yang dapat diterima, serta mampu membersihkan noda pada permukaan sepatu. Pemanfaatan molase sebagai bahan baku bioetanol memberikan nilai tambah terhadap limbah industri gula sekaligus menghasilkan produk pembersih yang lebih ramah lingkungan.

Kata kunci: molase tebu, bioetanol, fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae,* pembersih sepatu

1. PENDAHULUAN

Industri gula merupakan salah satu sektor agroindustri yang memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan gula nasional sekaligus memberikan kontribusi terhadap perekonomian Indonesia. Dalam proses pengolahan tebu menjadi gula dihasilkan produk samping berupa molase atau tetes tebu yang masih mengandung sukrosa, glukosa, fruktosa, mineral, serta senyawa organik lainnya [1]. Kandungan gula yang cukup tinggi menjadikan molase berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk berbasis bioteknologi, salah satunya bioetanol [2]. Namun, pemanfaatan molase di Indonesia masih didominasi sebagai bahan baku pakan ternak, pupuk, maupun industri tertentu sehingga nilai tambahnya belum dimanfaatkan secara optimal [3].

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang dihasilkan melalui proses fermentasi bahan baku yang mengandung gula menggunakan bantuan mikroorganisme [4]. Salah satu mikroorganisme yang paling banyak digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena memiliki kemampuan mengonversi glukosa menjadi etanol secara efisien, mudah dikembangkan, serta memiliki toleransi yang baik terhadap kondisi fermentasi [4]. Selain dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme, keberhasilan produksi bioetanol juga dipengaruhi oleh kandungan gula bahan

baku, ketersediaan nutrisi, kondisi fermentasi, serta proses pemurnian melalui distilasi [6]. Dengan kandungan gula yang tinggi, molase menjadi salah satu bahan baku yang potensial untuk menghasilkan bioetanol melalui proses fermentasi [5].

Selama ini bioetanol lebih dikenal sebagai bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan [5]. Namun, pemanfaatan bioetanol tidak hanya terbatas pada sektor energi. Bioetanol juga banyak digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi, kosmetik, pangan, dan produk perawatan karena mampu melarutkan minyak, lemak, serta berbagai senyawa organik [5]. Selain itu, sifat bioetanol yang mudah menguap dan tidak meninggalkan residu berlebih menjadikannya berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih [8].

Salah satu produk perawatan yang terus mengalami perkembangan adalah pembersih sepatu. Produk pembersih sepatu umumnya diformulasikan menggunakan kombinasi surfaktan, pelarut, humektan, dan bahan tambahan lainnya untuk mengangkat kotoran tanpa merusak material sepatu [8], [9]. Dalam formulasi tersebut, bioetanol berfungsi sebagai pelarut yang membantu melarutkan kotoran sekaligus mempercepat proses pengeringan setelah proses pembersihan [5]. Penggunaan surfaktan nonionik seperti alkyl polyglucoside (APG) juga mampu meningkatkan efektivitas pembersihan karena dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga kotoran lebih mudah terlepas dari permukaan sepatu [8], [9].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan keberhasilan produksi bioetanol dari molase menggunakan proses fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* [4], [6]. Penelitian lain juga telah mengembangkan berbagai formulasi produk pembersih yang memanfaatkan bioetanol sebagai salah satu komponen penyusunnya [8], [10]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih membahas proses produksi bioetanol dan formulasi produk secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan pemanfaatan bioetanol hasil fermentasi molase sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu masih relatif terbatas, sehingga pengembangannya masih memiliki peluang yang besar untuk meningkatkan nilai tambah molase sebagai hasil samping industri gula. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menghasilkan bioetanol dari molase tebu melalui proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* serta memanfaatkan bioetanol yang dihasilkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu. Produk yang dihasilkan kemudian dievaluasi melalui pengujian organoleptik, pH, stabilitas fisik, daya bersih, dan iritasi kulit untuk mengetahui kualitas formulasi yang diperoleh.

2. METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan pada skala laboratorium. Penelitian terdiri atas dua tahapan utama, yaitu produksi bioetanol dari molase tebu melalui proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* serta pemanfaatan bioetanol yang dihasilkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu. Selanjutnya, produk yang diperoleh dievaluasi melalui pengujian karakteristik fisik dan kinerja produk untuk mengetahui kualitas formulasi yang dihasilkan.

B. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada tahap produksi bioetanol meliputi molase tebu sebanyak 350 mL sebagai sumber karbon utama yang diencerkan dengan 650 mL air suling hingga volume fermentasi 1000 mL, *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g sebagai mikroorganisme fermentasi, pupuk NPK dan pupuk ZA masing-masing 1 g sebagai sumber nutrisi, serta karbon aktif sebagai media pemurnian bioetanol. Bahan pada tahap formulasi meliputi bioetanol hasil distilasi 15 mL, alkyl polyglucoside (APG) 5 mL sebagai surfaktan nonionik, aquadest 76,3 mL, gliserol 2 mL sebagai humektan, natrium benzoat 0,20 g sebagai pengawet, parfum 1,5 mL sebagai pewangi, serta larutan HCl dan NaOH secukupnya untuk penyesuaian pH, dengan basis volume formulasi 100 mL. Peralatan yang digunakan meliputi gelas beker, gelas ukur, erlenmeyer, timbangan digital, hot plate, termometer, corong, alat distilasi sederhana, alkoholmeter, pH meter, batang pengaduk, botol penyimpanan, dan peralatan laboratorium pendukung lainnya.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan proses produksi bioetanol menggunakan molase tebu sebagai bahan baku utama. Sebanyak 350 mL molase diencerkan dengan 650 mL air suling hingga diperoleh media fermentasi dengan volume total 1000 mL dan konsentrasi gula sekitar 15% (v/v), kemudian dipanaskan pada suhu sekitar 60 °C selama 15–20 menit untuk mengurangi potensi kontaminasi mikroorganisme. Setelah didinginkan hingga suhu ruang (28–30 °C), media fermentasi ditambahkan pupuk NPK dan ZA masing-masing 1 g sebagai sumber nutrisi, kemudian diinokulasikan dengan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g yang telah diaktivasi dalam air hangat (±35 °C) selama 10 menit. Campuran difermentasi secara anaerob dalam wadah tertutup pada suhu ruang (28–30 °C), dengan terbentuknya gas CO_2 sebagai penanda berlangsungnya konversi gula menjadi etanol. Larutan hasil fermentasi kemudian disaring untuk memisahkan endapan ragi, selanjutnya didistilasi pada suhu sekitar 78 °C sehingga uap etanol terkondensasi dan ditampung sebagai distilat. Bioetanol hasil distilasi dimurnikan menggunakan karbon aktif sebelum digunakan pada tahap formulasi.

Bioetanol hasil distilasi selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu. Formulasi dilakukan dengan basis volume 100 mL. Sebanyak 15 mL bioetanol dicampurkan dengan 76,3 mL aquadest sebagai larutan dasar, kemudian ditambahkan 5 mL alkyl polyglucoside (APG) secara perlahan sambil diaduk agar tidak terbentuk busa berlebihan. Selanjutnya ditambahkan 2 mL gliserol dan 0,20 g natrium benzoat hingga larut sempurna, dan terakhir 1,5 mL parfum sambil diaduk hingga larutan homogen. pH larutan diukur dan, apabila diperlukan, disesuaikan menggunakan larutan HCl atau NaOH hingga mencapai kisaran 6–7. Produk yang telah diformulasikan kemudian dikemas dalam botol dan disimpan sebelum dilakukan pengujian.

D. Pengujian Produk

Produk pembersih sepatu yang telah diformulasikan selanjutnya dievaluasi melalui beberapa pengujian untuk mengetahui karakteristik fisik, keamanan, stabilitas, serta kinerja produk. Pengujian yang dilakukan meliputi uji efektivitas pembersihan, uji pH, uji iritasi kulit, uji stabilitas produk, dan uji organoleptik. Uji efektivitas pembersihan dilakukan dengan mengaplikasikan produk secara langsung pada permukaan sepatu yang memiliki noda ringan hingga sedang untuk mengamati kemampuan produk dalam mengangkat kotoran. Pengujian pH dilakukan menggunakan kertas pH atau pH meter yang telah dikalibrasi untuk memastikan produk memiliki pH yang aman terhadap material sepatu maupun kontak ringan dengan kulit. Pengukuran dilakukan pada produk akhir setelah seluruh bahan formulasi tercampur homogen. Uji iritasi kulit dilakukan menggunakan metode *patch test* sederhana dengan mengamati adanya reaksi seperti kemerahan, gatal, atau iritasi setelah produk diaplikasikan pada kulit sesuai

pedoman BPOM RI. Selanjutnya, uji stabilitas dilakukan dengan menyimpan produk pada suhu ruang (27–30 °C) selama tujuh hari untuk mengamati perubahan warna, aroma, homogenitas, maupun adanya pemisahan fase. Sementara itu, uji organoleptik dilakukan melalui pengamatan visual terhadap warna, aroma, dan homogenitas produk untuk menilai penerimaan karakteristik fisik produk yang dihasilkan.

3. PEMBAHASAN

A. Produksi Bioetanol

Bioetanol pada penelitian ini diproduksi menggunakan molase tebu sebagai bahan baku melalui proses fermentasi dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. Molase dipilih karena masih memiliki kandungan gula yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam proses fermentasi [4], [6]. Setelah fermentasi selesai, larutan hasil fermentasi didistilasi untuk memisahkan etanol dari komponen lainnya, kemudian dimurnikan menggunakan karbon aktif sebelum digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu.

Proses fermentasi berlangsung dengan baik yang ditunjukkan oleh terbentuknya aroma khas hasil fermentasi serta perubahan karakteristik media fermentasi. Tahap distilasi menghasilkan bioetanol yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk. Penggunaan karbon aktif pada tahap pemurnian bertujuan mengurangi warna dan bau yang masih tersisa sehingga bioetanol yang diperoleh lebih sesuai untuk diaplikasikan pada produk pembersih sepatu [7].

Keberhasilan konversi molase menjadi bioetanol pada penelitian ini dinilai secara kualitatif, yaitu melalui terbentuknya aroma khas etanol dan sifat mudah menguap pada hasil distilasi. Kadar dan yield bioetanol belum diukur secara kuantitatif menggunakan alkoholmeter, hidrometer, atau kromatografi gas, sehingga belum dapat dipastikan berapa persen etanol dalam distilat maupun efisiensi konversinya terhadap gula awal. Keterbatasan ini perlu dicatat karena kadar etanol menentukan sejauh mana distilat yang digunakan pada tahap formulasi benar-benar didominasi etanol dan bukan sebagian besar air, sehingga menjadi prioritas pada penelitian lanjutan.

Bioetanol memiliki sifat mudah menguap, mampu melarutkan minyak dan kotoran, serta tidak meninggalkan residu dalam jumlah besar setelah proses penguapan [5]. Oleh karena itu, bioetanol berpotensi digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu karena dapat membantu mengangkat kotoran sekaligus mempercepat proses pengeringan permukaan sepatu setelah dibersihkan [5], [8].

B. Formulasi Produk

Produk pembersih sepatu diformulasikan menggunakan bioetanol hasil fermentasi sebagai bahan aktif yang dikombinasikan dengan alkyl polyglucoside (APG), gliserol, natrium benzoat, parfum, dan aquadest. APG berfungsi sebagai surfaktan nonionik yang membantu melepaskan kotoran dari permukaan sepatu dengan menurunkan tegangan permukaan, sedangkan gliserol berperan sebagai humektan yang membantu mempertahankan kelembapan formulasi [8], [9]. Natrium benzoat digunakan sebagai pengawet untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga stabilitas produk tetap terjaga selama penyimpanan [8].

Hasil formulasi menghasilkan produk pembersih sepatu berbentuk cair homogen dengan warna jernih dan aroma sesuai varian parfum yang digunakan. Seluruh bahan dapat bercampur dengan baik tanpa menunjukkan adanya pengendapan maupun pemisahan fase pada saat formulasi selesai dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi bahan yang digunakan mampu menghasilkan formulasi yang stabil sebelum dilakukan pengujian karakteristik produk [10].

C. Hasil Pengujian Produk

Untuk mengetahui kualitas produk pembersih sepatu yang dihasilkan, dilakukan beberapa pengujian yang meliputi efektivitas pembersihan, pH, iritasi kulit, stabilitas produk, dan organoleptik. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik dan Kinerja

Parameter	Hasil Pengujian
Uji Organoleptik	Cair, Homogen, Warna bening kekuningan, Beraroma khas *fragrance* (Lemon/Kopi/Lavender), Tidak terdapat endapan
Uji pH	pH 7
Uji Stabilitas Produk (7 hari)	Tidak terjadi pemisahan fase dan tidak berubah warna
Uji Daya Bersih	Noda ringan-sedang berkurang setelah 1-2 kali aplikasi
Uji Iritasi Kulit	Tidak terjadi iritasi (Tidak ada kemerahan atau gatal)

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, produk pembersih sepatu yang diformulasikan menggunakan bioetanol dari molase tebu menunjukkan kemampuan membersihkan noda ringan hingga sedang setelah satu hingga dua kali aplikasi. Kemampuan pembersihan tersebut dipengaruhi oleh kombinasi bioetanol sebagai pelarut dan alkyl polyglucoside (APG) sebagai surfaktan nonionik. Bioetanol membantu melarutkan kotoran, minyak, dan residu yang menempel pada permukaan sepatu, sedangkan APG menurunkan tegangan permukaan sehingga proses pengangkatan kotoran menjadi lebih efektif. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi yang dibuat telah memiliki kemampuan pembersihan yang sesuai untuk penggunaan sehari-hari. Namun, evaluasi daya bersih pada penelitian ini masih bersifat kualitatif berdasarkan pengamatan visual dan belum diukur dalam bentuk persentase noda yang terangkat.

Selain memiliki efektivitas pembersihan yang baik, produk juga menunjukkan karakteristik fisik yang mendukung keamanan penggunaannya. Nilai pH sebesar 7 merupakan hasil pengukuran pada produk akhir setelah seluruh bahan tercampur homogen, sedangkan nilai pH sebelum dan sesudah penyesuaian dengan HCl/NaOH tidak dicatat pada penelitian ini. Nilai tersebut menunjukkan bahwa produk bersifat netral sehingga relatif aman digunakan pada berbagai jenis material sepatu maupun kontak ringan dengan kulit. Hasil uji iritasi juga menunjukkan bahwa produk tidak menimbulkan kemerahan, gatal, maupun reaksi iritasi lainnya selama pengujian. Hal tersebut mengindikasikan bahwa formulasi yang digunakan memiliki tingkat keamanan yang baik untuk penggunaan normal.

Pengujian stabilitas menunjukkan bahwa selama penyimpanan pada suhu ruang selama tujuh hari tidak terjadi pemisahan fase maupun perubahan warna dan aroma. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa seluruh komponen dalam formulasi mampu bercampur dengan baik sehingga menghasilkan produk yang stabil secara fisik. Hasil pengamatan organoleptik juga menunjukkan bahwa produk memiliki warna jernih, tekstur cair yang homogen, serta aroma sesuai dengan parfum yang ditambahkan. Karakteristik tersebut memberikan nilai tambah terhadap

kualitas produk karena tidak hanya berfungsi sebagai pembersih, tetapi juga memiliki penampilan yang baik dan nyaman digunakan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa bioetanol hasil fermentasi molase tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam formulasi pembersih sepatu. Produk yang dihasilkan memiliki kemampuan pembersihan yang baik, stabil selama penyimpanan, serta memenuhi parameter fisik dan keamanan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, bioetanol berhasil diproduksi dari molase tebu melalui proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam formulasi produk pembersih sepatu. Produk yang dihasilkan memiliki kemampuan membersihkan noda ringan hingga sedang setelah satu hingga dua kali aplikasi serta menunjukkan karakteristik fisik yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa produk memiliki pH netral (7), tidak menimbulkan iritasi kulit, tetap stabil selama penyimpanan pada suhu ruang selama tujuh hari tanpa mengalami pemisahan fase, serta memiliki warna jernih, tekstur cair homogen, dan aroma yang sesuai dengan parfum yang ditambahkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bioetanol dari molase tebu berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif alternatif dalam produk pembersih sepatu. Kadar bioetanol hasil fermentasi belum diukur secara kuantitatif, sehingga efisiensi proses produksinya perlu dibuktikan pada penelitian lanjutan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian kadar dan yield bioetanol hasil fermentasi menggunakan instrumen analisis, seperti alkoholmeter atau kromatografi, sehingga kualitas bioetanol dapat diketahui secara lebih akurat. Selain itu, diperlukan pengujian efektivitas pada berbagai jenis material sepatu serta uji stabilitas dalam periode penyimpanan yang lebih lama agar kinerja produk dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] V. M. Vučurović, V. S. Puškaš, and U. D. Miljić, "*Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised Saccharomyces cerevisiae*," *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 125, no. 1, pp. 134–142, 2019.

[2] R. Wu *et al*., "*Enhanced ethanol production from sugarcane molasses by industrially engineered Saccharomyces cerevisiae via replacement of the PHO4 gene,*" *RSC Advances*, vol. 10, pp. 2267–2276, 2020.

[3] E. Hawaz *et al*., "*Bioethanol production from sugarcane molasses by co-fermentation of Saccharomyces cerevisiae isolate TA2 and Wickerhamomyces anomalus isolate HCJ2F-19*," *Annals of Microbiology*, vol. 74, no. 13, 2024.

[4] W.-Y. Wang *et al*., "*Key role of K^+ and Ca^{2+} in high-yield ethanol production by Saccharomyces cerevisiae from concentrated sugarcane molasses*," *Microbial Cell Factories*, vol. 23, 2024.

[5] I. V. Noorvita, J. Jayus, dan Nurhayati, "*Produksi Bioetanol oleh Saccharomyces cerevisiae FNCC 3210 pada Media Molases dengan Kecepatan Agitasi dan Aerasi yang Berbeda*," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 10, no. 2, pp. 184–192, 2016.

[6] A. Tesfaw and F. Assefa, "*Current Trends in Bioethanol Production by Saccharomyces cerevisiae: Substrate, Inhibitor Reduction, Growth Variables, Coculture, and Immobilization*," *International Scholarly Research Notices*, vol. 2014, Article ID 532852, 2014.

[7] BPOM RI, *Pedoman Uji Stabilitas dan Keamanan Produk Kosmetik dan Pembersih*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2023.

[8] A. Fitroh *et al*., "*Pemanfaatan Molase untuk Produksi Bioetanol*," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 12, no. 1, pp. 45–58, 2025.
[9] D. Herlina *et al*., "*Efektivitas Surfaktan Anion dalam Formulasi Pembersih Sepatu Berbasis Bioetanol*," *Jurnal Kimia Terapan*, vol. 10, no. 3, pp. 112–120, 2019.
[10] Kompas, *Kebijakan Energi Terbarukan dan Pemanfaatan Bioetanol di Indonesia*. Jakarta: Kompas, 2024.