Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 28975-28982

Potensi Bioetanol Berbasis Singkong sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Kendaraan Taktis Maung MV3

M. Harits Tsabitul Azmi[1], Sovian Aritonang[2]

[1,2] Program Studi Fisika Militer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pertahanan Kawasan Indonesia Peace and Security Center (IPSC) Sentul Bogor Jawa Barat

Corresponding Author: haritsazmi23@gmail.com, sovian.aritonang@idu.ac.id

Published: Juni, 2026

ABSTRACT

The demand for sustainable and environmentally friendly alternative fuels has risen in response to fossil fuel limitations. This paper explores the potential of cassava-based bioethanol as an alternative energy source for the tactical vehide Maung MV3. Cassava (Manihot esculenta) is chosen as the primary feedstock due to its adaptability for cultivation in Indonesia, high starch content, and efficient conversion process into bioethanol. This study evaluates the performance of cassava bioethanol through fuel consumption and emissions testing, showing that bioethanol blends provide higher energy efficiency compared to fossil fuels. The findings also demonstrate that the use of cassava bioethanol supports national energy independence and can reduce the environmental impact of carbon emissions. With its economic and social potential, cassava bioethanol is a viable sustainable fuel alternative for tactical vehides.

Keywords: bioethanol, cassava, alternative fuel, tactical vehide, sustainable energy

ABSTRAK

Permintaan bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin meningkat sebagai respons terhadap keterbatasan bahan bakar fosil. Jurnal ini membahas potensi bioetanol berbasis singkong sebagai sumber energi alternatif untuk kendaraan taktis Maung MV3. Singkong (Manihot esculenta) dipilih sebagai bahan baku utama karena sifatnya yang mudah dibudidayakan di Indonesia, kandungan pati yang tinggi, serta proses konversi yang efisien menjadi bioetanol. Penelitian ini mengevaluasi performa bioetanol singkong melalui uji konsumsi bahan bakar dan emisi, yang menunjukkan bahwa campuran bioetanol memberikan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar fosil. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan bioetanol singkong mendukung kemandirian energi nasional dan mampu mengurangi dampak lingkungan akibat emisi karbon. Dengan potensi ekonomis dan sosial yang ditawarkan, bioetanol singkong layak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif berkelanjutan untuk kendaraan taktis.

Kata kunci: bioetanol, singkong, bahan bakar alternatif, kendaraan taktis, energi berkelanjutan

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Permintaan akan sumber energi alternatif yang berkelanjutan terus meningkat seiring dengan kelangkaan bahan bakar fosil dan dampaknya terhadap lingkungan yang semakin mengkhawatirkan. Salah satu sektor yang sangat bergantung pada bahan bakar fosil adalah transportasi, khususnya kendaraan taktis seperti Maung MV3, yang dirancang untuk operasional di medan yang sulit. Dalam konteks ini, Indonesia dihadapkan pada tantangan untuk menemukan sumber bahan bakar yang tidak hanya terbarukan tetapi juga ramah lingkungan, ekonomis, dan dapat diproduksi di dalam negeri. Di antara solusi yang layak adalah pengembangan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif dari sumber

daya lokal, menawarkan jalur yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar fosil.

Singkong (Manihot esculenta), tanaman tropis yang tumbuh subur di berbagai wilayah Indonesia, memiliki potensi besar sebagai bahan baku produksi bioetanol. Singkong mudah dibudidayakan dan tidak membutuhkan lahan yang subur, sehingga cocok untuk ditanam secara luas di Indonesia. Selain itu, produktivitas singkong di Indonesia tinggi, menempatkan negara ini sebagai salah satu produsen singkong terbesar di dunia. Potensi ini juga didukung oleh luasnya lahan pertanian, iklim yang menguntungkan, dan ketersediaan tenaga kerja lokal di sektor pertanian.

Singkong adalah tanaman yang tangguh, mampu bertahan terhadap perubahan iklim dan serangan hama, menjadikannya sumber yang andal untuk produksi bioetanol berkelanjutan. Penggunaan singkong sebagai bahan baku produksi bioetanol juga sejalan dengan komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon. Bioetanol yang berasal dari biomassa seperti singkong menghasilkan emisi gas rumah kaca yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, penggunaan bioetanol berbasis singkong pada kendaraan taktis seperti Maung MV3 tidak hanya mendukung kemandirian energi, tetapi juga berkontribusi dalam pencapaian target nasional untuk pengurangan emisi. Selain itu, bioetanol dari singkong memiliki pembakaran yang lebih bersih dan lebih efisien dibandingkan bahan bakar konvensional, sehingga dapat meningkatkan performa mesin dan memperpanjang umur operasional kendaraan.

Selain manfaat lingkungan, pengembangan bioetanol berbasis singkong menawarkan dampak sosial dan ekonomi yang signifikan. Dengan meningkatnya permintaan singkong di sektor energi, petani lokal dapat memperoleh pendapatan tambahan yang stabil. Hal ini dapat membantu memperkuat perekonomian pedesaan dan mengurangi kesenjangan ekonomi antara daerah perkotaan dan pedesaan. Peningkatan permintaan singkong untuk bioetanol juga dapat mendorong inovasi dan investasi dalam teknologi konversi energi, termasuk proses produksi bioetanol yang lebih efisien.

Pada tingkat nasional, industri bioetanol berbasis singkong dapat mengurangi ketergantungan pada impor energi dan memperkuat kemandirian energi Indonesia. Dengan berbagai keunggulan ini, bioetanol berbasis singkong muncul sebagai bahan bakar alternatif yang ideal untuk kendaraan Maung MV3. Pemanfaatan singkong dalam produksi bioetanol diharapkan dapat memelopori aplikasi energi hijau di sektor pertahanan serta menciptakan peluang untuk inovasi dalam teknologi kendaraan yang ramah lingkungan. Pengembangan bioetanol singkong juga sejalan dengan visi Indonesia untuk mewujudkan energi berkelanjutan yang berbasis sumber daya alam lokal, mendukung ketahanan energi nasional sekaligus memberdayakan ekonomi lokal.

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam jurnal ini adalah: 1) Apakah singkong bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif? 2) Apakah bahan bakar alternatif dari singkong bisa digunakan dalam mobil Maung MV3?. Pembuatan jurnal ini bertujuan untuk melihat potensi bioethanol berbasis singkong sebagai bahan bakar alternatif dan penggunaannya untuk Maung MV3.

Landasan Teori

Bioetanol adalah alkohol yang dihasilkan melalui fermentasi gula oleh mikroorganisme, seperti ragi, dalam kondisi anaerob. Proses produksi bioetanol umumnya melibatkan beberapa tahapan utama: konversi bahan baku menjadi gula sederhana, fermentasi, pemurnian, dan distilasi. Untuk bahan baku berbasis pati seperti singkong, pati terlebih dahulu dihidrolisis menjadi gula sederhana (glukosa) melalui proses sakarifikasi, yang kemudian difermentasi menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme. Proses ini menjadikan bioetanol sebagai bahan bakar yang terbarukan karena bahan bakunya dapat diperbaharui secara berkala melalui praktik pertanian yang berkelanjutan (Zhang et al., 2017). Singkong adalah tanaman yang memiliki kandungan pati tinggi, dengan produksi mencapai lebih dari 30 juta ton per tahun di Indonesia. Kandungan pati dalam singkong berkisar antara 20-30%, yang dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses fermentasi (Hidayat et al., 2020). Keunggulan singkong sebagai bahan baku bioetanol adalah kemampuannya untuk tumbuh di lahan yang kurang subur, tahan terhadap kondisi kering, serta memiliki siklus tanam yang singkat. Indonesia, sebagai salah satu produsen singkong terbesar di dunia, memiliki potensi besar dalam mengembangkan industri bioetanol berbasis singkong. Selain itu, singkong dapat menghasilkan bioetanol dengan

efisiensi konversi yang cukup tinggi, sehingga menjadikannya pilihan yang ekonomis dan mudah diperoleh (Putri et al., 2021).

Bioetanol berbasis singkong menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan bahan bakar fosil. Pertama, bioetanol menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah, sehingga lebih ramah lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa pembakaran bioetanol menghasilkan emisi karbon yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar fosil, yang berkontribusi dalam pengurangan efek rumah kaca (Sari & Nugroho, 2018). Kedua, bioetanol dapat meningkatkan kinerja mesin. Sebagai senyawa alkohol, bioetanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mencegah terjadinya knocking pada mesin kendaraan (Rahardjo et al., 2019).

Dengan demikian, penggunaan bioetanol dari singkong pada kendaraan seperti Maung MV3 tidak hanya mendukung kemandirian energi, tetapi juga dapat meningkatkan performa kendaraan di lapangan. Penggunaan bioetanol berbasis singkong sebagai bahan bakar alternatif diharapkan dapat berkontribusi pada ketahanan energi Indonesia. Ketahanan energi merupakan kemampuan suatu negara untuk memenuhi kebutuhan energinya sendiri secara berkelanjutan tanpa tergantung pada impor. Dengan pemanfaatan singkong sebagai sumber bahan baku bioetanol, Indonesia dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar fosil. Selain itu, pengembangan bioetanol singkong juga memiliki potensi untuk meningkatkan kesejahteraan petani lokal dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor energi terbarukan (Widodo et al., 2020). Peningkatan permintaan singkong untuk kebutuhan energi dapat memberikan nilai tambah bagi produk pertanian dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal.

Kendaraan taktis seperti Maung MV3 membutuhkan bahan bakar yang andal untuk menghadapi berbagai kondisi operasional yang sulit. Bioetanol berbasis singkong memberikan pilihan bahan bakar yang ramah lingkungan, lebih murah, dan dapat diperbaharui. Selain itu, bioetanol memiliki karakteristik pembakaran yang lebih bersih, yang dapat membantu menjaga performa mesin kendaraan dan memperpanjang umur pakai komponen mesin. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar untuk kendaraan taktis juga sejalan dengan strategi Indonesia dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi karbon di sektor pertahanan (Santoso et al., 2021).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur untuk menganalisis potensi penggunaan bioetanol berbasis singkong sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan Maung MV3.
Studi literatur ini melibatkan tinjauan terhadap berbagai jurnal, artikel, dan laporan penelitian yang relevan dengan topik bioetanol, sumber daya alam Indonesia, serta aplikasi bioetanol dalam sektor transportasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengolahan Bioethanol

Bahan yang digunakan dalam penelitian yini yakni kulit singkong dalam kondisi segar, aquades, NaOH, H2SO4, KH2PO4, (NH4)2SO4, reagen.Khamir Saccharomyces cerevisiae dan Trichoderma viride. Sedangkan alat yang digunakan erlenmeyer, gelas kimia, neraca analitik, labu ukur, gelas ukur, pipet tetes, corong, penangas listrik, pH meter, batang pengaduk, aluminium foil, kertas saring, lumpang dan alu, ayakan No.120 mesh, magnet stirrer, oven, pompa vakum, blender, 1 set evaporator, alkoholmeter dan spektrofotometer UV-vis Prosedur kerja yang dikembangkan merupakan tahap tahap produksi bioetanol dari kulit singkong yang telah dilaksanakan oleh (Artiyani & Soedjono, 2011) dan (Erna dkk,2016). Berdasarkan (Andika dkk,2017) penelitian yang dilakukan menggunakan pencampuran bahan bakar pertamax. Pencampuran bioetanol ke dalam pertamax dengan asumsi terjadi pembakaran sempurna pada bahan bakar hidrokarbon.

No	Komponen	Kandungan (%)
1.	Selulosa	43,626
2.	Pati/amilum	36,580
3.	Hemiselulosa	10,384
4.	Lignin	7,646
5.	Lainnya	1,764
Total		100 %

Tabel 1. Analisa Awal Kandungan Kulit Singkong

Menurut (Pramestika, 2019) bahwa kulit singkong diketahui mengandung pati dan selulosa dalam jumlah yang signifikan, menjadikannya bahan potensial untuk produksi bioetanol. Pada tahap awal, kulit singkong menjalani proses pretreatment untuk menghilangkan lignin, yang merupakan polimer dengan struktur dinding yang keras. Lignin ini dapat menghambat proses hidrolisis serta mengganggu pertumbuhan mikroba selama fermentasi, sehingga proses pengolahan bioetanol menjadi tidak efisien (Gunam et al., 2010).

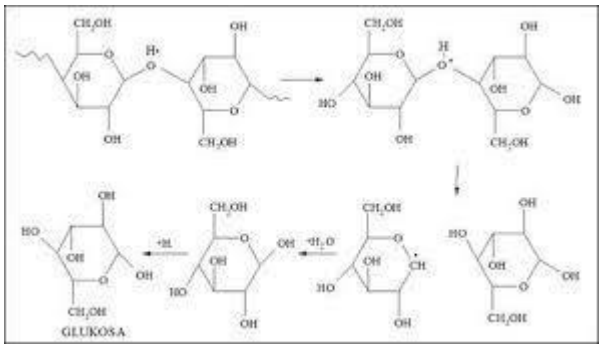
Proses hidrolisis dilakukan dalam empat tahap dengan setiap tahap menggunakan larutan berbeda, yaitu HCl 15%, HCl 7%, H2SO4 15%, dan H2SO4 7%. Variasi jenis dan konsentrasi asam ini bertujuan untuk menentukan asam yang paling efektif dalam menghidrolisis pati. Hidrolisis berlangsung selama 2,5 jam pada suhu 100^{o}C dan menyebabkan perubahan warna pada sampel.

Tabel 2. Perubahan warna larutan setelah hidrolisis

Perubahan warna yang terjadi menunjukkan bahwa selulosa telah terkonversi menjadi glukosa. Variasi

No.	Kosentrasi Asam	Warna
1.	HCl 15 %	Coklat Tua
2.	HCl 7 %	Coklat muda
3.	H_2SO_4 15 %	Coklat Tua
4.	H_2SO_4 7 %	Coklat muda

warna hasil hidrolisis ini disebabkan oleh perbedaan kekuatan hidrolisis dari jenis asam yang digunakan. Berdasarkan hasil yang tercantum pada Tabel 2, kadar glukosa maksimum diperoleh pada konsentrasi HCl dan H2SO4 sebesar 15%, ditandai dengan warna filtrat yang berubah menjadi coklat tua. Perubahan warna ini mengindikasikan bahwa proses hidrolisis telah berlangsung optimal. Jumlah glukosa yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi larutan yang digunakan dalam proses hidrolisis. Proses ini memecah struktur kompleks pati dan selulosa di dalam kulit singkong menjadi glukosa. Mekanisme hidrolisis yang terjadi pada kulit singkong dapat dilihat seperti ilustrasi pada Gambar 3, yang menjelaskan reaksi kimia dan perubahan struktural selama proses tersebut berlangsung.



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Hidrolisi Kulit Singkong (Xiang dkk., 2003)

No.	Hidrolisis	Glukosa (%)
1.	HCl 15 %	9,9
2.	HCl 7 %	0,6
3.	H_2SO_4 15 %	5,9
4.	H_2SO_4 7 %	7

Tabel 3. Analisis kadar glukosa hasil hidrolisis

Sampel hasil hidrolisis dengan kadar glukosa tertinggi, yaitu 9,9%, digunakan untuk fermentasi dalam rangka memperoleh etanol. Sebelum fermentasi, pH filtrat hasil hidrolisis dinaikkan hingga mencapai 4,5, karena berdasarkan pendapat Azizah et al. (2012), mikroba Saccharomyces cerevisiae tumbuh optimal pada kisaran pH 3,5–6,5, dengan kondisi paling ideal pada pH 4,5.

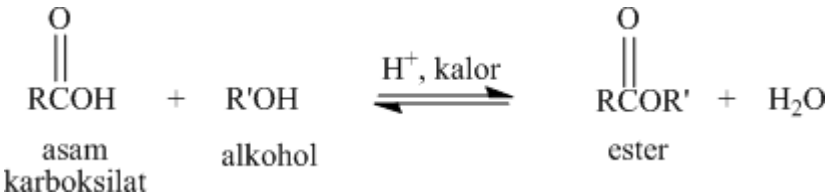
Selanjutnya, masing-masing 14 gram urea dan amonium sulfat ditambahkan ke dalam sampel sebagai sumber nutrisi. Proses fermentasi dilakukan dengan 14 gram ragi Saccharomyces cerevisiae, dan campuran tersebut kemudian dipasteurisasi dalam penangas air pada suhu 30°C selama 30 menit guna meningkatkan daya simpan larutan. Filtrat dibagi menjadi empat bagian dan difermentasi selama 4, 6, 8, dan 10 hari untuk menentukan durasi fermentasi yang optimal dalam menghasilkan etanol. Mikroba Saccharomyces cerevisiae tumbuh optimal dalam suhu 30–35°C dengan puncak produksi alkohol pada suhu sekitar 33°C. Suhu yang terlalu rendah memperlambat fermentasi, sementara suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kematian mikroba sehingga proses fermentasi terhenti (Azizah et al., 2012).

Berbagai faktor seperti substrat, suhu, pH, oksigen, dan jenis mikroba juga memengaruhi durasi fermentasi (Kunaepah, 2008). Saccharomyces cerevisiae dipilih karena kemampuannya menghasilkan alkohol hingga 2% dalam waktu 72 jam, memberikan keunggulan dibandingkan mikroba lainnya (O'Leary et al., 2004). Hasil dari proses fermentasi dipisahkan dengan metode evaporasi menggunakan evaporator pada suhu 79°C. Metode ini digunakan untuk memisahkan cairan berdasarkan perbedaan titik didih, di mana etanol dengan titik didih 78,3°C akan menguap terlebih dahulu dibandingkan komponen lain seperti air yang memiliki titik didih 100°C (Artiyani & Soedjono, 2011). Setelah pemisahan, kadar etanol diukur menggunakan alat alkohol meter. Data hasil pengukuran kadar etanol ini ditampilkan pada Tabel 4.

No.	Hari Fermentasi	Kadar Etanol (%)
1.	4	4,50
2.	6	5,20
3.	8	6,00
4.	10	4,00

Tabel 4. Analisis Kadar Etanol Hasil Fermentasi.

Berdasarkan data pada Tabel 4, terlihat bahwa kadar etanol meningkat secara bertahap dari hari ke-4 hingga hari ke-8, yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena mikroba dalam proses fermentasi tumbuh semakin cepat, yang mendukung peningkatan produksi etanol. Namun, pada hari ke-10, kadar etanol menurun. Penurunan ini disebabkan oleh fermentasi lanjutan, di mana etanol dikonversi menjadi senyawa lain seperti asam karboksilat, dan kemudian lebih lanjut menjadi ester. Proses ini sesuai dengan mekanisme reaksi, di mana alkohol dan asam karboksilat bereaksi membentuk ester (Prismasiswa, 2014).



PEMBAHASAN

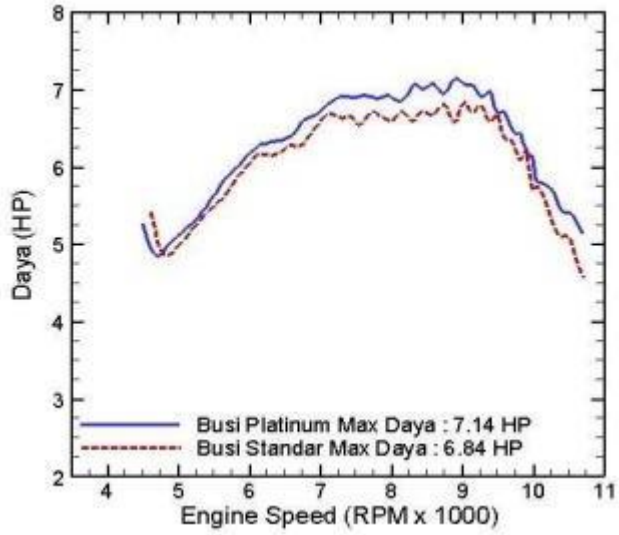
Pengujian Kinerja Mesin

Pengujian kinerja mesin ini bertujuan untuk menentukan performa paling optimal dari variasi penggunaan jenis busi standar dan busi platinum dengan bahan bakar pertalite murni. Setelah itu, dilakukan pengujian ulang untuk mengukur performa mesin berdasarkan variasi campuran bioetanol dalam bahan bakar dengan persentase BE (Bioethanol) 10%, 20%, dan 30%, yang diuji menggunakan

jenis busi dengan performa terbaik. Data yang diperoleh dari pengujian ini meliputi daya, torsi, konsumsi bahan bakar, serta kadar emisi gas buang. Hasilnya akan menunjukkan perbedaan performa yang dapat terjadi karena variasi campuran bioetanol, serta bagaimana variasi jenis busi dan bahan bakar ini memengaruhi efisiensi dan emisi mesin.

Hasil pengujian daya dan torsi terhadap variasi jenis busi menggunakan bahan bakar pertalite 100 %

Berdasarkan data pengujian daya yang ditampilkan pada Gambar 3, terjadi peningkatan daya yang dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan dua jenis busi, yakni busi standar dan busi platinum, menggunakan bahan bakar pertalite murni (100%). Hasil pengujian menunjukkan bahwa busi platinum menghasilkan daya maksimum 7,14 HP pada putaran mesin 8900 rpm, lebih tinggi dibandingkan daya maksimum busi standar yang mencapai 6,84 HP pada putaran 9000 rpm. Analisis statistik melalui uji t (regresi ganda) mendukung hasil ini, di mana nilai T hitung (3,087) lebih besar daripada T tabel (2,228), sehingga H0 ditolak. Ini berarti busi platinum memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan daya mesin. Berdasarkan data grafik tersebut, disimpulkan bahwa busi platinum memberikan performa daya yang lebih optimal dibandingkan busi standar karena mampu menghasilkan daya maksimum yang lebih besar.



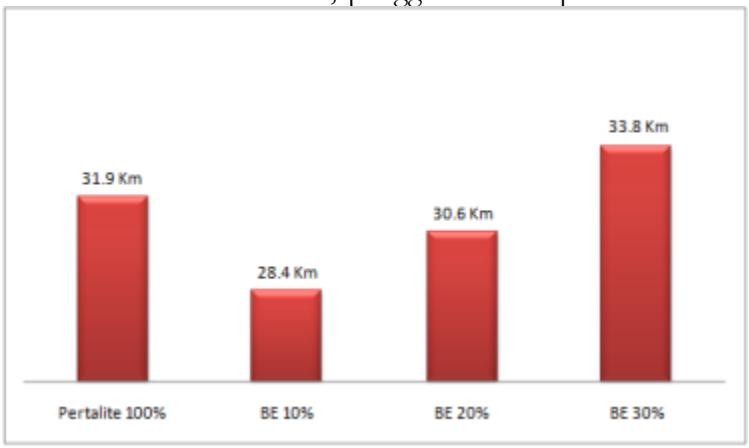
Gambar 3. Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Jenis Busi

Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Berikut ini adalah deskripsi grafik yang menunjukkan hubungan antara jarak tempuh dan variasi campuran bahan bakar menggunakan busi platinum dalam uji konsumsi bahan bakar:

Gambar 4. Perbandingan Jarak Tempuh dengan Variasi Bahan Bakar

Dari data konsumsi bahan bakar, penggunaan campuran bioetanol dalam bahan bakar BE



30% menunjukkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar pertalite 100%. Hasil uji menunjukkan bahwa bahan bakar BE 30% memungkinkan kendaraan menempuh jarak lebih jauh, yaitu 33,8 km, dibandingkan pertalite 100% yang hanya mencapai 31,9 km. Selisih jarak tempuh

sebesar 1,9 km ini mengindikasikan bahwa penggunaan BE 30% lebih hemat sekitar 5,9% dibandingkan pertalite murni.

Secara grafik, terlihat bahwa penambahan kadar bioetanol dalam campuran meningkatkan jarak tempuh kendaraan. Namun, pada bahan bakar BE 10% dan BE 20%, jarak tempuh lebih rendah dibandingkan pertalite murni. Analisis statistik lebih lanjut menggunakan uji t satu sampel menunjukkan bahwa rata-rata jarak tempuh yang dicapai setiap variasi bahan bakar berbeda signifikan (T hitung < T tabel, atau -413,211 < 3,182), sehingga H0 diterima. Ini mengindikasikan bahwa jarak tempuh untuk setiap variasi bahan bakar tidak seragam.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa bahan bakar BE 30% memberikan jarak tempuh lebih jauh dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan variasi bahan bakar lainnya, termasuk pertalite murni, sehingga BE 30% adalah pilihan yang lebih hemat untuk konsumsi bahan bakar.

KESIMPULAN

Bioetanol berbasis singkong memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan untuk kendaraan taktis Maung MV3. Dengan kandungan pati yang tinggi, ketersediaan melimpah di Indonesia, dan proses konversi yang efisien, singkong dapat diandalkan sebagai sumber energi ramah lingkungan yang mampu mengurangi emisi karbon dibandingkan bahan bakar fosil.

Selain mendukung kemandirian energi nasional, pemanfaatan bioetanol singkong juga memberikan dampak positif bagi ekonomi pedesaan melalui peningkatan kesejahteraan petani dan pemberdayaan sektor pertanian. Implementasi bioetanol ini di sektor pertahanan tidak hanya memperkuat ketahanan energi, tetapi juga sejalan dengan komitmen nasional dalam menjaga kelestarian lingkungan.

REFERENCES

Zhang, X., et al. (2017). "Cassava-based bioethanol production and its sustainability aspects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 232-243.

Hidayat, T., et al. (2020). "Optimization of cassava utilization for bioethanol production in Indonesia." *Biofuels*, 11(2), 159-168.

Putri, W. R., et al. (2021). "Cassava potential in bioethanol production in Indonesia: A review." *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3), 391-403.

Sari, D., & Nugroho, B. (2018). "Comparative study on the emissions of bioethanol and fossil fuel in vehicles." *Environmental Engineering Research*, 23(2), 110-118.

Rahardjo, T., et al. (2019). "Impact of ethanol fuel on engine performance: The case of cassava-based ethanol." *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13, 4547-4561.

Widodo, S., et al. (2020). "Economic and energy sustainability implications of bioethanol production from cassava in Indonesia." *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 40, 100712.

Santoso, D., et al. (2021). "Alternative fuels for tactical vehicles in military applications: Environmental and economic perspectives." *Defence Technology*, 17(4), 597-604

Artiyani, A., & Soedjono, E. S. (2011). Bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan saccharonyces cerevisiae. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII. Surabaya: FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Erna,Said, I.,& Abram, P.H. 2016. Bioetanol dari limbah kulit singkong(Manihot esculenta Crantz) melalui proses fermentasi. J. Akademika Kim. 5(3): 121-126

Xiang, Q., Lee, Y. Y., Pettersson, P. O., & Torget, R. W. (2003). Heterogeneous aspects of acid hydrolysis of a cellulose. Journal Humana Press, 107(1), 505-514.

Supriyanto. (2006). Prospek pengembangan industri bioetanol dari ubi kayu. Hlm. 88-95 Dalam D.Harnowo, Subandi dan N. Saleh (ed). Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi Kayu untuk Agroindustri dan Ketahahanan Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.

Azizah, N., Al-Baarri, A. N., & Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol,pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey substitusi kulit nanas. Jurnal Aplika

Prihandana, R, K. Noerwijati,P.G. Adinurani,D. Setyaningsih,S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007.Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan. PT. Agro Media Pustaka. J akarta. 194 hlm.

Rukmana, R. (1997). Ubi kayu budidaya paskapanen. Jakarta: Kanisius.

Sun,Y.,dan Cheng, J. (2002), "Hidrolysis of Lignocellulose Material for Ethanol Production: a review",Bioresource Technology, Vol. 83 hal. 1-11.

Indartono, Y. (2005). Bioetanol Alternatif Energi Terbarukan: Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan. http://www.energi.lipi.go.id. Diakses 16 Oktober 2016.

Iodice, P & Senature, A. (2015). Cold start emissions of a motorcycle using ethanolgasoline blended fuels. Energy Procedia. Elsevier. Vol 45. Pages 809-818.

Putrasari, Y, Nur, A. & Muharam, A. (2012). Performace and emission characteristic on a two cylinder DI diesel engine fuelled with ethanol-diesel blends. Energy Procedia. Elsevier. Vol 32. Pages 21-30.

Sudarmanta, B., Junipitoyo, B., & Putra, A.K.B. (2016). Influence Of The Compression Ratio And Ignition Timing On Sinjai Engine Performance With 50% BioethanolGasoline Blended Fuel. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol 11. No 4.

Wang, X & Chen, Z. (2015). The effects of hydrous ethanol gasoline on combustion and emission characteristics of a port injection gasoline engine. Thermal Engineering. Elsevier. Vol 6. Pages 147-154.

Zhang, Y & Zhao, H. (2013). CAI combustion of gasoline and its mixture with ethanol in a 2- stroke poppet valve DI gasoline engine. Fuel. Elsevier. Vol 109. Pages 661-668.