

## **Brake power, brake spesific fuel consumption, dan brake thermal efficiency mesin diesel injeksi langsung berbahan bakar solar-jatropa-butanol**

**Syarifudin<sup>1\*</sup>, Syaiful<sup>2</sup>, Firman Lukman Sanjaya<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama  
Jl. Mataram no.9, Kota Tegal, Jawa Tengah, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang, Indonesia

\*Corresponding author: [masudinsyarif88@gmail.com](mailto:masudinsyarif88@gmail.com)

### **Abstract**

*Jatropha is proven to reduce dependence on diesel fuel. Jatropha oil is widely used as a mixture of diesel fuel. However, low heating value and high viscosity result in lower engine performance and higher carbon black emissions than pure diesel fuel. Alcohol groups such as butanol have low viscosity properties and oxygen and cetane numbers close to diesel fuel. The use of butanol as an additive to diesel-jatropha mixed fuels is expected to improve engine performance. This study aims to observe brake power, brake specific fuel consumption, and brake thermal efficiency of diesel engines using diesel-jatropha-butanol mixed fuel. Jatropha used 10%, 20% and 30%. While the butanol used is 5%, 10%, and 15% based on volume. The research increased in a brake power value of 2.22%. The decrease in brake specific fuel consumption was 4.81% and the increase in brake thermal efficiency was 10.85%.*

**Keywords :** *jatropha, viscosity, performance, soot, butanol.*

### **Abstrak**

Jatropa terbukti dapat mengurangi ketergantungan bahan bakar solar. Minyak jatropa banyak digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar solar. Namun, nilai kalor yang rendah dan viskositas yang tinggi mengakibatkan prestasi mesin menjadi lebih rendah dan emisi jelaga menjadi lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar murni. Kelompok alkohol seperti butanol memiliki propertis viskositas yang rendah dan kandungan oksigen dan cetane number yang mendekati bahan bakar solar. Penggunaan butanol sebagai additif pada bahan bakar campuran solar-jatropa diharapkan dapat meningkatkan prestasi mesin. Penelitian ini bertujuan mengobservasi *brake power, brake spesific fuel consumption, dan brake thermal efficiency* mesin diesel menggunakan bahan bakar campuran solar-jatropa-butanol. Jatropa yang digunakan sebesar 10%, 20% dan 30%. Sedangkan butanol yang digunakan sebesar 5%, 10%, dan 15% berbasis volume. Penelitian menghasilkan nilai peningkatan *brake power* sebesar 2,22%. Penurunan *brake spesific fuel consumption* sebesar 4,81% dan peningkatan *brake thermal efficiency* sebesar 10,85%.

**Kata kunci:** *jatropa, viskositas, prestasi, jelaga, butanol*

### **Pendahuluan**

Jatropa merupakan bahan bakar alternatif yang dapat dijadikan sebagai bahan pengganti bahan bakar solar. Jatropa terus diminati seiring keterbatasan stok bahan bakar fosil seperti solar dan peningkatan volume kendaraan bermotor. Jatropa dapat diproduksi dari tanaman jarak

yang cocok dibudidayakan di negara tropis seperti Indonesia. Jatropa memiliki propertis yang mendekati bahan bakar solar sehingga mengurangi proses penyesuaian pada mesin diesel [1]. Angka setana yang tinggi sekitar 41,8 membuat jatropa cocok sebagai bahan campuran bahan bakar solar [2]. Selain itu,

kandungan oksigen yang tinggi pada jatropa sesuai dengan syarat pembakaran [3].

Menurut Rashed dkk., (2016) [4], penggunaan bahan bakar campuran solar-jatropa menghasilkan performa yang mendekati bahan bakar solar murni. Hal ini akibat angka setana dan kandungan oksigen yang tinggi dalam jatropa. Hasil positif yang sama juga diperoleh Gomma (2011) [5], bahwa pengujian mesin diesel dengan bahan bakar campuran solar-jatropa menghasilkan efisiensi termal yang lebih besar daripada bahan bakar solar murni. Sementara menurut Eka Darmana dkk (2013) [6] penggunaan jatropa sebagai bahan campuran bahan bakar solar menyebabkan penurunan nilai *brake power* mesin diesel. Tingginya viskositas jatropa menurunkan kualitas atomisasi bahan bakar yang berdampak pada pembakaran yang buruk [7].

Kelompok alkohol seperti butanol memiliki propertis rendah viskositas yang mendukung untuk mengurangi tingginya viskositas pada jatropa. Selain itu, angka setana yang mendekati bahan bakar solar dan kandungan oksigen yang tinggi mendukung bahwa alkohol butanol dapat meningkatkan kualitas bahan bakar campuran solar-jatropa [8]. Menurut Syarifudin dkk (2018) [9], penambahan butanol pada bahan bakar campuran solar-jatropa menghasilkan emisi smoke yang lebih rendah. Hal ini disebabkan kandungan oksigen yang tinggi memicu terjadinya oksidasi karbon sehingga menekan pembentukan jelaga [10]. Tendensi yang sama juga terjadi pada penelitian Ibrahim Amr (2017) [11], dan El Seesy & Hasan (2019) [12].

Kandungan butanol pada bahan bakar solar campuran jatropa membawa dampak positif pada sisi emisi gas buang yang dihasilkan mesin diesel. Oleh karena itu, penelitian ini mengobservasi sisi prestasi kerja mesin yang ditunjukkan oleh nilai *brake power* (BP), *brake specific fuel consumption* (BSFC), dan *brake thermal efficiency* (BTE).

## Tinjauan Teoritis

### 1. Brake Power

*Brake power* (daya) adalah besarnya kerja telah dilakukan tiap satuan waktu.

$$P = 2\pi \frac{N}{60} \times T \times 10^{-3} \quad (1)$$

Dimana  $P$  adalah daya (k.W),  $T$  adalah torsi (N.m) dan  $N$  adalah putaran kerja (rpm) [13].

### 2. Brake Spesific Fuel Consumption

*Brake spesific fuel consumption* adalah laju aliran massa persatuan daya [13].

$$BSFC = \frac{mf}{P} \quad (2)$$

Dimana BSFC adalah konsumsi bahan bakar (kg/kW.jam), dan  $mf$  adalah laju aliran massa (kg/jam).

### 3. Brake Thermal Efficiency

*Brake Thermal Efficiency* (BTE) adalah perbandingan antara kerja mesin/daya ( $P$ ) yang dihasilkan persiklus terhadap jumlah suplay energi per siklus yang dilepaskan selama pembakaran. Suplai energi yang dilepas selama pembakaran ( $mf$ ) adalah massa bahan bakar yang disuplay per siklus dikalikan dengan nilai panas dari bahan bakar ( $Q_{HV}$ ) [13].

$$BTE = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}} \quad (3)$$

Dimana  $BTE$  adalah efisiensi termal (%),  $Q_{HV}$  adalah nilai kalor dari bahan bakar (MJ/kg).

## Metode Penelitian

Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar yang diperoleh dari Stasiun Pengisian Bahan bakar Umum (SPBU), jatropa dan alkohol butanol yang diperoleh dari toko kimia di Kota Semarang yang masing-masing mempunyai propertis seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Propertis bahan bakar

No	Propertis	Solar	Jatropa	Butanol
1	Angka Setana	48	41,8	23,4
2	Kadar Air (% v)	0,05	3,16	34,22
3	Viskositas (pada suhu 40°C (mPa.s))	2,0-5,0	3,23	2,05
4	Nilai Kalor (MJ/kg)	45,21	37,97	33,21
5	Kandungan Oksigen (%)	-	10,9	21,69
6	Titik Nyala (°C)	60	198	38

Komposisi bahan bakar yang digunakan adalah D100, DJ10, DJ10B15, DJ20, DJ20B15, DJ30, DJ30B15. Berikut detail volume komposisi bahan bakar tersebut.

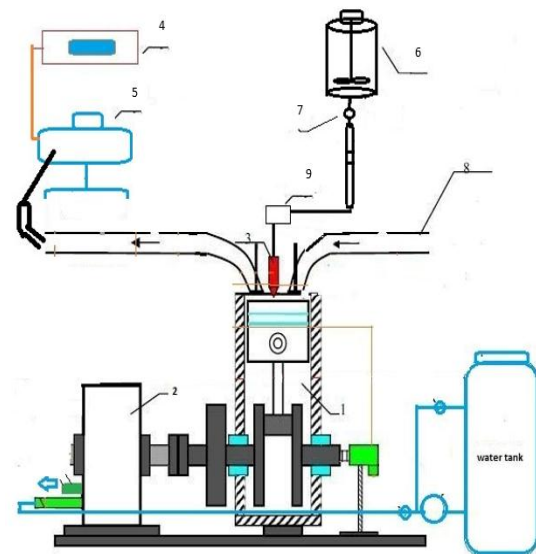
Tabel 2. Komposisi bahan bakar

No	Bahan bakar	Volume (ml)		
		Solar	Jatropa	Butanol
1	D100	1000	0	0
2	DJ10	900	100	0
3	DJ10B5	850	100	50
4	DJ10B10	800	100	100
5	DJ10B15	750	100	150
6	DJ20	800	200	0
7	DJ20B5	750	200	50
8	DJ20B10	700	200	100
9	DJ20B15	650	200	150
10	DJ30	700	300	0
11	DJ30B5	650	300	50
12	DJ30B10	600	300	100
13	DJ30B15	550	300	150

Pengujian dilakukan di Laboratorium Thermo Fluida, Universitas Diponegoro Semarang. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel Isuzu 4JB1, 4 silinder, 4 langkah, kapasitas 2800cc. Adapun Dynamometer yang digunakan adalah Dynotest tipe hidraulik merk Dynamite land & sea.



Gambar 1. Dinamometer



Gambar 2. Skema pengujian

Keterangan :

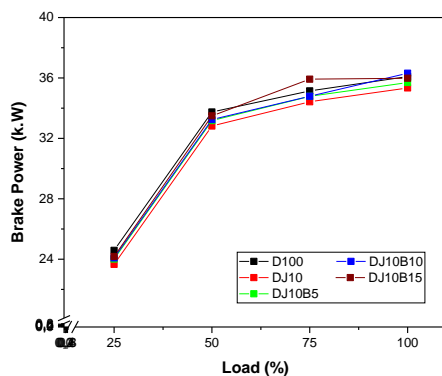
1. Mesin diesel
2. 1 Set Dinamometer
3. Injektor
4. Gas analyzer Stargass 898
5. Smoke meter
6. Mixer bahan bakar
7. Katup bahan bakar
8. Intake manifold

Mesin diesel dan perlengkapannya disusun seperti pada Gambar 2. Mesin diesel dinyalakan dan diatur pada putaran mesin 2500 secara konstan. Campuran bahan bakar yang sudah dibuat sesuai komposisi dituangkan ke dalam mixer sehingga menjadi homogen. Katup ini dibuka sehingga bahan bakar mengalir ke mesin. Gaya yang ditampilkan pada display dynamometer dijadikan sebagai variabel untuk menghitung daya dan torsi. Untuk

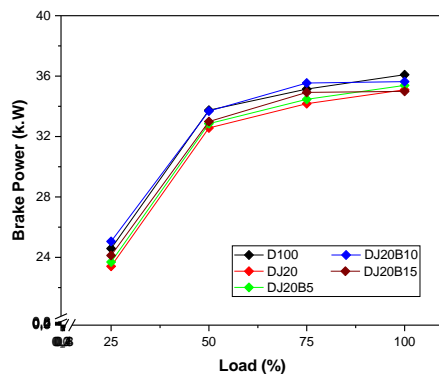
mengetahui laju konsumsi bahan bakar, dilakukan pengukuran waktu konsumsi setiap 30 ml bahan bakar. Selanjutnya hasil pengukuran daya dan perhitungan laju konsumsi bahan bakar dijadikan bahan untuk menghitung efisiensi termal mesin diesel.

## Hasil dan Pembahasan

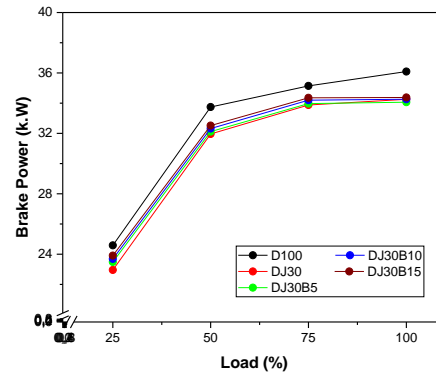
1. *Brake Power* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10%, 20%, 30% dan butanol 5%, 10%, dan 15%.



Gambar 3. *Brake power* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10% dan butanol 5%,10%,15%



Gambar 4. *Brake power* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 20% dan butanol 5%,10%,15%



Gambar 5. *Brake power* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 30% dan butanol 5%,10%,15%

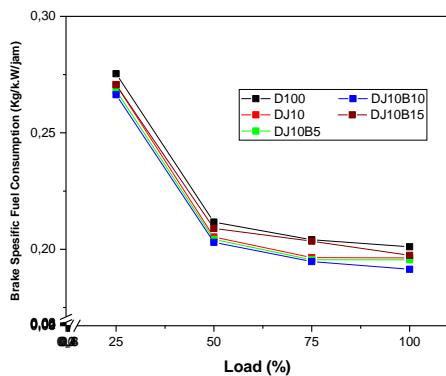
Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 adalah presentasi *brake power* mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa dan butanol. Secara umum, *brake power* mesin diesel terjadi peningkatan seiring kenaikan pembebanan mesin. Hal ini akibat berkurangnya FAR pada beban yang lebih tinggi saat penambahan suplai bahan bakar ke dalam ruang bakar [14].

Penggunaan bahan bakar solar dengan campuran jatropa menunjukkan hasil *brake power* yang lebih rendah dibandingkan solar murni (D100)[15]. Akan tetapi, penambahan butanol pada bahan bakar campuran solar-jatropa mengakibatkan nilai *brake power* meningkat, meskipun masih lebih rendah dibandingkan solar murni D100. Semakin tinggi kandungan butanol peningkatan nilai *brake power* semakin tinggi pula. Viskositas yang rendah pada butanol mengurangi efek buruk kandungan jatropa sehingga memperbaiki kualitas bahan bakar [16]. Selain itu, kandungan oksigen yang tinggi pada butanol meningkatkan kualitas proses pembakaran di dalam ruang bakar [17].

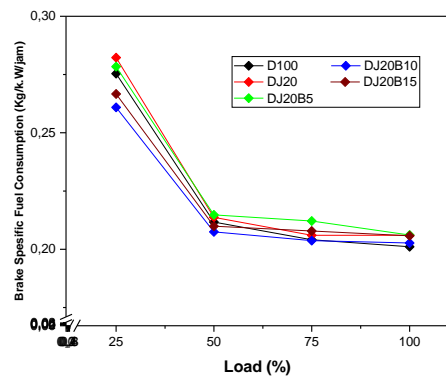
Peningkatan nilai *brake power* pada penggunaan bahan bakar solar dengan campuran jatropa 10% dan butanol 5%, 10% dan 15% (Gambar 3) diperoleh pada bahan bakar DJ20B15 sebesar 2,22% pada pembebanan 75%. Sedangkan peningkatan nilai *brake power* tertinggi pada penggunaan bahan bakar solar dengan campuran jatropa 20% dan butanol 5%, 10%, dan 15%

(Gambar 4) diperoleh pada bahan bakar DJ20B10 sebesar 1,92% pada pembebanan 25%. Adapun pengujian *brake power* dengan kandungan jatropa 30% dan butanol 5%, 10% dan 15% juga mengalami peningkatan. Akan tetapi nilainya masih lebih rendah dibandingkan D100.

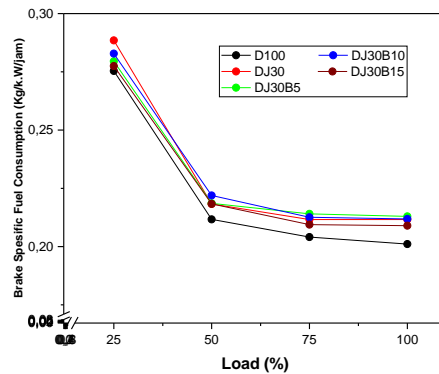
2. *Brake Specific Fuel Consumption* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10%, 20%, 30% dan butanol 5%, 10% dan 15%.



Gambar 6. *Brake spesific fuel consumption* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10% dan butanol 5%,10%,15%



Gambar 7. *Brake spesific fuel consumption* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 20% dan butanol 5%,10%,15%



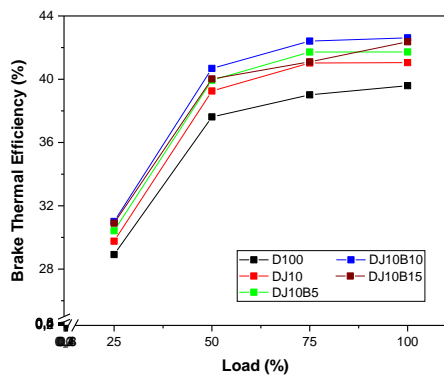
Gambar 8. *Brake spesific fuel consumption* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 30% dan butanol 5%,10%,15%

Pengujian *Brake spesific fuel consumption* (BSFC) mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa dan butanol mempresentasikan penurunan nilai BSFC seiring kenaikan pembebanan pada mesin. BSFC mesin diesel dengan kandungan jatropa 20% dan 30% juga terjadi penurunan meskipun nilainya lebih besar dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni (D100). Viskositas yang tinggi pada jatropa memperburuk efektifitas penginjeksian bahan bakar sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar [18]. Selain itu, nilai kalor yang lebih rendah dari bahan bakar solar merupakan penyebab nilai BSFC bahan bakar solar campuran jatropa menjadi lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar murni (D100) [19]. Akan tetapi, adanya kandungan butanol mengurangi besarnya nilai BSFC mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa. Kandungan oksigen yang tinggi dan viskositas yang rendah pada butanol membantu dalam pembentukn campuran bahan bakar-udara menjadi homogen sehingga proses oksidasi pembakaran di ruang bakar menjadi sempurna. Hal ini menjadikan *brake power* meningkat dan BSFC mesin diesel menurun [20,11].

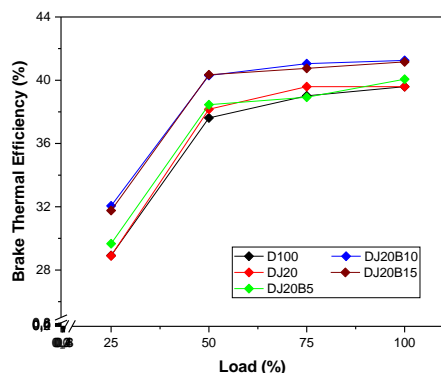
Pengujian BSFC dengan kandungan jatropa 10% dan butanol 5%, 10% dan 15% (Gambar 6) menunjukkan penurunan nilai BSFC dibandingkan D100. Penurunan

tertinggi terjadi pada penggunaan bahan bakat DJ10B10 sebesar 4,81% saat pembebanan mesin 100%. Sedangkan penurunan tertinggi pada penggunaan bahan bakar dengan campuran jatropa 20% (Gambar 7) terlihat pada bahan bakar DJ20B15 sebesar 3,16% saat pembebanan 25%. Pengujian BSFC dengan kandungan jatropa 30% juga terlihat menurun meskipun nilainya lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar murni (D100).

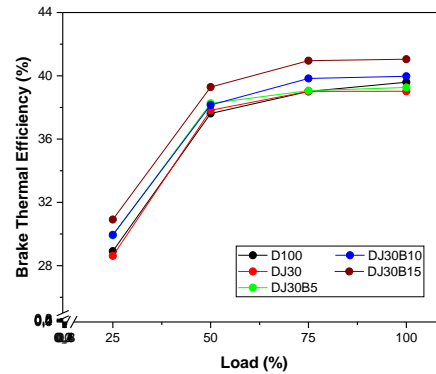
3. *Brake thermal efficiency* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10%, 20%, 30% dan butanol 5%, 10%, dan 15%.



Gambar 9. *Brake thermal efficiency* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 10% dan butanol 5%,10%,15%



Gambar 10. *Brake thermal efficiency* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 20% dan butanol 5%,10%,15%



Gambar 11. *Brake thermal efficiency* mesin diesel berbahan bakar solar dengan kandungan jatropa 30% dan butanol 5%,10%,15%

Pengaruh butanol pada bahan bakar solar campuran jatropa 10%, 20% dan 30% terhadap *brake thermal efficiency* (BTE) terlihat pada Gambar 9. Gambar 10, dan Gambar 11. Secara umum, BTE mesin diesel mengalami peningkatan seiring kenaikan pembebanan mesin. Hal ini terjadi pada tendensi *brake power* yang meningkat dan *brake specific fuel consumption* yang menurun [21]. Adanya kandungan oksigen menambah durasi ignition delay dan durasi proses pembakaran sehingga menghasilkan daya yang lebih baik dan *brake efficiency thermal* yang lebih baik [22,11,8].

Gambar 9 merupakan pemaparan hasil pengujian *brake thermal efficiency* (BTE) mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa 10% dan butanol 5%, 10%, dan 15%. Peningkatan nilai BTE tertinggi terjadi pada penggunaan bahan bakar solar campuran jatropa 10% dengan kandungan butanol 15% (DJ10B15) sebesar 8,7% saat pembebanan mesin 75%. Sedangkan peningkatan nilai *brake thermal efficiency* (BTE) mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa 20% dan butanol 5%, 10%, dan 15% (Gambar 10) terjadi pada bahan bakar dengan kandungan butanol 10% (DJ20B10) sebesar 10,85% saat pembebanan 25%. Peningkatan yang sama juga terjadi pada penggunaan bahan bakar dengan campuran jatropa 30% yaitu terjadi pada bahan bakaar dengan

kandungan butanol 15% (DJ30B15) sebesar 6,92% saat pembebanan 25%.

### Kesimpulan

*Brake power* mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa dan butanol lebih tinggi dibandingkan D100 kecuali dengan kandungan jatropa 30%. Peningkatan *brake power* tertinggi terjadi pada bahan bakar DJ10B15 sebesar 2,22% saat pembebanan 75%. *Brake spesific fuel consumption* mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa dan butanol lebih rendah dibandingkan D100 kecuali dengan kandungan jatropa 30%. Penurunan *Brake spesific fuel consumption* tertinggi terjadi pada bahan bakar DJ10B10 sebesar 4,81% saat pembebanan 100%. *Brake thermal efficiency* mesin diesel berbahan bakar solar campuran jatropa dan butanol lebih tinggi dibandingkan D100. Peningkatan *Brake thermal efficiency* tertinggi terjadi pada bahan bakar DJ20B10 sebesar 10,85% saat pembebanan 25%.

### Referensi

- [1] Syarifudin dan Syaiful, 2019. Daya dan emisi jelaga dari mesin diesel berbahan bakar solar-jatropa-buthanol. *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3.
- [2] Madiwale, S. et al., 2018. Properties investigation and performance analysis of a diesel engine fuelled with jatropa, soybean, palm and cottonseed biodiesel using ethanol as an additive. *Material Today: Proceedings* 5, pp. 657–664.
- [3] Lin, J., and Chen, Y., 2017. Production of biodiesel by transesterification of Jatropa oil with microwave heating. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 75, pp. 43–50.
- [4] Rashed, M.M. et al., 2016. Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with palm, jatropa, and moringa oil methyl ester. *Industrial Crops and Products* 79, pp. 70–76.
- [5] Gomaa, M. et al., 2011. Trade-off between nox, soot and egr rates for an IDI diesel engine fuelled with JB5. *Journal of Applied Sciences* 11, pp. 1987-1993.
- [6] Darmana, E. dkk., 2013. Pengaruh cold EGR terhadap brake power pada mesin diesel dengan bahan bakar campuran solar dan jatropa. *Eksergi Jurnal Teknik Energi*, vol. 9, no.3.
- [7] Hoang A.T. et al., 2019. A core correlation of spray characteristics, deposit formation, and combustion of a high-speed diesel engine fueled with Jatropa oil and diesel fuel. *Fuel* 244, pp. 159–175, 2019.
- [8] Isik M.Z. et al., 2017. The effect of n-butanol additive on low load combustion, performance and emissions of biodiesel-diesel blend in a heavy duty diesel power generator 90, pp. 174–184.
- [9] Syarifudin et al., 2018. Effect of butanol on fuel consumption and smoke emission of direct injection diesel engine fuelled by jatropa oil and diesel fuel blends with cold EGR system. *SHS Web of Conferences* 49, pp. 1–6.
- [10] Imtenan, S. et al., 2015. Effect of n-butanol and diethyl ether as oxygenated additives on combustion-emission-performance characteristics of a multiple cylinder diesel engine fuelled with diesel-jatropa biodiesel blend. *Energy Conversion and Management* 94, pp. 84–94.
- [11] Ibrahim, A., 2016. Performance and combustion characteristics of a diesel engine fuelled by butanol-biodiesel-diesel blends. *Applied Thermal Engineering* 103, pp. 651-659.
- [12] El-seesy, A.I., and Hassan, H. 2019. Investigation of the effect of adding graphene oxide, graphene nanoplatelet, and multiwalled carbon nanotube additives with n-butanol-Jatropa methyl ester on a diesel engine performance. *Renewable*

- Energy 132, pp. 558-574.
- [13] Heywood, J.B. 1988. Internal combustion engine fundamental, McGraw-Hill, Inc, United States of America.
- [14] Xue, J. et al., 2011. Effect of biodiesel on engine performances and emissions 15, pp. 1098-1116.
- [15] Syarifudin & Syaiful. Performance and soot emissions from direct injection diesel engine fueled by diesel-jatropha-butanol-blended diesel fuel Performance and soot emissions from direct injection diesel engine fueled by diesel-jatropha-butanol-blended diesel fuel. Journal Physich: Conference Series, 2020.
- [16] Algayyim, S.J.M. et al., 2018. Impact of butanol-acetone mixture as a fuel additive on diesel engine performance and emissions. Fuel 227, pp. 118–126.
- [17] Fayad, M. A. et al., 2017. Manipulating modern diesel engine particulate emission characteristics through butanol fuel blending and fuel injection strategies for efficient diesel oxidation catalysts. Applied Energy 190, pp. 490-500.
- [18] Ileri, E. 2016. Comparative analyses of n-butanol e rapeseed oil e diesel blend with biodiesel , diesel and biodiesel e diesel fuels in a turbocharged direct injection diesel engine. Journal of the Energy Institute 89, pp. 586-593.
- [19] Satsangi, D.P., and Tiwari, N. 2018. Experimental investigation on combustion, noise, vibrations, performance and emissions characteristics of diesel / n-butanol blends driven genset engine. Fuel 221, pp. 44-60.
- [20] Tan, Y.H., et al., 2017. Engine performance and emissions characteristics of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-bioethanol emulsions. Energy Conversion and Management 132, pp. 54-64.
- [21] Li, S. et al. 2019. Effects of gasoline and iso-butanol addition on combustion and pollutant emissions of a common-rail diesel engine at different injection timing. Fuel 256, pp. 1–11.
- [22] Huang, H. 2019. E f f e c t s of EGR rates on combustion and emission characteristics in a diesel engine with n-butanol / PODE 3-4 / diesel blends. Applied Thermal Engineering 146, pp. 212–222.