



## Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: [sinta.eng.unila.ac.id](http://sinta.eng.unila.ac.id)



# PENGARUH PEMANFAATAN MINYAK JAGUNG SEBAGAI BIODIESEL TERHADAP TORSI MESIN DIESEL TECUMSECH TD202

Herry Wardono<sup>1\*</sup>, Simparmin Br Ginting<sup>2</sup>, Trisya Septiana<sup>3</sup>, dan Agus Sriono<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brojonegoro no. 1 Bandar Lampung

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brojonegoro no. 1 Bandar Lampung

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brojonegoro no. 1 Bandar Lampung

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Diterima 12/11/2025

Direvisi 12/01/2026

#### Kata kunci:

solar-biodiesel

biodiesel minyak jagung

torsi mesin

### ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin Diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati antara lain minyak jagung. Ketersediaan bahan bakar minyak sangat terbatas dapat diatasi dengan melakukan pencampuran menggunakan biodiesel. Penggunaan energi alternatif biodiesel minyak jagung ini diharapkan nantinya dapat mengatasi ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran bahan bakar solar dan biodiesel terhadap torsi mesin Diesel 4 Langkah. Penelitian ini menggunakan variasi bahan bakar solar murni, B5, B10 dan B15 pada putaran mesin 1.000 rpm, 2.000 rpm dan 3.000 rpm dengan variasi bukaan katup laju aliran beban dinamometer 0,5; 1; dan 1,5 putaran. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Teknik Mesin, Universitas Lampung dengan menggunakan alat uji prestasi mesin yaitu mesin Diesel 4-Langkah TD202. Berdasarkan data dari hasil pengujian, diperoleh campuran terbaik pada bukaan katup 0,5 putaran adalah bahan bakar B10 dengan peningkatan nilai torsi sebesar 200%, pada bukaan katup 1,0 putaran adalah bahan bakar B15 dengan peningkatan nilai torsi sebesar 45,6%, begitu pula pada bukaan katup 1,5 putaran adalah bahan bakar B15 dengan peningkatan nilai torsi sebesar 51,7%.

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi nasional yang terus meningkat, seiring dengan menurunnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan, mendorong pengembangan serta pemanfaatan bahan bakar alternatif yang berkelanjutan. Pada sektor transportasi dan industri, mesin diesel masih menjadi penggerak utama karena efisiensi, daya tinggi, dan keandalannya. Namun demikian, penggunaan solar berbasis fosil berkontribusi terhadap emisi gas buang yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya substitusi bahan bakar diesel

konvensional dengan bahan bakar terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan dapat diaplikasikan pada mesin eksisting.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani menjadi fatty acid methyl ester (FAME), yang memiliki karakteristik mendekati solar. Salah satu bahan baku biodiesel yang potensial adalah minyak jagung (corn oil). Biodiesel minyak jagung memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya alternatif bahan bakar diesel yang potensial. Minyak jagung diperoleh dari produk samping pengolahan jagung,

terutama dari *corn germ* pada proses *wet milling* serta *distillers corn oil* dari industri bioetanol, sehingga pemanfaatannya sebagai biodiesel tidak bersaing langsung dengan kebutuhan pangan dan mendukung konsep ekonomi sirkular, dimana limbah diminimalkan dan nilai tambah dimaksimalkan (Veljković dkk., 2018; GEA Grup, 2020), serta memiliki komposisi asam lemak yang sesuai untuk menghasilkan biodiesel dengan kualitas pembakaran yang baik (Veljković dkk., 2018). Selain itu, biodiesel minyak jagung bersifat terbarukan dan ramah lingkungan, dengan potensi pengurangan emisi gas rumah kaca secara siklus hidup dibandingkan solar berbasis fosil (Wang dkk., 2015).

Dari sisi kinerja mesin, berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel minyak jagung dalam campuran rendah hingga menengah (B5–B20) mampu mempertahankan torsi dan daya engkol mesin diesel pada kisaran yang sebanding dengan solar, bahkan pada kondisi tertentu menunjukkan peningkatan ringan akibat kandungan oksigen dalam biodiesel yang memperbaiki proses pembakaran (Balamurugan dan Sathishkumar, 2018; Siswanti dan Musta'in, 2016). Hasil yang lebih baik terlihat dari penelitian yang dilakukan oleh Suardi dkk. (2019), yang memperlihatkan bahwa pemanfaatan minyak jagung sebagai biodiesel sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin diesel. Konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc) mampu direduksi sebesar 52% pada beban maksimum. Selain itu, torsi yang dihasilkan juga lebih besar, sehingga mampu menaikkan daya engkol sebesar 54%. Keunggulan lain biodiesel minyak jagung adalah sifat pelumasan (lubricity) yang lebih baik dibandingkan bahan bakar diesel, sehingga berpotensi mengurangi keausan komponen sistem injeksi bahan bakar (Knothe dan Steidley, 2005). Hal yang menarik, biodiesel minyak jagung dapat digunakan tanpa modifikasi mesin, khususnya pada campuran rendah, sehingga implementasinya relatif mudah dan ekonomis (Agarwal, 2007). Karakteristik emisi yang lebih bersih, seperti penurunan emisi CO, HC, dan partikulat, juga menjadi nilai tambah penting dalam upaya memenuhi regulasi emisi yang semakin ketat (Lin dkk., 2011).

Secara regional, Provinsi Lampung merupakan salah satu sentra produksi jagung di Indonesia dengan tingkat produksi yang signifikan. Data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024) menunjukkan bahwa Provinsi Lampung mencatat produksi jagung lebih dari satu juta ton, yaitu sekitar 1.107.739 ton, sehingga menempatkan provinsi ini sebagai salah satu daerah penghasil jagung utama di Indonesia. Kondisi tersebut mendukung ketersediaan bahan baku lokal yang berkelanjutan untuk pengembangan skema biodiesel berbasis minyak jagung, khususnya dalam

hal penguatan rantai pasok dan hilirisasi komoditas pertanian daerah (BPS Provinsi Lampung, 2024).

Kementerian Pertanian dan pemangku kepentingan agrikultur memproyeksikan tren produksi jagung yang tetap positif dalam beberapa tahun mendatang, disertai upaya peningkatan area tanam, produktivitas, serta hilirisasi untuk mencapai target swasembada dan potensi ekspor. Pemerintah pusat menetapkan berbagai program peningkatan produksi jagung melalui perluasan areal tanam, intensifikasi budidaya, dan dukungan teknologi, sehingga produksi jagung nasional diperkirakan terus meningkat, mencerminkan sinyal ketersediaan stok jagung yang relatif stabil untuk jangka menengah (Badan Pusat Statistik, 2025; Kompas.com, 2025).

Dari perspektif ketahanan pasokan, beberapa faktor yang mendukung ketersediaan jagung di Provinsi Lampung meliputi luas lahan panen yang relatif besar pada kabupaten-kabupaten sentra produksi, seperti Lampung Selatan, Way Kanan, dan Lampung Tengah, yang secara konsisten menjadi kontributor utama produksi jagung daerah. Selain itu, dukungan program pemerintah melalui penyediaan dan perbaikan input pertanian, termasuk benih unggul, pupuk bersubsidi, mekanisasi pertanian, serta penguatan kelembagaan petani, turut meningkatkan produktivitas dan stabilitas pasokan jagung. Upaya hilirisasi komoditas pertanian yang didorong oleh pemerintah pusat dan daerah semakin memperkuat potensi pemanfaatan jagung sebagai bahan baku industri. Oleh karena itu, potensi minyak jagung sebagai bahan baku biodiesel secara regional dinilai cukup menjanjikan untuk dikembangkan pada skala lokal hingga klaster industri kecil dan menengah (BPS Provinsi Lampung, 2024).

Dalam kajian kinerja mesin diesel, torsi mesin merupakan parameter penting yang menggambarkan kemampuan mesin dalam menghasilkan gaya puntir pada poros engkol. Besarnya torsi sangat berpengaruh terhadap kemampuan akselerasi, daya angkut, serta kinerja mesin pada berbagai kondisi beban dan putaran (Heywood, 1988). Selain itu, karakteristik bahan bakar, seperti nilai kalor, viskositas, densitas, dan kandungan oksigen, berperan signifikan dalam proses atomisasi bahan bakar, pembentukan campuran udara–bahan bakar, serta proses pembakaran di dalam silinder, yang pada akhirnya mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan mesin diesel (Agarwal, 2007; Knothe dkk., 2010).

Selain aspek kinerja mesin, pemanfaatan biodiesel berbasis minyak jagung juga memiliki relevansi yang kuat terhadap kebijakan energi nasional. Pemerintah Indonesia melalui kebijakan mandatori biodiesel secara berkelanjutan mendorong peningkatan pemanfaatan bahan bakar nabati guna mengurangi ketergantungan terhadap impor solar dan

\*Herry Wardono

E-mail: herry.wardono@eng.unila.ac.id.

meningkatkan porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional (Kementerian ESDM, 2024). Dalam konteks tersebut, eksplorasi bahan baku biodiesel non-konvensional, seperti minyak jagung, menjadi penting sebagai upaya diversifikasi sumber bahan baku biodiesel nasional serta penguatan ketahanan energi berbasis sumber daya lokal (Atabani dkk., 2012). Kajian performa mesin diesel, khususnya parameter torsi, menjadi indikator teknis utama untuk memastikan bahwa biodiesel minyak jagung dapat diaplikasikan pada mesin diesel konvensional tanpa menurunkan kinerja operasional, sehingga mendukung implementasi biodiesel secara luas di sektor transportasi dan industri (Knothe dkk., 2005; Lapuerta dkk., 2008).

Di sisi lain, kajian torsi mesin juga memiliki keterkaitan erat dengan efisiensi operasional dan umur pakai mesin. Perubahan karakteristik torsi akibat penggunaan biodiesel dapat mempengaruhi respon mesin terhadap beban, kestabilan putaran, serta konsumsi bahan bakar (Knothe dkk., 2006; Lapuerta et al., 2008). Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai pengaruh biodiesel minyak jagung terhadap torsi mesin diesel tidak hanya penting dari sudut pandang performa, tetapi juga dari aspek keandalan dan keberlanjutan operasi mesin dalam jangka panjang (Agarwal, 2007).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai pemanfaatan biodiesel minyak jagung terhadap torsi mesin diesel menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan biodiesel minyak jagung dan campurannya dengan solar terhadap karakteristik torsi mesin diesel pada berbagai kondisi operasi (Lapuerta dkk., 2008; Agarwal, 2007). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan biodiesel berbasis minyak jagung, serta menjadi dasar pertimbangan teknis dalam penerapan bahan bakar terbarukan pada mesin diesel di sektor transportasi dan industri di Indonesia, sejalan dengan kebijakan pengembangan energi terbarukan nasional (Knothe dkk., 2006; Kementerian ESDM, 2023).

Selain itu, kajian mengenai torsi mesin juga berkaitan erat dengan karakteristik pembakaran yang terjadi di dalam silinder. Perubahan laju pelepasan panas, waktu penyalaan (*ignition delay*), dan tekanan puncak silinder akibat penggunaan biodiesel dapat tercermin pada perubahan kurva torsi mesin (Heywood, 1988; Lapuerta dkk., 2008). Biodiesel minyak jagung yang memiliki bilangan setana relatif lebih tinggi dibandingkan solar fosil berpotensi memperpendek *ignition delay*, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung lebih terkendali dan stabil pada kondisi tertentu (Knothe, 2005; Agarwal, 2007).

Kajian torsi mesin diesel berbahan bakar biodiesel minyak jagung juga penting untuk mendukung implementasi bahan bakar alternatif pada mesin diesel konvensional tanpa perubahan desain utama. Informasi mengenai perubahan atau kestabilan torsi akibat penggunaan biodiesel akan memberikan keyakinan bagi pengguna dan pemangku kepentingan bahwa pemanfaatan biodiesel minyak jagung tidak menurunkan kemampuan kerja mesin. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat argumen teknis mengenai kelayakan biodiesel minyak jagung sebagai bahan bakar substitusi solar yang berkelanjutan dan aplikatif di Indonesia, sejalan dengan upaya peningkatan pemanfaatan energi terbarukan nasional.

## 2. Metodologi

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar solar murni dan campuran bahan bakar biodiesel minyak jagung dengan komposisi B5 (biodiesel 5% dan solar 95%), B10 (biodiesel 10% dan solar 90%) dan B15 (biodiesel 15% dan solar 85%). Penelitian ini menggunakan tiga variasi putaran mesin yaitu 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm dan menggunakan tiga variasi bukaan katup dinamometer yaitu 0,5 putaran, 1 putaran dan 1,5 putaran.

### 2.1 Persiapan Penelitian

Adapun persiapan dan metode pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Membuat campuran bahan bakar Biodiesel minyak jagung dibuat melalui proses transesterifikasi dengan komposisi 500 ml minyak jagung, 130 ml methanol dan 5 gram NaOH. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Biodiesel Minyak Jagung

2. Menyiapkan dan memeriksa mesin Diesel yang digunakan. Pada penelitian ini, mesin diesel yang digunakan adalah mesin Diesel 4-

langkah TD202 satu silinder, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Diesel 4-Langkah TD202

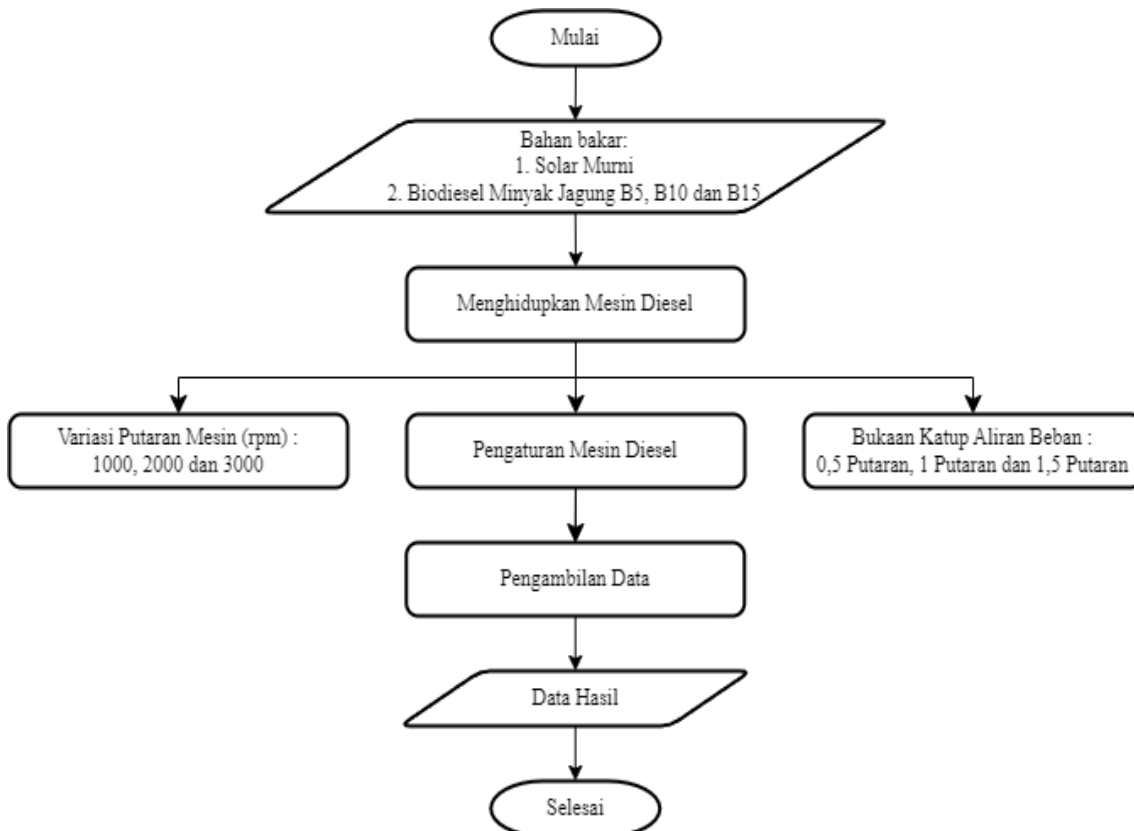
Mesin diesel ini dilengkapi oleh alat instrumentasi VDAS (*Versatile Data Acquisition System*), seperti terlihat pada Gambar 3. Perangkat lunak *Tecquipment* VDAS adalah aplikasi khusus yang digunakan bersama dengan unit instrument VDAS. Fungsi utama *software* ini adalah untuk menjalankan perintah program pengujian mesin dan yang paling penting menampilkan hasil perhitungan semua parameter data yang telah diakuisisi. VDAS merupakan sistem panel instrumen pelengkap yang berperan penting dalam pengambilan data prestasi

mesin Diesel. Instrumen ini berfungsi untuk mengukur dan menampilkan berbagai parameter penting, seperti torsi, daya engkol, (*brake power*), konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*), serta kondisi operasional seperti temperatur udara lingkungan dan temperatur gas buang. Selain itu, VDAS juga mengukur tekanan diferensial pada *airbox* dan tekanan udara lingkungan.



Gambar 3. Unit Instrumentasi VDAS

3. Mengetahui prestasi mesin dari mesin diesel ini dengan variasi campuran bahan bakar yang digunakan. Prosedur pengujian parameter prestasi mesin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prestasi Mesin (Torsi) Mesin Diesel TD202

Mesin diesel yang digunakan memiliki spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.1 Spesifikasi Mesin Diesel TD202

Data	Spesifikasi
Jenis	4 tak, 1 silinder
Dimensi	Lebar 400 mm Tinggi 450 mm kedalaman 350mm
Jenis bahan bakar	Solar
Saluran keluar knalpot	Nominalnya 1" BSP
Sistem pengapian	Tidak ada - solar
Kekuatan maksimum	3,5 kW (4,8 hp) pada 3600 putaran menit-1
Nilai Daya Berkelanjutan	3,1 kW pada 3000 putaran min-1
Diameter Silinder	69 mm
Radius Engkol	62 mm/31 mm
Kapasitas Mesin	232 cm <sup>3</sup> (0,232 L) atau 232 cc
Rasio Kompresi	22:01
Jenis Minyak	Kelas Multigrade SAE 5 W – 40
Kapasitas Minyak	0,9 Liter (mesin standar)

### 2.1 Prosedur Pengambilan Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan bakar solar murni dan bahan bakar campuran solar dan biodiesel persentase B5, B10 dan B15 yaitu sebagai pembandingan kinerja prestasi mesin. Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 5 kali pada setiap pengujian. Dengan menggunakan variasi putaran mesin 1000 rpm, 2000 rpm, dan 3000 rpm dengan beban 0,5, 1 dan 1,5 putaran katup dinamometer. Setiap pergantian bahan bakar, harus dilakukan pengurasan tangki bahan bakar hingga tidak terdapat sisa bekas dari bahan bakar sebelumnya dan memastikan tidak terdapat gelembung udara didalam selang saluran bahan bakar ke Unit Instrumentasi VDAS dan saluran bahan bakar menuju mesin. Jika terdapat gelembung udara pada selang, maka terlebih dahulu mengeluarkan gelembung udara tersebut dengan cara mencopot selang bahan bakar dari mesin lalu mengeluarkan bahan bakar sedikit demi sedikit sampai tidak ada lagi gelembung udara didalam selang lalu memasang selang kembali. Sebelum memasukkan bahan bakar solar sebagai kalibrasi bahan bakar agar bahan bakar yang masih tersisa dalam mesin Diesel terganti dengan solar kembali. Volume bahan bakar yang digunakan dalam pengkalibrasian ini adalah 8 ml. Setelah proses pengkalibrasian selesai, maka tangki dikuras kembali dengan prosedur yang sama dan memasukkan kembali bahan bakar selanjutnya untuk memulai pengujian berikutnya.

Pertama-tama pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar Solar murni (B0). Setelah mesin dipanaskan, dinamometer dibuka 0,5 putaran dan putaran mesin diatur pada 1000 rpm. Data pengujian direkam dengan pengulangan sebanyak 5 kali. Pengujian dilanjutkan pada bukaan dinamometer 1,0

putaran, setelah itu pada bukaan 1,5 putaran. Pengujian berikutnya menggunakan bahan bakar Biodiesel B5. Tangki bahan bakar dikuras bersih dan dipastikan tidak ada gelembung udara pada salurannya. Setelah mesin dipanaskan, pengujian dilakukan sama seperti pada pengujian bahan bakar Solar murni tadi. Semua data torsi yang diperoleh (5 pengulangan) direkam. Pengujian berikutnya menggunakan bahan bakar B10 dan B15, dengan prosedur yang sama seperti pengujian menggunakan biodiesel B5. Data torsi yang diperoleh (5 pengulangan) juga direkam.

Setelah pengujian pada operasi putaran mesin 1000 rpm selesai dilaksanakan, pengujian dilanjutkan pada operasi putaran mesin 2000 rpm menggunakan Solar murni, B5, B10, dan B15 dengan prosedur yang sama seperti pengujian pada 1000 rpm. Semua data torsi yang diperoleh (5 pengulangan) juga direkam. Pengujian terakhir dilakukan pada operasi putaran mesin 3000 rpm dengan prosedur yang sama seperti pengujian pada 2000 rpm. Semua data torsi yang diperoleh (5 pengulangan) juga direkam.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

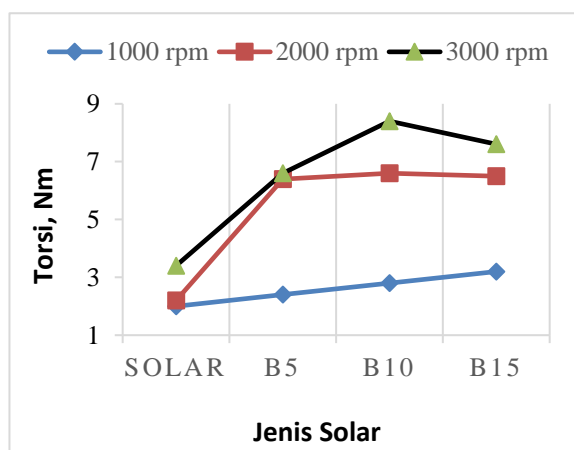
Pemanfaatan biodiesel minyak jagung pada Mesin Diesel Tecumseh TD202 mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap torsi yang dihasilkan pada berbagai variasi putaran mesin dan variasi bukaan katub beban dinamometer. Peningkatan komposisi biodiesel dari B5 hingga B15 cenderung meningkatkan torsi mesin, meskipun besarnya peningkatan tidak selalu linear pada setiap kondisi operasi. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik pembakaran biodiesel berbasis minyak jagung mampu meningkatkan kualitas pembakaran.

\*Herry Wardono

E-mail: herry.wardono@eng.unila.ac.id.

### 3.1 Bukaan Katup Beban Dinamometer 0,5 Putaran

Pada beban rendah ini, peningkatan torsi akibat penggunaan biodiesel minyak jagung terlihat sangat signifikan, terutama pada putaran 2000 rpm dan 3000 rpm, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan torsi hasil untuk bukaan katup beban dynamometer 0,5 putaran

Tabel 1. Data hasil pengujian untuk bukaan katup beban dynamometer 0,5 putaran

Jenis Biodiesel	Torsi Dihasilkan, Nm			Peningkatan Torsi, %		
	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm
Solar	2	2,2	3,4			
B5	2,4	6,4	6,6	20	190,91	94,12
B10	2,8	6,6	8,4	40	200	147,06
B15	3,2	6,5	7,6	60	195,45	123,53

Pada operasi mesin putaran rendah 1000 rpm, torsi Solar sebesar 2 Nm meningkat menjadi 2,4–3,2 Nm pada campuran biodiesel. Peningkatan torsi mencapai 20% pada B5 dan melonjak hingga 60% pada B15. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pada putaran rendah, biodiesel mampu meningkatkan efisiensi pembakaran melalui kandungan oksigen alaminya. Hasil yang lebih baik lagi terjadi pada operasi mesin putaran sedang 2000 rpm, dimana pada 2000 rpm, terjadi peningkatan nilai torsi mesin yang ekstrem. Dari torsi Solar 2,2 Nm, torsi biodiesel meningkat menjadi 6,4–6,6 Nm, atau meningkat sebesar 190,91–200% dibanding saat pengujian menggunakan Solar. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa pada beban rendah dan putaran sedang, pembakaran biodiesel minyak jagung berlangsung lebih stabil dan lebih sempurna dibandingkan Solar.

Selain itu, pada pengujian operasi mesin putaran tinggi 3000 rpm, peningkatan nilai torsi mesin juga sangat ekstrim, namun sedikit lebih rendah bila dibandingkan nilai torsi yang terjadi pada operasi mesin putaran sedang 2000 rpm. Nilai torsi Solar 3,4

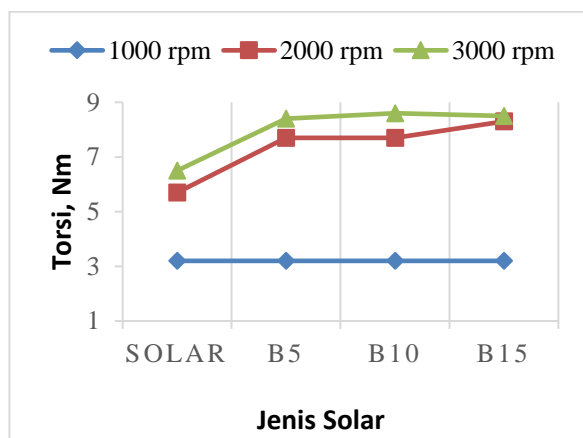
Penggunaan biodiesel minyak jagung pada semua komposisi mampu meningkatkan nilai torsi mesin. Pada operasi putaran mesin 1000 rpm, semakin tinggi komposisi biodiesel minyak jagung dalam campuran, maka semakin tinggi pula nilai torsi mesin yang dihasilkan. Sedangkan pada putaran 2000 rpm dan putaran 3000 rpm, peningkatan komposisi biodiesel minyak jagung dalam campuran tidak selalu memberikan nilai torsi mesin yang lebih tinggi. Nilai torsi mesin tertinggi justru pada komposisi 10% (biodiesel B10), lalu diikuti campuran B15, seperti terlihat pada Gambar 5.

Sementara itu, besarnya selisih atau peningkatan nilai torsi mesin yang terjadi pada pengujian bukaan katup beban dynamometer 0,5 putaran dapat dilihat pada Tabel 1.

Nm meningkat menjadi 6,6–8,4 Nm pada pengujian menggunakan biodiesel minyak jagung. Peningkatan tertinggi terjadi pada B10 yaitu mampu meningkat sebesar 8,4 Nm (meningkat sebesar 147,06%), disusul B15 (123,53%). Hasil ini menegaskan bahwa pada putaran tinggi 3000 rpm, kandungan oksigen biodiesel memperbaiki proses penyalaan dan kecepatan pembakaran. Secara keseluruhan pada pengujian bukaan katup beban 0,5 putaran, campuran B10 memberikan peningkatan kinerja mesin paling optimal pada operasi mesin putaran sedang dan putaran tinggi, sedangkan B15 mendominasi pada putaran rendah.

### 3.2. Bukaan Katup Beban Dynamometer 1 Putaran

Pada beban sedang, peningkatan torsi akibat penggunaan biodiesel minyak jagung juga terlihat sangat signifikan, terutama pada putaran sedang 2000 rpm dan tinggi 3000 rpm, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan torsi hasil untuk bukaan katup beban dynamometer 1 putaran

Dari Gambar 6 terlihat bahwa penggunaan biodiesel minyak jagung pada semua komposisi juga mampu meningkatkan nilai torsi mesin pada operasi mesin putaran sedang 2000 rpm dan putaran tinggi 3000 rpm, semakin tinggi komposisi biodiesel minyak

jagung dalam campuran, cenderung semakin tinggi pula nilai torsi mesin yang dihasilkan. Akan tetapi, pada operasi putaran mesin rendah 1000 rpm tidak demikian halnya, meningkatnya komposisi biodiesel minyak jagung dalam campuran tidak memberikan peningkatan nilai torsi mesin. Sama halnya seperti nilai torsi yang dihasilkan pada pengujian bukaan katub beban dynamometer 0,5 putaran, pengujian pada bukaan katub beban dynamometer 1 putaran juga tidak selalu memberikan peningkatan nilai torsi mesin saat menggunakan komposisi biodiesel minyak jagung yang lebih tinggi. Peningkatan nilai torsi tertinggi justru terjadi pada operasi mesin menggunakan biodiesel komposisi 10% (B10) untuk pengujian pada putaran tinggi 3000 rpm, sedangkan pada pengujian operasi mesin sedang 2000 rpm, peningkatan nilai torsi mesin tertinggi terjadi pada campuran B15, seperti terlihat pada Gambar 6. Sementara itu, besarnya selisih atau peningkatan nilai torsi mesin yang terjadi pada pengujian bukaan katub beban dynamometer 1 putaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Torsi hasil pengujian untuk bukaan katup beban dynamometer 1 putaran

Jenis Biodiesel	Torsi Dihasilkan, Nm			Peningkatan Torsi, %		
	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm
Solar	3,2	5,7	6,5			
B5	3,2	7,7	8,4	0	35,09	29,23
B10	3,2	7,7	8,6	0	35,09	32,31
B15	3,2	8,3	8,5	0	45,61	30,77

Dari Tabel 2 terlihat bahwa torsi yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar Solar meningkat signifikan (3,2–6,5 Nm), dan penggunaan biodiesel minyak jagung memberikan efek peningkatan torsi yang lebih moderat dibanding beban ringan. Berbeda halnya dengan hasil pengujian torsi mesin pada bukaan katub beban dynamometer 0,5 putaran, semua variasi pencampuran biodiesel minyak jagung pada operasi putaran mesin rendah 1000 rpm menunjukkan torsi hasil yang sama (tidak terjadi peningkatan torsi mesin) dengan Solar (3,2 Nm). Hal ini berarti bahwa pada beban sedang dan putaran rendah, kontribusi energi dari biodiesel minyak jagung belum terlihat signifikan, kemungkinan akibat densitas energi biodiesel yang sedikit lebih rendah.

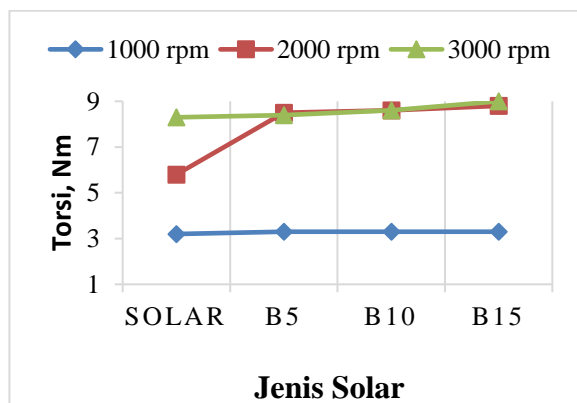
Sementara itu, pada pengujian operasi mesin putaran sedang 2000 rpm, torsi mesin yang dihasilkan saat menggunakan biodiesel meningkat sekitar 35% pada penggunaan biodiesel B5 dan B10, dan memberikan hasil torsi yang lebih tinggi pada penggunaan biodiesel B15 yaitu sebesar 45,61%. Peningkatan ini

menunjukkan bahwa campuran biodiesel memperbaiki kualitas pembakaran pada putaran sedang, dengan biodiesel B15 sebagai formulasi yang paling menguntungkan. Peningkatan torsi mesin yang cukup signifikan juga terjadi pada pengujian operasi mesin putaran tinggi 3000 rpm. Pada pengujian putaran tinggi 3000 rpm, terjadi peningkatan torsi antara 29–32%, dengan nilai tertinggi terjadi pada penggunaan biodiesel B10 (32,31%). Biodiesel konsentrasi sedang (B10) tampaknya memberikan kondisi pembakaran yang paling sesuai pada putaran tinggi di beban sedang. Dengan demikian, pada bukaan katub beban dynamometer 1 putaran, biodiesel B15 unggul pada putaran menengah, sementara B10 lebih optimal pada putaran tinggi.

### 3.3. Bukaan Katup Beban Dynamometer 1,5 Putaran

Peningkatan torsi mesin yang terjadi saat menggunakan biodiesel minyak jagung juga terlihat sangat signifikan pada operasi beban tinggi,

terutama pada putaran sedang 2000 rpm dan tinggi 3000 rpm, sedangkan pada operasi putaran rendah 1000 rpm hanya sedikit peningkatan torsi yang mampu diberikan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan torsi hasil untuk bukaan katup beban dynamometer 1,5 putaran

Berdasarkan Gambar 7, penggunaan biodiesel minyak jagung pada berbagai komposisi menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai torsi mesin yang signifikan, terutama pada operasi putaran sedang (2000 rpm). Secara umum, semakin tinggi komposisi

biodiesel minyak jagung dalam campuran bahan bakar, semakin besar pula nilai torsi mesin yang dihasilkan pada kondisi putaran ini. Namun, pada operasi putaran tinggi (3000 rpm) dan putaran mesin rendah (1000 rpm), peningkatan komposisi biodiesel minyak jagung tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan nilai torsi mesin. Hasil torsi mesin yang diperoleh berbeda dengan hasil pengujian pada bukaan katup beban dynamometer 0,5 putaran dan 1 putaran, di mana pengujian pada bukaan katup beban dynamometer 1,5 putaran menghasilkan peningkatan nilai torsi mesin yang seragam untuk semua variasi komposisi biodiesel minyak jagung pada operasi putaran mesin rendah. Dengan kata lain, penambahan komposisi biodiesel dalam campuran bahan bakar tidak memberikan pengaruh pada peningkatan torsi mesin. Sementara itu, pada operasi putaran mesin tinggi diperoleh semakin tinggi komposisi biodiesel minyak jagung mampu meningkatkan nilai torsi mesin, walaupun tidak terlalu signifikan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.

Selanjutnya, besarnya selisih atau peningkatan nilai torsi mesin yang terjadi pada pengujian bukaan katup beban dynamometer 1,5 putaran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Torsi hasil pengujian untuk bukaan katup beban dynamometer 1,5 putaran

Jenis Biodiesel	Torsi Dihasilkan, Nm			Peningkatan Torsi, %		
	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm
Solar	3,2	5,8	8,3			
B5	3,3	8,5	8,4	3,12	46,55	1,20
B10	3,3	8,6	8,6	3,12	48,28	3,61
B15	3,3	8,8	9	3,12	51,72	8,43

Berdasarkan Tabel 3, nilai torsi yang dihasilkan pada saat menggunakan minyak jagung memberikan efek peningkatan torsi yang lebih tinggi dibanding beban rendah dan beban sedang. Pada operasi beban tinggi (bukaan katup beban dynamometer 1,5 putaran), mesin bekerja dalam kondisi mendekati pembebanan maksimum, sehingga efek penggunaan biodiesel lebih terlihat pada kestabilan pembakaran.

Nilai torsi yang dihasilkan pada operasi beban tinggi yang berlangsung pada putaran rendah 1000 rpm, torsi meningkat sedikit dari 3,2 Nm (menggunakan Solar) menjadi 3,3 Nm (menggunakan biodiesel B5, B10, dan B15), atau hanya meningkatkan nilai torsi mesin sekitar 3,12%. Hasil ini menggambarkan bahwa penambahan komposisi biodiesel dalam campuran bahan bakar tidak memberikan efek meningkatnya nilai torsi

mesin. Hal ini menunjukkan bahwa pada operasi beban tinggi, putaran rendah terlalu menekan proses pembakaran sehingga keuntungan oksigen biodiesel belum termanfaatkan sepenuhnya.

Sementara itu, pada operasi putaran 2000 rpm, peningkatan torsi mesin jauh lebih signifikan. Penggunaan Solar mampu membangkitkan torsi sebesar 5,8 Nm, sedangkan biodiesel mampu membangkitkan nilai torsi mesin sebesar 8,5–8,8 Nm. Peningkatan torsi mesin pada biodiesel B5 sekitar 46,55%, sebesar 48,28% (biodiesel B10), dan berkisar 51,72% (biodiesel B15). Dari hasil ini terlihat bahwa peningkatan torsi mesin tertinggi dicapai pada biodiesel B15. Kombinasi operasi beban tinggi pada putaran sedang memungkinkan biodiesel terbakar lebih sempurna.

Selanjutnya pada operasi putaran tinggi 3000 rpm, nilai torsi mesin yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan saat menggunakan Solar murni. Nilai torsi mesin juga mampu ditingkatkan lebih tinggi saat menggunakan biodiesel dengan komposisi yang lebih tinggi, walaupun tidak terlalu signifikan. Torsi mesin yang mampu dihasilkan saat menggunakan biodiesel mencapai 8,4–9 Nm dari 8,3 Nm saat menggunakan bahan bakar Solar murni. Penggunaan biodiesel mampu meningkatkan torsi mesin sekitar 1,20–8,43% dibandingkan saat menggunakan Solar murni. Peningkatan torsi mesin terbesar terjadi pada penggunaan biodiesel B15 yaitu meningkat sebesar 8,43%. Hasil ini menunjukkan bahwa pada operasi beban tinggi dan berlangsung pada putaran tinggi, penggunaan biodiesel dosis tinggi memberikan efisiensi termal yang lebih baik. Secara umum dapat digambarkan bahwa pada operasi beban tinggi 1,5 putaran, penggunaan biodiesel B15 mampu memberikan peningkatan torsi mesin terbaik pada semua putaran mesin, terutama pada putaran sedang dan tinggi.

### Kesimpulan

Dari seluruh data hasil pengujian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan biodiesel minyak jagung terbukti mampu meningkatkan torsi mesin pada berbagai kondisi pengujian, tanpa harus dilakukannya modifikasi mesin. Efek peningkatan torsi mesin paling besar terjadi pada beban rendah (bukaan katub beban dinamometer 0,5 putaran) dan yang berlangsung pada putaran mesin sedang (2000 rpm) dan putaran tinggi (3000 rpm). Penggunaan biodiesel B10 mampu memberikan kinerja mesin optimal pada operasi beban rendah dan sedang, terutama yang berlangsung pada putaran tinggi. Selanjutnya biodiesel B15 menjadi campuran terbaik pada operasi beban tinggi dengan peningkatan torsi paling konsisten.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A. K. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33, 233–271. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2006.08.003>
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., dan Mekhilef, S. 2012. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070–2093. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.003>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2024. *Statistik tanaman pangan Provinsi Lampung*. Bandar Lampung: BPS Provinsi Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Luas panen dan produksi jagung menurut provinsi di Indonesia* [Press release]. Badan Pusat Statistik RI. Badan Pusat Statistik Indonesia
- Balamurugan, T., Arun, A., dan Sathishkumar, G. B. 2018. Biodiesel derived from corn oil – A fuel substitute for diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.032>
- GEA Group. 2020. *Distillers corn oil: Uses, production and benefits*. GEA Group.
- Heywood, J. B. 1988. *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill Education, New York.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2023. *Kebijakan mandatori biodiesel dan pengembangan bioenergi nasional*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2024. *Statistik energi Indonesia 2024*. Jakarta: Kementerian ESDM RI.
- Knothe, G., dan Steidley, K. R. 2005. Lubricity of biodiesel and renewable diesel. *Energy & Fuels*, 19, 1192–1200. <https://doi.org/10.1021/ef049684c>
- Kompas.com. (5 November 2025). *Produksi jagung nasional 2025 naik 9,34 persen, capai 16,55 juta ton*. <https://kilaskementerian.kompas.com/kementan/read/2025/11/05/084348226/produksi-jagung-nasional-2025-naik-934-persen-capai-1655-juta-ton>
- Lapuerta, M., Armas, O., dan Rodríguez-Fernández, J. 2008. Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(2), 198–223. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2007.07.001>
- Lin, X., Li, S., dan Liu, Y. 2011. Combustion and emission characteristics of biodiesel. *Renewable Energy*, 36, 295–300. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.06.036>
- Siswanti, H., dan Musta'in, M. 2016. Pengaruh campuran biodiesel minyak jagung terhadap unjuk kerja mesin diesel. *Techno Bahari*, 3(1).
- Suardi, Setiawan, W., Hidayat, T., Zakari, A., Ramadhan. 2019. Analisa Penggunaan Biodiesel Minyak Jagung Sebagai Campuran Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel. *Jurnal Inovtek Polbeng Vol. 9 No. 2. Balikpapan*.
- Veljković, V. B., Biberdžić, M. O., Banković-Ilić, I. B., Djalović, I. G., Tasić, M. B., Nježić, Z. B., dan Stamenković, O. S. 2018. *Biodiesel production*

\*Herry Wardono

E-mail: herry.wardono@eng.unila.ac.id.

*from corn oil: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 531–548. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.024>.

Wang, Z., Dunn, J. B., Han, J., dan Wang, M. Q. 2015. Influence of corn oil recovery on life-cycle greenhouse gas emissions. *Bioenergy Research*, 8, 137–146. <https://doi.org/10.1007/s12155-014-9512-0>