

**Analisa Pengaruh Penambahan *Dual Fuel* (Diesel-  
Hidrogen) pada Performa Mesin Diesel**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi Sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada Jurusan  
Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh

**Reyhan Moraliwa Arif**

**3331180036**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2024**



## TUGAS AKHIR

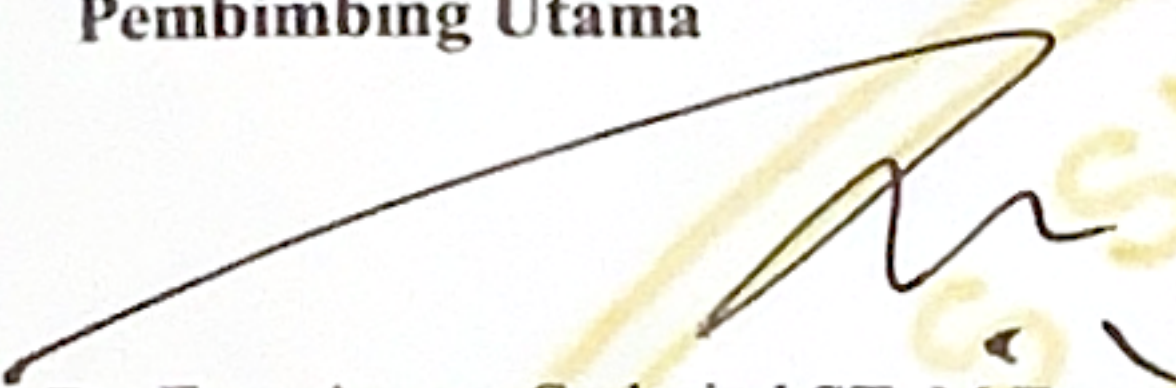
### Analisa Pengaruh Penambahan Dual Fuel (Diesel-Hidrogen) pada Performa Mesin Diesel

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

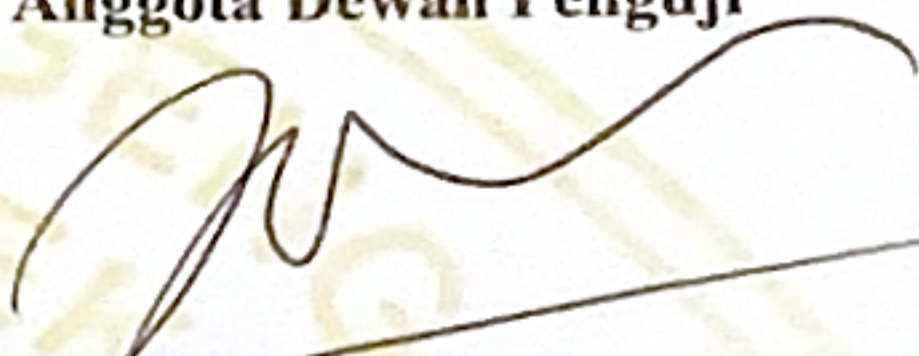
**Reyhan Moraliwa Arif**  
3331180036

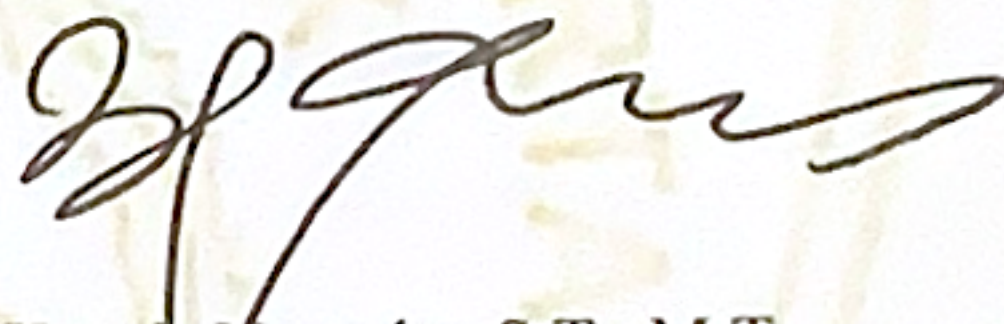
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 25 Juni 2024


**Pembimbing Utama**

  
Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST, M.Eng  
NIP.197505152014041001

**Anggota Dewan Penguji**

  
Prof. Dr. Eng. Ir. Hendra, S.T., M.T  
NIP.197311182003121000

  
Kurnia Nugraha, S.T., M.T  
NIP. 197401042001011001

  
Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST, M.Eng  
NIP.197505152014041001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

  
Tanggal, 04 September 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA  
  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP: 198305102012121006



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Reyhan Moraliwa Arif

NPM : 3331180036

Judul : Analisa Pengaruh Penambahan Dual Fuel (Diesel-Hidrogen) pada Performa Mesin Diesel

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa Skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Cielgon, 25 September 2024



Reyhan Moraliwa Arif  
NPM 3331180036



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya yang senantiasa melimpahkan berkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN DUAL FUEL (DIESEL-HIDROGEN) PADA PERFORMA MESIN DIESEL”. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang telah membawa para umat-Nya ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan ini. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Selama menyelesaikan studi dan menyusun skripsi ini, penulis telah mendapat banyak bantuan dalam bentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan dari berbagai sumber, baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara-saudara kandung yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk memenuhi segala kebutuhan penulis.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Dr. Eng. Agung Sudrajad, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan dari berbagai sumber, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis.
4. Bapak Dr. Kuntang Winangun, S.Pd., M.Pd. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan dari berbagai sumber, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis.
5. Ibu Miftahul Jannah S.T., M.T., selaku Dosen koordinator Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.



6. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan segala bentuk ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Angkatan 2018 beserta keluarga besar HMM FT. UNTIRTA yang telah memberikan semangat, serta dukungan selama masa perkuliahan.
8. Delsa Adewati Agraeni yang telah menjadi *support system* terbaik untuk menemani dan memberikan semangat untuk menyelesaikan penulisan skripsi pada titik akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan karena adanya keterbatasan penulis dalam hal kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan mengharapkan masukan dan saran yang membangun agar karya tulis selanjutnya dapat ditingkatkan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Cilegon, Juni 2024

Penulis



## ABSTRAK

Hidrogen dapat dijadikan sebagai terobosan untuk membantu memaksimalkan pembakaran dari pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna. Teknologi *dual fuel* merupakan pengembangan teknologi dengan dua bahan bakar dengan tujuan memaksimalkan proses pembakaran. Pengujian kali ini yang dilakukan adalah dengan mencampurkan bahan bakar mesin diesel dengan menambahkan gas hidrogen melalui saluran *intake* pada mesin diesel. Tujuan dilakukannya pengujian kali ini untuk mengetahui perbandingan daya, torsi, *Specific fuel consumption*, dan efisiensi thermal antara penggunaan bahan bakar tanpa campuran hidrogen (0 lpm) dan dengan adanya campuran hidrogen sebesar 2 lpm, 4 lpm dan 6 lpm pada putaran mesin 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm. Dari pengujian yang telah dilakukan, putaran mesin yang menghasilkan efisiensi terbaik pada saat 2000 rpm sedangkan laju aliran hidrogen yang menghasilkan nilai terbaik pada saat 6 lpm. Perbandingan antara mesin diesel tanpa campuran hidrogen (0 lpm) dan laju aliran 6 lpm pada saat putaran mesin 2000 rpm diantaranya daya 1,497 kW dan 1,651 kW, torsi 7,11 Nm dan 7,85, Sfc 0,926 kg/kWh dan 0,324 kg/kWh, efisiensi thermal 8,31% dan 21,68%. *Dual fuel* sangat berpengaruh pada nilai SFC dan efisiensi thermal dikarenakan adanya campuran bahan bakar hidrogen yang memiliki massa sangat kecil dan nilai kalor yang lebih besar dibandingkan dengan dextrite. Nilai kalor hidrogen yang tinggi dapat mengeluarkan energi yang lebih besar berdasarkan massa dari yang terbakar pada pembakaran.

**Kata Kunci :** *Dual Fuel*, Diesel, Hidrogen



## ABSTRACT

Hydrogen can be used as a breakthrough to help maximize the combustion of incomplete fuel. The dual fuel technology is the development of two-fuel technology with the aim of maximizing the burning process. The research this time was by mixing the fuel of the diesel engine with the addition of hydrogen gas through the intake channel of the engine. The purpose of this test is to determine the comparison of power, torque, Specific fuel consumption, and thermal efficiency between the use of fuel without hydrogen mixture (0 lpm) and with the hydrogen mixture of 2 lpm, 4 lpm and 6 lpm at engine speeds of 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm and 2000 rpm. From the tests that have been done, the engine speed that produces the best efficiency at 2000 rpm while the hydrogen flow rate that produces the best value at 6 lpm. Comparison between diesel engines without hydrogen mixture (0 lpm) and 6 lpm flow rate at 2000 rpm engine speed including power 1.497 kW and 1.651 kW, torque 7.11 Nm and 7.85, Sfc 0.926 kg/kWh and 0.324 kg/kWh, thermal efficiency 8.31% and 21.68%. Dual fuel is very influential on the value of SFC and thermal efficiency due to the mixture of hydrogen fuel which has a very small mass and greater calorific value compared to dextrite. The high calorific value of hydrogen can release greater energy based on the mass of what is burned in combustion.

**Kata Kunci :** *Dual Fuel, Diesel, Hydrogen*



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Peneltian.....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>State of The Art</i> .....	4



2.2 Mesin Diesel .....	5
2.3 Daya .....	5
2.4 Torsi.....	6
2.5 Efisiensi Thermal .....	6
2.6 <i>Specific Fuel Consumption</i> .....	7
2.7 Bahan Bakar Hidrogen.....	8
2.8 Teknologi Peningkatan Efisiensi Mesin.....	9
2.9 Proses Pembakaran <i>Dual Fuel</i> .....	10

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir.....	12
3.2 Metode Penelitian.....	13
3.3 Skema Penelitian ( <i>Set Up Experiment</i> ) .....	14
3.4 Alat dan Bahan .....	14
3.4.1 Alat .....	15
3.4.2 Bahan .....	19
3.5 Prosedur Pengujian .....	20

### **BAB IV ANALISA DAN EVALUASI DATA**

4.1 Analisa <i>Dual Fuel</i> .....	22
4.1.1 Keamanan <i>Dual Fuel</i> .....	23
4.2 Perhitungan .....	24
4.3 Analisa Daya.....	29
4.4 Analisa Torsi.....	30



4.5 Analisa <i>Specific Fuel Consumption</i> .....	31
4.6 Analisa Efisiensi Thermal .....	35

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran.....	38

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> <i>Dual fuel</i> .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Pembakaran <i>Dual fuel</i> .....	11
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	13
<b>Gambar 3.2</b> Skema Penelitian .....	14
<b>Gambar 3.3</b> Motor Diesel Dongfeng R175 A.....	15
<b>Gambar 3.4</b> <i>Tachometer</i> .....	16
<b>Gambar 3.5</b> <i>Flowmeter</i> .....	16
<b>Gambar 3.6</b> <i>Stopwatch</i> .....	17
<b>Gambar 3.7</b> Burret .....	17
<b>Gambar 3.8</b> Meja Lampu Pembebanan .....	18
<b>Gambar 3.9</b> <i>Flashback Arrestor</i> .....	18
<b>Gambar 3.10</b> <i>Flame Trap</i> .....	19
<b>Gambar 3.11</b> Hidrogen .....	19
<b>Gambar 4.1</b> Cara Kerja <i>Dual Fuel</i> .....	23
<b>Gambar 4.2</b> Keamanan <i>Dual Fuel</i> .....	24
<b>Gambar 4.3</b> Perbandingan Nilai Daya .....	29
<b>Gambar 4.4</b> Perbandingan Nilai Torsi .....	31
<b>Gambar 4.5</b> Perbandingan Nilai <i>Specific Fuel Consumption</i> .....	32
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan Nilai Efisiensi Thermal .....	36



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Mesin Diesel.....	15
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian <i>Dual fuel</i> 0 LPM.....	24
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian <i>Dual fuel</i> 2 LPM.....	24
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian <i>Dual fuel</i> 4 LPM.....	25
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian <i>Dual fuel</i> 6 LPM.....	25
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Nilai Daya .....	29
<b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Nilai Torsi .....	30
<b>Tabel 4.7</b> Perbandingan Nilai <i>Specific Fuel Consumption</i> .....	32
<b>Tabel 4.8</b> Laju Aliran Dexlite .....	33
<b>Tabel 4.9</b> Presentase Dexlite yang Tergantikan oleh Hidrogen .....	33
<b>Tabel 4.10</b> Nilai Ekonomis Dexlite .....	34
<b>Tabel 4.11</b> <i>Flow Mass</i> Hidrogen.....	34
<b>Tabel 4.12</b> Nilai Ekonomis <i>Dual Fuel</i> .....	35
<b>Tabel 4.13</b> Nilai Ekonomis <i>Dual Fuel</i> .....	35
<b>Tabel 4.14</b> Perbandingan Nilai Efisiensi Thermal.....	36



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi motor bakar yang salah satunya motor bakar diesel yang mempunyai potensi untuk dikembangkan. Penggunaan motor diesel dapat diklaim lebih hemat dan efisien 25% dibandingkan motor bakar bensin (Kalamajaya, 2016). Namun dari penggunaan bahan bakar yang digunakan motor bakar diesel menyebabkan polusi yang melebihi motor bakar bensin. Bahan bakar yang umum digunakan pada kendaraan di Indonesia menggunakan dan dexlite yang merupakan bahan bakar dengan angka setana yang rendah sehingga menyebabkan pembakaran yang kurang sempurna.

Hidrogen dapat dijadikan sebagai terobosan untuk membantu memaksimalkan pembakaran dari pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna. Mengingat kendaraan bermotor dengan bahan bakar hidrogen sulit diterapkan dan sedang dikembangkan, penerapan sistem *dual fuel* untuk membantu meningkatkan efisiensi dari kendaraan bermotor layak untuk di uji coba dan dikembangkan lebih lanjut.

Teknologi dalam pengembangan untuk meningkatkan efisiensi dan performa dari *Combustion Engine* sudah diterapkan. Ada 3 macam teknologi peningkatan efisiensi. Berbagai macam cara dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dari mulai sebelum pembakaran (*Before Combustion*) dengan cara pencampuran bahan bakar, proses pembakaran (*Combustion Process*) dengan mengaplikasikan *Dual Injector* demi meningkatkan performa dan efisiensi dari mesin diesel sebagai contohnya, dan setelah pembakaran (*After Combustion*) dengan membersihkan gas buang dari motor bakar.

Teknologi *dual fuel* merupakan pengembangan teknologi dengan dua bahan bakar dengan tujuan memaksimalkan proses pembakaran. Meningkatkan efisiensi dengan *dual fuel* merupakan teknologi peningkatan efisiensi dengan metode sebelum proses pembakaran (*Before Combustion*).



Penambahan hidrogen pada mesin diesel 1461cc *Turbocharged* membuktikan performa yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan hydrogen. (Yilmaz & Gumus, 2018)

Penerapan *dual fuel* pada mesin diesel salah satunya adalah penambahan hidrogen pada *intake manifold* mesin diesel. Dengan pengaturan laju aliran gas hidrogen yang tercampur dengan udara bebas pada *intake manifold* mesin diesel dapat membantu reaksi pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel guna meningkatkan efisiensi dari mesin diesel.

Teknologi pengembangan bahan bakar hidrogen sedang maraknya di uji coba oleh pabrikan otomotif ataupun akademisi guna meningkatkan kualitas udara sekitar. Salah satu hasil dari uji coba dengan penambahan bahan bakar hidrogen adalah penurunan kadar CO<sub>2</sub> dan asap menurun karena penurunan kadar karbon dari pembakaran yang lebih baik menggunakan *dual fuel system*. *Dual fuel* dengan hidrogen memiliki keuntungan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar diesel, meningkatkan efisiensi termal mesin, menurunkan emisi gas buang CO dan THC. (Koten, 2018)

Perbedaan yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah menggunakan mesin diesel DongFeng R175 A dengan kubikasi yang kecil sebesar 353cc dengan penambahan laju aliran hidrogen sebesar 2 lpm, 4 lpm dan 6 lpm. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm sehingga mendapatkan grafik yang mendetail pada setiap perbandingannya. Dari pengujian penambahan juga dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan hidrogen agar dapat melihat kenaikan performa bila ditamhkannya hidrogen pada mesin diesel.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh penambahan hidrogen pada mesin diesel terhadap performa yang meliputi daya, torsi, efisiensi thermal dan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik (Sfc).



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya yaitu :

1. Mengetahui nilai dan perbandingan besarnya daya dan torsi dengan penambahan *Dual fuel* (diesel-hidrogen) dan tanpa penambahan *Dual fuel* pada mesin diesel.
2. Mengetahui nilai dan perbandingan efisiensi thermal dan pemakaian bahan bakar spesifik (Sfc) dengan *Dual fuel* (diesel-hidrogen) dan tanpa penambahan *Dual fuel* pada mesin diesel.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan terdapat 2 hal yaitu

1. Mengetahui pengaruh efisiensi thermal dan besarnya pemakaian bahan bakar (Sfc) dari mesin diesel dengan adanya penambahan *Dual fuel* (diesel-hidrogen).
2. Mengetahui pengaruh daya dan torsi dari mesin diesel dengan adanya penambahan *Dual fuel* (diesel-hidrogen).
3. Memberikan kontribusi ilmu pengetahuan dalam pengembangan *Dual fuel* (diesel-hidrogen pada mesin diesel).

### 1.5 Batasan Masalah

Dengan luasnya cakupan ilmu pada penelitian kali ini, maka diperlukannya beberapa batasan yang digunakan pada penelitian dan penulisan dalam skripsi kali ini, yaitu :

1. Penelitian ini terfokus pada pengaruh penambahan hidrogen pada saluran *intake manifold*.
2. Hasil yang dicapai yaitu adanya perubahan performa yang meliputi daya, torsi, efisiensi thermal dan besar pemakaian bahan bakar spesifik (Sfc) dengan penambahan hidrogen pada saluran *intake manifold*.
3. Pengujian emisi gas buang hanya menggunakan mesin diesel jenis Dong Feng R175A yang berada di Laboratorium Konversi Energi Jurusan



Teknik Mesin FT.Untirta.

4. Jenis bahan bakar yang digunakan pada saat pengujian adalah bahan bakar dexlite.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandra, W. (1983). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Institut Teknologi Bandung.
- Ghosh, B. (2024). Chapter 6.1 - Potential of hydrogen in powering mobility and grid sectors. In D. Jaiswal-Nagar, V. Dixit, & S. Devasahayam (Eds.), *Towards Hydrogen Infrastructure* (pp. 349–376). Elsevier.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95553-9.00063-7>
- Hosseini, S. H., Tsolakis, A., Alagumalai, A., Mahian, O., Lam, S. S., Pan, J., Peng, W., Tabatabaei, M., & Aghbashlo, M. (2023). Use of hydrogen in dual-fuel diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, *98*, 101100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pecs.2023.101100>
- Kalamajaya, M. F. (2016). PERBEDAAN KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KEPEKATAN GAS BUANG MESIN DIESEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR SOLAR DAN CAMPURAN SOLAR DENGAN MINYAK CENGKEH. *Universitas Negeri Semarang*.
- Koten, H. (2018). Hydrogen effects on the diesel engine performance and emissions. *International Journal of Hydrogen Energy*, *43*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.146>
- Layton, B. (2008). A Comparison of Energy Densities of Prevalent Energy Sources in Units of Joules Per Cubic Meter. *International Journal of Green Energy*, *5*, 438–455.  
<https://doi.org/10.1080/15435070802498036>
- Maymuchar, & Wibowo, C. S. (2011). Pengaruh Mutu Bahan Bakar Minyak Solar 48 dan 51 terhadap Pembentukan Emisi Partikulat pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Lemigas*, *45*(No.3).
- Miyamoto, T., Hasegawa, H., Mikami, M., Kojima, N., Kabashima, H., & Urata, Y. (2011). Effect of hydrogen addition to intake gas on combustion and exhaust emission characteristics of a diesel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, *36*(20), 13138–13149.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.06.144>
- Monasari, Firdaus, A., & Qosim, N. (2021). Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Campuran Bahan Bakar Bensin – Bioethanol Terhadap Specific Fuel Consumption. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, *9*, 1–10.



Muhammad Syahrir, & Sungkono. (2021). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodisel (B30) Dan Dexlite terhadap Kinerja Mesin Diesel. *Jurusan Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia*, 22.

Tsujimura, T., & Suzuki, Y. (2017). The utilization of hydrogen in hydrogen/diesel dual fuel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.01.152>

Winangun, K., Setiyawan, A., Sudarmanta, B., Buntoro, G. A., Pangestu, R. E., Nurgito, A., & Prasetyo, T. (2023). *Penggunaan bahan bakar terbarukan (biodiesel-hidrogen) pada mesin diesel dual fuel untuk mendukung energy transition di Indonesia*. <https://doi.org/10.24127/trb.v12i1.2532>

Yadav, V. S., Soni, S. L., & Sharma, D. (2014). Engine performance of optimized hydrogen-fueled direct injection engine. *Energy*, 65, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.12.007>

Yilmaz, I. T., & Gumus, M. (2018). Effects of hydrogen addition to the intake air on performance and emissions of common rail diesel engine. *Energy*, 142, 1104–1113. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.018>