



### PROTEKSI ISI PROPOSAL

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi pengabdian kepada masyarakat

### PROPOSAL PENELITIAN 2024

Rencana Pelaksanaan Penelitian: tahun 2024 s.d. tahun 2024

#### 1. JUDUL PENELITIAN

Pemodelan mesin Diesel Dual Fuel (DDF) bahan bakar biodiesel dan gas hidrogen

Bidang Fokus	Tema	Topik (jika ada)	Prioritas Riset
Energi	Teknologi Substitusi Bahan Bakar	Teknologi pendukung konversi ke bahan bakar gas (BBG)	Green Economy

Rumpun Ilmu Level 1	Rumpun Ilmu Level 2	Rumpun Ilmu Level 3
ILMU TEKNIK	ILMU KETEKNIKAN INDUSTRI	Teknik Mesin

Skema Penelitian	Strata (Dasar/Terapan/Pengembangan)	Nilai SBK	Target Akhir TKT	Lama Kegiatan
Penelitian Dosen Pemula	Riset Dasar	50.000.000	2	1 Tahun

#### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
AINI LOSTARI 0731108701  Ketua Pengusul Universitas Qomaruddin	Dosen	Teknik Mesin	Berkoordinasi dengan anggota untuk pembagian tugas dan memastikan pelaksanaan penelitian berjalan sesuai dengan timeline	<a href="#">6649148</a>
NOVI INDAH RIANI 0717119007  Anggota Universitas Qomaruddin	Dosen	Teknik Mesin	Melakukan pemodelan dan simulasi untuk pengambilan data	<a href="#">6798749</a>
KUNTANG WINANGUN 0721049002  Anggota Universitas Muhammadiyah Ponorogo	Dosen	Teknik Mesin	Menulis artikel jurnal nasional bereputasi sebagai luaran dari penelitian	<a href="#">5977794</a>

#### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (Jika Ada)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra	Dana
-------	------------	------

#### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

##### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Kategori Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian	Keterangan
1	Artikel di Jurnal	Artikel di Jurnal Bereputasi Nasional Terindeks SINTA 1-4	Accepted/Published	<a href="https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/index">https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/index</a>

#### 5. ANGGARAN

Rencana Anggaran Biaya penelitian mengacu pada PMK dan buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berlaku.

**Total RAB 1 Tahun Rp49.145.000,00**

**Tahun 1 Total Rp49.145.000,00**

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Peralatan paket ATK	Paket	3	1.500.000	4.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Penyimpan data hardisk	Unit	1	1.500.000	1.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Benwidt	Unit	2	2.700.000	5.400.000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	HR pembantu peneliti	OJ	100	25.000	2.500.000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Uang harian survey	OH	4	410.000	1.640.000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Uang harian rapat	OH	10	140.000	1.400.000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan di Jogja	OH	3	650.000	1.950.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Konsumsi rapat persiapan penelitian	OH	10	70.000	700.000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	HR pembantu lapangan untuk survey ke industri	OH	10	80.000	800.000
Pengumpulan Data	Honorarium narasumber	HR Narasumber dari industri	OJ	3	900.000	2.700.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Komputer untuk simulasi	Unit	2	7.500.000	15.000.000
Analisis Data	HR Pengolah Data	HR pengolah data	P (penelitian)	1	1.540.000	1.540.000
Analisis Data	Honorarium narasumber	HR narasumber FGD	OJ	3	900.000	2.700.000
Analisis Data	Uang Harian	Uang harian rapat diluar kantor	OH	10	140.000	1.400.000
Analisis Data	Transport Lokal	Transportasi lokal taksi	OK (kali)	5	233.000	1.165.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Uang harian rapat di luar kantor	Uang harian rapat diluar kantor	OH	10	140.000	1.400.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya konsumsi rapat	Konsumsi rapat	OH	10	70.000	700.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Bereputasi Nasional	Paket publikasi sinta 3	Paket	1	2.150.000	2.150.000



Isian Substansi Proposal

## **SKEMA PENELITIAN DASAR (PENELITIAN DOSEN PEMULA AFFIRMASI, PENELITIAN DOSEN PEMULA, PENELITIAN PASCASARJANA)**

*Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.*

### **A. JUDUL**

*Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata*

Pemodelan mesin Diesel Dual Fuel (DDF) bahan bakar biodiesel dan gas hidrogen

### **B. RINGKASAN**

*Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan*

Emisi gas buang yang disebabkan oleh kendaraan adalah penyumbang nomer 2 setelah industri. Hal tersebut harus mendapat perhatian khusus untuk menuju program pemerintah tentang net zero emission pada tahun 2060. Pada tahun 2025 Pemerintah melalui kementerian ESDM menganjurkan penggunaan biodiesel untuk kendaraan sebesar 30%, hal tersebut dapat mengurangi konsumsi BBM di Indonesia. Namun penggunaan biodiesel semakin banyak memiliki dampak kurang baik pada kendaraan, yaitu terjadi korosif dan penurunan kinerja mesin, karena viskositas terlalu tinggi dan nilai kalor yang rendah. Penambahan gas hydrogen pada mesin disel akhir-akhir ini sedang diteliti oleh para ahli, karena gas hydrogen memiliki nilai kalor tinggi dan tidak ada unsur karbon yang menyebabkan emisi gas buang. Dari dua permasalahan diatas, penelitian ini akan mengkombinasikan bahan bakar biodiesel dengan gas hydrogen pada mesin *Diesel Dual Fuel* (DDF). **Metode** penelitian menggunakan pemodelan/simulasi untuk melihat perpindahan panas, aliran fluida, dan fenomena yang terjadi didalam ruang bakar. Simulasi menggunakan software Ansys Forte versi 19.3. Tahapan simulasi pertama melakukan desain geometri dengan memasukan data input spesifikasi mesin, kemudian memasukan Batasan-batasan pada software Ansys Forte, dan melakukan analisis data yang dibandingkan dengan penelitian terdahulu. **Tujuan** dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh gas hidrogen pada kinerja dan emisi gas buang mesin diesel satu silinder. Selain itu, tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kemampuan peneliti dalam mengembangkan ilmu pengetahuan sesuai dengan roadmap peneliti dan juga bertujuan untuk mendukung salah satu program unggulan perguruan tinggi di bidang pengembangan green technology. **Urgensi** penelitian ini adalah menunjang riset nasional, yaitu Bidang Fokus Riset Energi Baru dan Terbarukan. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi alternatif solusi pengurangan penggunaan bahan bakar minyak dan penurunan emisi gas buang di Indonesia. **Luaran** yang ditargetkan dari penelitian ini adalah artikel ilmiah jurnal nasional terindex Sinta 3 diterbitkan di jurnal Turbo dengan link sebagai berikut:

<https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/index>

### **C. KATA KUNCI**

*Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)*

Simulasi; Diesel Dual Fuel; Gas hidrogen; Biodiesel; Kinerja mesin

## D. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang terdiri dari:

- Latar belakang dan rumusan permasalahan yang akan diteliti
- Pendekatan pemecahan masalah
- State of the art dan kebaruan
- Peta jalan (road map) penelitian 5 tahun

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

### D.1. LATAR BELAKANG DAN RUMUSAN MASALAH

Tuliskan latar belakang penelitian dan rumusan permasalahan yang akan diteliti, serta urgensi dari dilakukannya penelitian ini

Energi terbarukan telah menjadi sorotan dalam beberapa tahun terakhir karena meningkatnya kesadaran global akan dampak lingkungan dari pembakaran bahan bakar fosil seiring dengan meningkatnya permintaan energi (1)(2). Pada peraturan pemerintah dan secara global sepakat untuk menurunkan pemanasan global yang disebabkan salah satunya dari emisi gas buang (3,4). Pemanfaatan biodiesel sebagai pengganti minyak diesel sudah dipertimbangkan sesuai target campuran biodiesel dengan minyak diesel sebagaimana Permen ESDM No. 12/2015, yaitu 30% untuk kurun waktu 2020-2025 (5). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diproduksi dari bahan nabati yang ada di alam seperti minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil). Biodiesel dari CPO diketahui ramah lingkungan (6–10). Kandungan oksigen dalam biodiesel sebesar (9-12)% memiliki keuntungan diantaranya: menurunkan emisi asap, CO, HC, Exhaust Gas Temperature (9,11). Hidrogen (H<sub>2</sub>) memiliki masa depan yang menjanjikan baik sebagai energi ramah lingkungan maupun sebagai sumber bahan bakar. Kelebihan bahan bakar hydrogen diantaranya adalah: flammable, rendah densitas, dan tinggi nilai kalor (12–14). Sehingga diperlukan teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF) pada mesin diesel untuk mengaplikasikan kedua jenis bahan bakar tersebut. Pada mesin DDF dirancang sebagai mesin yang menggunakan bahan bakar ganda, bahan bakar biodiesel sebagai pematik (pilot) dan bahan bakar hydrogen sebagai bahan bakar utama.

Pada penelitian yang telah dilakukan (Pankaj Shrivastava, 2020) (15) melakukan penelitian untuk mengetahui emisi dan karakteristik pembakaran pada mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran diesel dan biodiesel dari rosela. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan bahan bakar biodiesel dengan beban kendaraan dan tekanan injeksi bahan bakar. (Binesh & Hossainpour) (16) dengan tema cairan semprotan atomasi, droplet, break-up, tabrakan droplet dan penguapan pada mesin Catterpillar heavy-duty diesel engine menggunakan simulasi CFD 3D. Mesin memiliki spesifikasi 137,19 mm bore, 165,1 mm stroke, nozzle injector 6 lubang, diameter injector 0.259 mm dan tekanan injeksi 90 Mpa. Dengan submodel mirip mixican-hat, pemodelan turbulen k-ε. Hasil yang diperoleh melihat bahwa simulasi CFD bisa dijadikan data untuk mendesain mesin pembakaran dalam, analisa kerja mesin dan optimasi. Hasil dari penelitian Menurut (Karthic et al., 2020) (17) menggunakan mode bahan bakar ganda hydrogen dan biodisel *Madhuca Longifolia*, hasilnya EGT meningkat secara signifikan karena pelepasan energi yang lebih tinggi pada saat pembakaran hydrogen. Emisi NO juga meningkat dari 289 ppm dengan HES 0% menjadi 465 ppm dengan HES 6,5%. Peningkatan kadar NO disebabkan oleh laju pembakaran hydrogen tercepat, yang menaikkan suhu di dalam silinder yang akhirnya meningkatkan emisi NO.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah diuraikan diatas, **urgensi** dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan (simulasi) tentang bahan bakar biodiesel yang dicampurkan dengan gas hydrogen masih belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian masih menggunakan campuran biodiesel dengan bahan bakar minyak, pada penelitian ini

penggunaan biodiesel 100% diterapkan pada mesin diesel. Dari hal tersebut penulis melakukan pengembangan pada mesin diesel dual fuel, empat langkah, satu silinder, berbahan bakar biodiesel crude palm oil (CPO) B100 dan gas hidrogen dengan pengaturan parameter ratio bahan bakar biodiesel dan gas hidrogen agar didapatkan kinerja dan emisi gas buang yang minimum pada mesin disel.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengetahui seberapa jauh pengaruh flow rate hydrogen pada bahan bakar biodiesel yang diterapkan di mesin diesel dual fuel. Pengaruh flow rate hydrogen terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin diesel dual fuel berbahan bahan biodiesel dari kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode **simulasi/pemodelan CFD**.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis **pemodelan** pengaruh variasi ratio hidrogen terhadap kinerja mesin diesel DDF berbahan bakar biodiesel CPO dan hidrogen.
2. Menganalisis contour tekanan silinder dan temperature di dalam ruang bakar mesin diesel DDF berbahan bakar biodiesel CPO dan hidrogen melalui **simulasi**.

## **D.2. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

*Tuliskan pendekatan dan strategi pemecahan masalah yang telah dirumuskan*

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari referensi yang sudah ada, pendekatan pada penelitian ini menggunakan pendekatan **pemodelan simulasi**. Simulasi merupakan penyelesaian untuk meminimalisir jumlah pengujian eksperimental karena biaya dan fasilitas yang terbatas. Sehingga pada penelitian lanjutan ini akan mensimulasikan proses pembakaran dengan bahan bakar biodiesel (B100) dan gas hidrogen di mesin diesel, yang meliputi proses pembakaran dan emisi pembentukan di dalam ruang bakar. Dengan variasi bahan bakar single fuel (biodiesel 100%) dan bahan bakar dual fuel (biodiesel 100% dan hidrogen) pada mesin diesel. Semua pengamatan ini dilakukan dengan bantuan software Computational Fluid Dynamic (CFD) yakni Ansys Forte. Dengan mensimulasikan bahan bakar tersebut maka akan diketahui perbandingan bahan bakar mana yang baik diterapkan dalam mesin diesel dan mengetahui kontur tekanan dan temperatur dalam ruang bahan bakar mesin. Dan mengetahui hasil emisi yang dihasilkan dari pembakaran.

## **D.3. STATE OF THE ART DAN KEBARUAN**

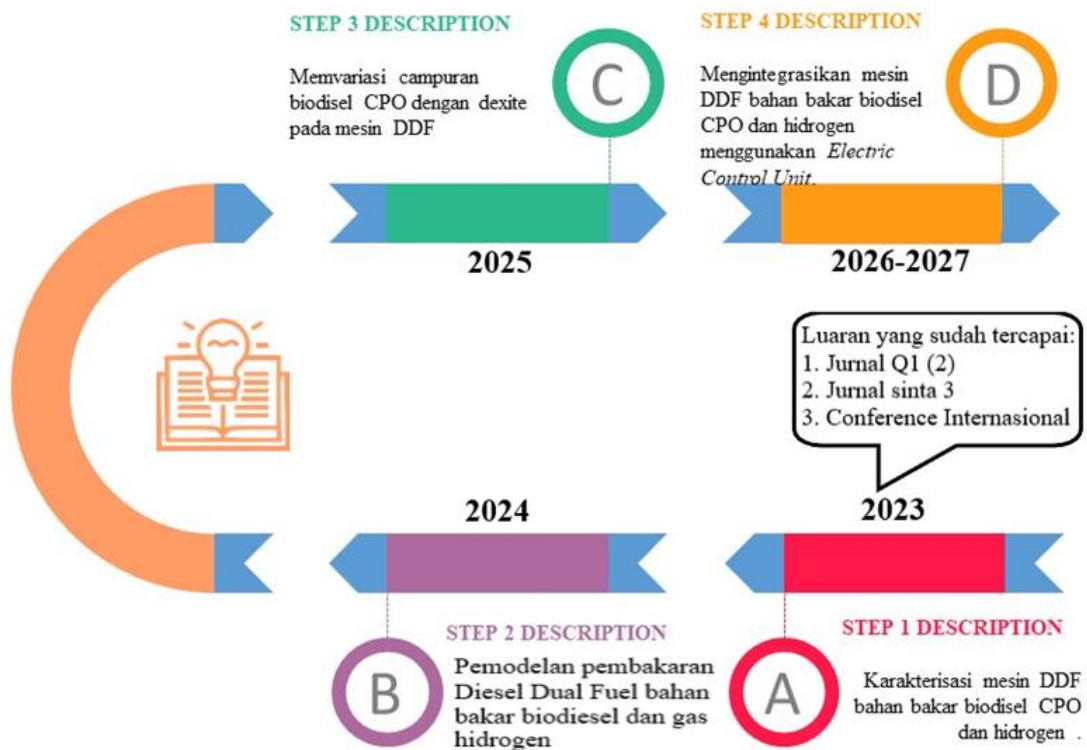
*Tuliskan keunggulan dari pemecahan masalah yang ditawarkan pengusul dibandingkan dengan penelitian pengusul sebelumnya atau peneliti lainnya dalam konteks permasalahan yang sama, serta kebaruan usulan dari aspek pendekatan, metode, dsb*

Berdasarkan referensi yang dikutip oleh penulis, belum ada pemodelan/simulasi CFD lain mengenai bentuk pembakaran mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel kelapa sawit dan gas hidrogen yang terdapat dalam literatur, sehingga diperlukan penyelidikan lebih lanjut. Untuk sebagian besar studi HPDI non-premixed yang dipicu oleh pilot biodiesel telah menggunakan metana/gas alam daripada hidrogen dengan hal-hal seperti tekanan injeksi (11,18,19), bahan bahan biodiesel selain kelapa sawit (17,20,21), bahan bakar diesel dan gas hidrogen (22–24), dll. semuanya sedang diselidiki. Namun, karena sifat bahan bakar hidrogen dan biodiesel yang berbeda, maka kesimpulan tidak dapat diambil dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya menggunakan metode eksperimen, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian simulasi (2,14,25,26).

## **D.4. PETA JALAN PENELITIAN**

*Tuliskan peta jalan penelitian dari tahapan yang telah dicapai, tahapan yang akan dilakukan selama jangka waktu penelitian, dan tahapan yang direncanakan.*

Peta jalan penelitian disini adalah menjelaskan capaian yang ingin di targetkan setelah penelitian ini berjalan dan capaian yang sudah terlaksana sebelumnya oleh tim peneliti. *Roadmap* penelitian adalah menunjukkan peta jalan penelitian yang sudah dilakukan peneliti selama beberapa tahun terakhir hingga saat ini yang sedang berjalan dan sampai besok capaian yang diinginkan seorang peneliti, sesuai yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pada gambar *roadmap* penelitian yang saat ini berjalan ditunjukkan dengan kotak kolom. *Roadmap* peneliti juga menunjang riset Nasional, yaitu tentang pemanfaatan energy baru dan terbarukan berupa bahan bakar gas hidrogen. Target luaran penelitian pada tahun 2024 ini adalah artikel yang di submit di jurnal nasional terindex sinta 3 diterbitkan di jurnal **Turbo** dengan link sebagai berikut: <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/index>.



Gambar 1. Roadmap penelitian

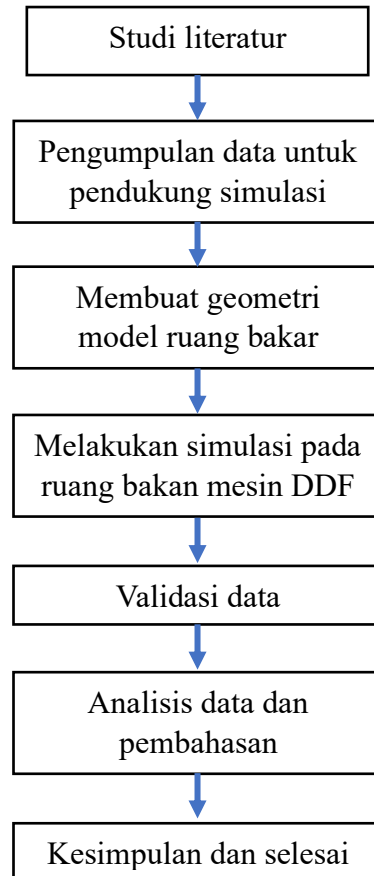
## E. METODE

Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metoda wajib dilengkapi dengan:

- Diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG.
- Metode penelitian harus memuat, sekurang-kurangnya proses, luaran, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian.
- Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penelitian ini menggunakan metode pemodelan/simulasi. Ada beberapa Langkah yang perlu disiapkan untuk melakukan pemodelan/simulasi. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui kinerja dan emisi gas buang mesin diesel dual fuel dengan bahan bakar diesel dan gas hidrogen. Pada penelitian dasar, proses simulasi perlu dilakukan untuk mengetahui lebih awal fenomena yang terjadi pada mesin sebelum melakukan eksperimen pada tahap selanjutnya. Selain itu proses penelitian simulasi juga digunakan untuk

mengetahui seberapa besar pengaruh bahan bakar hidrogen terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin diesel. Adapun tahapan yang perlu dilakukan sebagai berikut:



Gambar 2. Alur penelitian

### 1. Studi literatur

Mencari bahan referensi dan data terkait masalah yang akan digunakan. Data dan referensi digunakan untuk menyelesaikan masalah dan literatur yang digunakan adalah tentang studi proses pembakaran pada ruang bakar mesin diesel bahan bakar biodiesel dan gas hidrogen. Literature dapat bersumber dari buku, artikel jurnal, dan penelitian sebelumnya.

### 2. Pengumpulan data pendukung

Pengumpulan data yang dimaksudkan disini adalah data tentang mesin yang akan digunakan untuk simulasi. Selain data tentang spesifikasi mesin, data penelitian sebelumnya juga digunakan untuk validasi hasil simulasi. Data sebelumnya didapatkan dari eksperimen yang sudah dilakukan oleh anggota peneliti. Penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya menggunakan metode eksperimen. Beberapa penelitian sebelumnya yang sudah terbit adalah (2,14,25–27).

#### 2.1. Ruang bakar mesin diesel

Ruang bakar mesin di desain langsung dari software ansys dengan memasukkan parameter spesifikasi mesin. Spesifikasi mesin dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Spesifikasi mesin

Data input pada simulasi	
Komponen input	Unit
Tipe	Satu silinder, empat langkah
Sistem pembakaran	<i>Direct injection</i>
<i>Bore x stroke</i>	82 x 78 mm
Isi silinder	411 cc

Perbandingan kompresi	18:1
<i>Pilot injection timing</i>	13° BTDC
Engine speed (rev/min)	2000
Crank radius (mm)	45
Piston pin offset/wrench (mm)	0
Connecting rod length (mm)	138

Spesifikasi bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar biodiesel dari kelapa sawit dan bahan bakar gas hidrogen. Adapun spesifikasi dari masing-masing bahan bakar seperti yang ditunjukkan pada table 2.

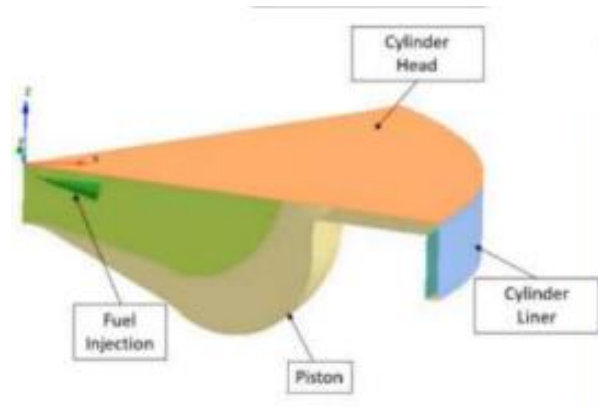
Tabel 2. Spesifikasi bahan bakar

No	Properties	Biodiesel CPO (1,2)	Hidrogen (3)
1	Massa Jenis pada 15°C (Kg/m <sup>3</sup> )	857	0,085
2	Viskositas Kinematic 40°C (mm <sup>2</sup> /s (cSt))	4,5	0
3	Angka Setana (Min)	59	5-10
4	Titik Nyala (mangkok tertutup) (°C, Min)	140	-
5	Titik Kabut (°C, Max)	15,4	-
6	<i>Lower Heat Value</i> (kJ/kg)	39.910	119.810
7	<i>Auto Ignition Temperature</i> (°C)	>101	585
8	<i>Stoichiometric Air-Fuel Ratio</i>	12,5	34,3
9	Nilai oktan	-	130

Sumber: (1) Boopathi, dkk (2017); (2) PT. Wilmar Nabati Indonesia; (3) W. Tutak, dkk (2020)

### 3. Membuat geometri

Pada setting ini, ditentukan kondisi operasi pada model. Yang harus ditentukan pada kondisi operasi adalah kondisikondisi pada batas-batas yang telah ditentukan. Yaitu inlet, dan wall-wall yang terbentuk pada saat diekspor format \*.msh. Yang dapat dikondisikan beberapa diantaranya adalah pressure (tekanan), temperatur, dan velocity (kecepatan). , backflow turbulen intensity ratio dan backflow turbulen viscosity ratio sebesar 10%. Kondisi wall: dibuat default (no slip) dengan temperatur diset pada 300 K menandakan bahwa awal mula simulasi sesuai dengan suhu ruangan. Kondisi batas (boundary conditions) dari domain dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain ruang bakar

#### 4. Melakukan simulasi

Simulasi yang dilakukan untuk mengetahui fenomena pembakaran di dalam ruang bakar secara perhitungan software. Simulasi menggunakan ansys Forte versi 19.3. Adapun data input sebagai berikut:

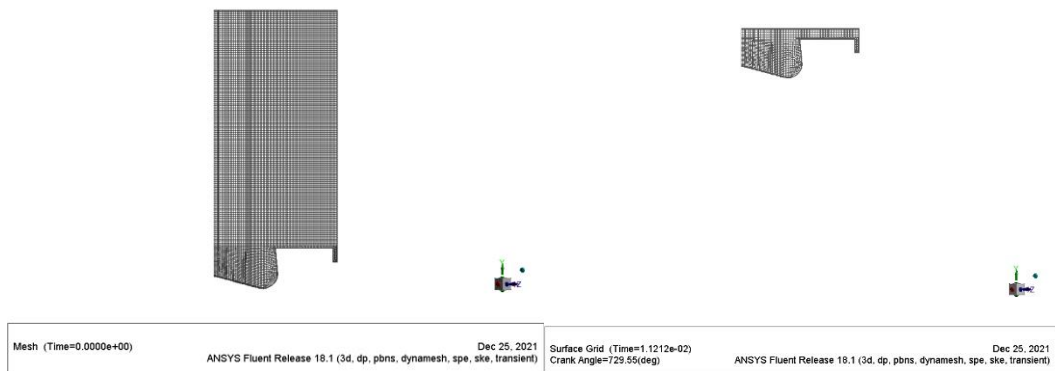
Tabel 3. Informasi mesh pada simulasi ICE

Domain	Nodes	Elements
ice fluid chamber bottom	407550	389451
ice fluid chamber top	12540	9057
ice fluid piston	60815	54566
All Domains	480905	453074

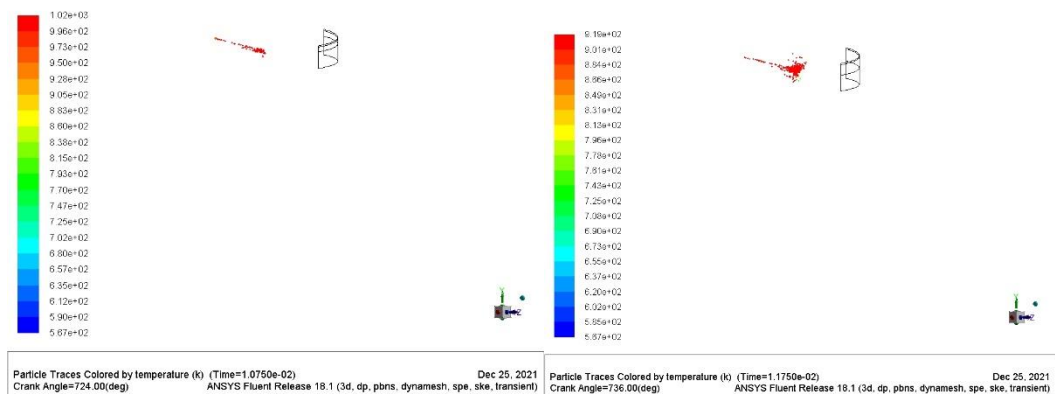
Pengaturan mesh menggunakan default dari sistem software yang diijinkan, dari total mesh yang keluar sebesar 453.074. Total mesh mempengaruhi kerapatan dan kualitas mesh, kualitas mesh akan menentukan hasil simulasi. Semakin banyak total mesh akan semakin baik kualitas hasil, dan semakin rendah total mesh akan menurunkan kualitas hasil simulasi. Ukuran mesh yang digunakan sebesar 0.25 cm.

Tabel 4. *Boundary conditions*

Type	Zones	Temperature (k)
Wall	ice-sector-top-faces	602
Wall	ice-piston	645
Wall	ice-cyl-chamber-top	567
Wall	ice-cyl-chamber-bottom	567
Wall	ice-cyl-piston	567



Gambar 5. Mesh pada posisi piston Langkah hisap dan Langkah kompresi



Gambar 6. Kecepatan penyemprotan bahan bakar di dalam ruang bakar

### 5. Validasi data

Validasi data bisa menggunakan data penelitian sebelumnya dan bisa juga menggunakan penelitian orang lain pada artikel yang sudah terbit. Disini kita menggunakan data penelitian sebelumnya oleh anggota kami yang sudah terbit di artikel jurnal.

### 6. Analisis data dan pembahasan

Merupakan proses mengolah data dan penjabaran dari data yang diperoleh dari hasil penelitian. Pembahasan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang terkait dengan pemodelan mesin DDF dengan bahan bakar yang serupa.

## F. JADWAL PENELITIAN

*Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian, harap disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian*

[Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Pembuatan Proposal	■	■										
3	Pembuatan converter kit		■	■	■								
4	Persiapan Pengujian				■	■							
5	Pengambilan data pengujian					■	■	■					
6	Analisis data						■	■					
7	Pembuatan draft artikel									■	■		
8	Pembuatan laporan											■	

]

## G. DAFTAR PUSTAKA

*Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.*

1. Setiyo M. Alternative fuels for transportation sector in Indonesia. Mech Eng Soc Ind. 2022;2(1):1–6.
2. Winangun K, Setiyawan A, Sudarmanta B, Asrofi G. Penggunaan bahan bakar terbarukan ( biodiesel-hidrogen ) pada mesin diesel dual fuel untuk mendukung energy transition di Indonesia. TURBO. 2023;12(1):1–8.
3. Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. Indonesia Energy Outlook 2019. Vol. 53. 2019. 1689–1699 p.
4. BPPT. Outlook Energi Indonesia 2018. Vol. 53, www.bppt.go.id. 2018. 1689–1699 p.
5. ESDM K. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2015. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2015. 2015. p. 1–6.
6. Crabbe E, Nolasco-Hipolito C, Kobayashi G, Sonomoto K, Ishizaki A. Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties. Process Biochem. 2001;37(1):65–71.
7. Ristianingsih Y, Hidayah N, Sari FW. Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. J Teknol Agro-Industri. 2015;2(1):38.
8. Boopathi D, Sonthalia A, Devanand S. Experimental investigations on the effect of hydrogen induction on performance and emission behaviour of a single cylinder

- diesel engine fuelled with palm oil methyl ester and its blend with diesel. *J Eng Sci Technol*. 2017;12(7):1972–87.
9. Bari S, Hossain SN. Performance and emission analysis of a diesel engine running on palm oil diesel (POD). *Energy Procedia* [Internet]. 2019;160(2018):92–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.123>
  10. Yunsari S, Rusdianasari, Husaini A. CPO Based Biodiesel Production using Microwaves Assisted Method. In: *Journal of Physics: Conference Series*. 2019.
  11. Yuvenda D, Sudarmanta B, Wahjudi A, Muraza O. Improved combustion performances and lowered emissions of CNG-diesel dual fuel engine under low load by optimizing CNG injection parameters. *Fuel* [Internet]. 2020; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120301976>
  12. Ahmed M, Dincer I. A review on photoelectrochemical hydrogen production systems: Challenges and future directions. *Int J Hydrogen Energy* [Internet]. 2019;44(5):2474–507. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.12.037>
  13. Castro N. An experimental investigation of the performance and emissions of a hydrogen-diesel dual fuel compression ignition internal combustion engine. *Appl Therm Eng* [Internet]. 2019;156:660–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85064894144&origin=inward>
  14. Winangun K, Setiyawan A, Sudarmanta B. The combustion characteristics and performance of a Diesel Dual-Fuel (DDF) engine fueled by palm oil biodiesel and hydrogen gas. *Case Stud Therm Eng* [Internet]. 2023;42(November 2022):102755. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102755>
  15. Pankaj Shrivastava TNV. Effect of fuel injection pressure on the characteristics of CI engine fuelled with biodiesel from Roselle oil.pdf. *Fuel*. 2020;265:117005.
  16. Binesh AR, Hossainpour S. Three Dimensional Modeling of Mixture Formation and Combustion in a Direct Injection Heavy-Duty Diesel Engine. *Int J Aerosp Mech Eng*. 2008;(January 2008):214–9.
  17. Wojciech Tutak KG-R and AJ. Combustion and Emission Characteristics of a Biodiesel-Hydrogen Dual-Fuel Engine. *Appl Sci*. 2020;(x).
  18. Sudarmanta B, Yuvenda D, Bachtiar K.P A, Wahjudi A, Trihatmojo AA. Effect of pilot injection timing using crude palm oil biodiesel on combustion process on dual fuel engines with compressed natural gas as the main fuel. *Int J Sustain Eng* [Internet]. 2021;14(6):2097–113. Available from: <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1943044>
  19. Yuvendaa D, Sudarmantaa B, Wahjudi A, Yuvenda D. Machine Translated by Google Peningkatan kinerja pembakaran dan penurunan emisi mesin bahan bakar ganda CNG-diesel di bawah beban rendah dengan mengoptimalkan parameter injeksi CNG Machine Translated by Google. 2020;269(November 2019).
  20. Gad MS, El-Shafay AS, Abu Hashish HM. Assessment of diesel engine performance, emissions and combustion characteristics burning biodiesel blends from jatropha seeds. *Process Saf Environ Prot* [Internet]. 2021;147:518–26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.11.034>
  21. Kanth S, Debbarma S, Das B. Effect of hydrogen enrichment in the intake air of diesel engine fuelled with honge biodiesel blend and diesel. *Int J Hydrogen Energy* [Internet]. 2020;45(56):32521–33. Available from:

- <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.08.152>
22. Domínguez VM, Hernández JJ, Ramos Á, Reyes M, Rodríguez-Fernández J. Hydrogen or hydrogen-derived methanol for dual-fuel compression-ignition combustion: An engine perspective. *Fuel*. 2023;333(October 2022).
  23. Liu Z, Luo J, Pan Y, Li J, Li L, Wei X, et al. Multi-objective optimization of the performance and emission characteristics for a dual-fuel engine with hydrogen addition. *Fuel* [Internet]. 2023;332(P2):126231. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126231>
  24. Liu X, Seberry G, Kook S, Chan QN, Hawkes ER. Direct injection of hydrogen main fuel and diesel pilot fuel in a retrofitted single-cylinder compression ignition engine. *Int J Hydrogen Energy* [Internet]. 2022;47(84):35864–76. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.149>
  25. Kuntang Winangun, Atok Setiyawan and BS. Effects of additional hydrogen and biodiesel crude palm oil on performance and exhaust gas emissions of one cylinder diesel engine. In: *AIP Conference Proceedings*. 2023.
  26. Winangun K, Setiyawan A, Sudarmanta B, Puspitasari I, Dewi EL. Investigation on the properties of a biodiesel-hydrogen mixture on the combustion characteristics of a diesel engine. *Case Stud Chem Environ Eng* [Internet]. 2023;8:100445. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423001500>
  27. Puspitasari; INWKWFNR. APLIKASI GAS HHO PADA SEPEDA MOTOR INJEKSI DENGAN MODIFIKASI ECU AFTERMARKET (TIMING PENGAPIAN). 2022;13(02):553–62.

**PERSETUJUAN PENGUSUL**

Tanggal Pengiriman	Tanggal Persetujuan	Nama Pimpinan Pemberi Persetujuan	Sebutan Jabatan Unit	Nama Unit Lembaga Pengusul
30/03/2024	30/03/2024	SUPARNO	Ketua	Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Qomaruddin

**Komentar : Disetujui**

Usulan disetujui