

NASKAH ORISINAL

Sinergi Akademisi dan Petani: Implementasi Teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF) Untuk Pertanian Ramah Lingkungan Di Desa Wanar

Mohammad Khoirul Effendi | Is Bunyamin Suryo | Maulana Yusuf Izzudin* | I Made Londen Batan | Suhardjono | Sampurno | Arif Wahjudi

Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Maulana Yusuf Izzuddin, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: maulana.izzuddin@its.ac.id

Alamat

Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia.

Abstrak

Laju perkembangan Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian di Indonesia mengalami kenaikan signifikan dari 3.7% di tahun 2021, menjadi 5.08% di tahun 2024. Beberapa faktor yang menyebabkan menurunnya kontribusi sektor pertanian ini antara lain: produktivitas yang rendah karena kurangnya penggunaan alat mesin pertanian (alsintan) yang lebih modern, keterbatasan akses modal dan kredit, dan masih kurang meratanya distribusi solar bersubsidi untuk mengoperasikan alsintan. Solar bersubsidi ini sangat penting untuk petani karena jika mesin pertanian berhenti beroperasi, maka akan menurunkan produksi pertanian. Salah satu solusi yang bisa diterapkan untuk mengatasi kelangkaan solar bersubsidi di sektor pertanian adalah dengan menggunakan teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF). Penggunaan DDF pada mesin diesel ini memungkinkan mesin diesel tersebut bisa menggunakan dua jenis bahan bakar (cair dan gas) secara bersamaan. Keuntungan penggunaan mesin *diesel dual fuel* pada mesin pertanian ini adalah sebagai berikut: untuk menurunkan biaya operasional kendaraan karena harga bahan bakar gas lebih murah, menjaga performa mesin diesel tetap optimal, menurunkan emisi gas buang kendaraan diesel saat dioperasikan (misal CO₂, NO_x dan partikel karbon).

Kata Kunci:

Diesel dual fuel, Alat mesin pertanian, Energi terbarukan, Emisi gas buang.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

PDB (Produk Domestik Bruto) adalah total nilai semua barang dan jasa yang diproduksi oleh suatu negara dalam periode tertentu (biasanya satu tahun), tanpa membedakan siapa pemilik faktor produksinya. PDB merupakan salah satu indikator penting dan utama dalam mengukur kesejahteraan rakyat selain indikator lain seperti Indeks Pembangunan Manusia (IPM), gini rasio, dan tingkat kemiskinan. Semakin tinggi nilai PDB maka dapat dikatakan produksi barang dan jasa meningkat, pendapatan negara bertambah, lapangan kerja meluas, dan daya beli masyarakat juga menguat^[1]. Nilai PDB Indonesia pada tahun 2024 sebesar Rp 22.138 triliun, dengan lima sektor utama penyumbang terbesar yaitu: Industri Pengolahan sebesar 18,98%, Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor sebesar 13,07%, Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan sebesar 12,61%, Konstruksi sebesar 10,09%, serta Pertambangan dan Penggalan sebesar 9,15%^[2].

Sektor pertanian memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia. Pada tahun 2024, sektor ini menyumbang sekitar 12,61% terhadap total PDB nasional berdasarkan harga berlaku, dengan nilai sebesar Rp 2.791 triliun. Angka ini memang lebih rendah jika dibandingkan dengan prosentase kontribusi sektor pertanian pada tahun 2013 yakni sebesar 13,34%^[2]. Beberapa faktor yang menyebabkan penurunan kontribusi tersebut antara lain keterbatasan lahan dan alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan industri, perumahan, dan infrastruktur, rendahnya kualitas SDM, produktivitas yang masih rendah akibat minimnya penggunaan alat mesin pertanian (alsintan) modern, serta distribusi solar bersubsidi yang belum merata^[3]. Permasalahan-permasalahan tersebut sesegera mungkin harus diselesaikan untuk meningkatkan kesejahteraan petani di Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata pendapatan petani padi di Indonesia hanya sekitar Rp 1,4 juta per bulan, angka yang menunjukkan tingkat kesejahteraan relatif rendah bila dibandingkan dengan pekerja sektor lain^[4].

Solar bersubsidi merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk petani, karena jika mesin pertanian berhenti beroperasi, maka dampak negatif yang ditimbulkan sangat banyak seperti: keterlambatan pengolahan lahan karena traktor tidak bisa beroperasi, kekeringan lahan dan matinya tanaman karena pompa irigasi tidak beroperasi, keterlambatan panen dan potensi turunnya hasil panen karena mesin *harvesting* tidak bisa digunakan, dll. Melihat dampak yang sedemikian besar, maka seringkali para petani terpaksa membeli solar non-subsidi yang berdampak langsung pada naiknya biaya produksi dan turunnya margin keuntungan petani^[5].

Untuk mengatasi distribusi solar bersubsidi yang kurang merata ini, sebenarnya pemerintah Indonesia telah menetapkan alokasi untuk tahun anggaran 2025 sebesar 18,33-19,44 juta kiloliter (KL)^[5]. Angka ini mengalami sedikit kenaikan jika dibandingkan dengan alokasi tahun sebelumnya yakni sebesar 17,8 juta kiloliter. Pemerintah juga mempermudah akses petani terhadap solar subsidi, dengan mengimplementasikan kebijakan yang memungkinkan petani memperoleh solar bersubsidi dengan hanya menggunakan surat pengantar dari kepala desa melalui aplikasi *MyPertamina*. Walaupun kebijakan ini bertujuan untuk mempercepat proses, meratakan distribusi, dan mengurangi hambatan administratif yang sebelumnya dialami petani dalam mendapatkan solar bersubsidi, akan tetapi pada kenyataannya masih sering terjadi kelangkaan solar bersubsidi di lapangan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor utama seperti: keterbatasan kuota, distribusi yang tidak tepat sasaran, permasalahan administrasi, dan penimbunan solar oleh beberapa oknum yang tidak bertanggung jawab.

Salah satu solusi yang bisa diterapkan untuk mengatasi kelangkaan solar bersubsidi di sektor pertanian adalah dengan menggunakan teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF). Penggunaan DDF pada mesin diesel ini memungkinkan mesin diesel tersebut bisa menggunakan dua jenis bahan bakar (cair dan gas) secara bersamaan. Keuntungan penggunaan mesin *diesel dual fuel* pada mesin pertanian ini adalah sebagai berikut: untuk menurunkan biaya operasional kendaraan karena harga bahan bakar gas lebih murah, menjaga performa mesin diesel tetap optimal, menurunkan emisi gas buang kendaraan diesel saat dioperasikan (misal CO₂, NO_x dan partikel karbon)^[6-10].

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Bahan bakar solar merupakan komponen penting bagi petani untuk mengoptimalkan hasil pertanian. Tidak beroperasinya alat mesin pertanian akan berakibat pada keterlambatan pengolahan lahan, kekeringan lahan karena pompa irigasi tidak beroperasi, dan potensi turunnya hasil panen karena proses pemanenan beralih ke mode manual tanpa menggunakan mesin *harvesting*. Kesemua dampak negatif di atas jika dibiarkan akan berakibat turunnya hasil panen bahkan terjadinya gagal panen. Karena harga

bahan bakar solar non-subsidi sangatlah mahal, maka perlu adanya tambahan teknologi yang berfungsi untuk mengoptimalkan pemakaian solar sehingga mesin diesel bisa bekerja lebih ekonomis.

Beberapa hal yang sudah dilakukan para peneliti untuk menghemat penggunaan bahan bakar mesin diesel selama beroperasi adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *Diesel dual fuel* (DDF). DDF memungkinkan mesin diesel beroperasi dengan 2 bahan bakar sekaligus yakni bahan bakar cair (misal dexlite, biosolar dll) serta bahan bakar gas misalnya (CNG, *Hydrogen* dll). Secara umum penggunaan mesin DDF mampu mengurangi pemakaian bahan bakar cair sehingga mesin diesel beroperasi lebih ekonomis dan mengurangi emisi gas buang^[11].
2. Optimasi Sistem Injeksi: Teknologi sistem injeksi yang lebih canggih seperti *Common Rail Direct Injection* (CRDI) dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan menyuntikkan bahan bakar pada tekanan tinggi. Hal ini memungkinkan campuran bahan bakar dan udara yang lebih sempurna, menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dan mengurangi konsumsi bahan bakar^[12].
3. Penggunaan *Turbocharger* yang Efektif: *Turbocharger* memanfaatkan energi dari gas buang untuk memampatkan udara yang masuk ke ruang bakar. Memilih *turbocharger* yang tepat, seperti *variable geometry turbochargers* (VGT), bisa menyesuaikan tekanan udara sesuai kebutuhan mesin, sehingga lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar^[13].
4. Penggunaan Sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR): Sistem EGR mengalirkan kembali sebagian gas buang ke ruang bakar untuk menurunkan suhu pembakaran, yang akan menurunkan emisi nitrogen oksida (NO_x) dan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Menggunakan sistem EGR yang bersih dan bekerja optimal dapat meningkatkan efisiensi mesin secara keseluruhan^[14].
5. Penggunaan Bahan Bakar dengan *Cetane Number* yang Lebih Tinggi: Bahan bakar diesel dengan *cetane number* yang lebih tinggi memiliki kualitas pembakaran yang lebih baik dan membuat mesin bekerja lebih efisien. Hal ini dapat meningkatkan kinerja mesin, khususnya pada saat kondisi beban berat atau saat akselerasi^[15].

Dari ke-5 solusi di atas, maka solusi yang paling tepat sehingga mesin diesel bisa bekerja lebih ekonomis adalah penggunaan mesin *diesel dual fuel*. Metode ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode lainnya, yaitu:

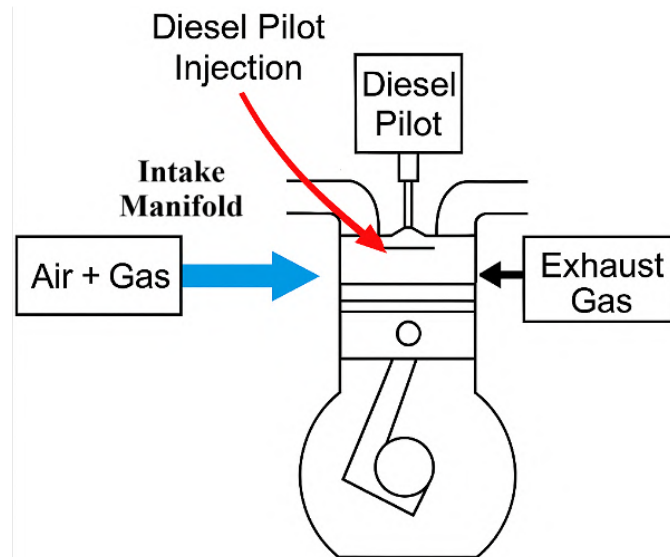
1. Efisiensi Bahan Bakar yang Lebih Tinggi: Mesin *diesel dual fuel* memanfaatkan bahan bakar gas yang lebih murah dan lebih efisien dibandingkan dengan diesel murni. Gas ini akan dibakar bersamaan dengan diesel, sehingga menghasilkan daya yang cukup besar dengan konsumsi diesel yang lebih sedikit.
2. Pengurangan Emisi: Dengan mengurangi penggunaan diesel dan menggantinya dengan gas yang lebih bersih, seperti gas alam, emisi karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat berkurang secara signifikan. Ini membantu dalam upaya pengurangan emisi dan mendukung peraturan lingkungan yang semakin ketat.
3. Umur Pakai Mesin yang Lebih Panjang: Dengan penggunaan bahan bakar gas yang lebih bersih, mesin DDF biasanya memiliki sedikit endapan karbon dan keausan lebih rendah pada komponen mesin dibandingkan dengan mesin diesel murni, yang dapat memperpanjang umur pakai mesin dan mengurangi biaya perawatan.
4. Cara pengoperasian alat ini sangat mudah sehingga tidak memerlukan keterampilan khusus.
5. Tipe mesin DDF yang kami pasang adalah tipe *low pressure*, dimana gas CNG diinjeksikan pada port udara yang masuk ke ruang bakar. Pemasangan alat ini tidak merusak sistem yang ada, sehingga tidak merusak nilai jual mesin diesel.

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari pengabdian masyarakat ini ada dua buah yakni: (1) publikasi jurnal ilmiah dan (2) publikasi di media masa. Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah diliput oleh *ITS news* pada tanggal 30 September 2025 dimana *link* beritanya bisa diakses di <https://www.its.ac.id/news/2025/09/30/its-kenalkan-teknologi-diesel-dual-fuel-dorong-pertanian-ramah-lingkungan/>.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan *Diesel Dual Fuel* (DDF)—yakni pembakaran campuran bahan bakar gas (CNG/LPG/biogas) yang dinyalakan oleh pilot solar—telah dilaporkan mampu menekan konsumsi solar, mempertahankan kinerja, dan menurunkan sebagian emisi, terutama CO_2 dan CO , sepanjang pengelolaan fraksi gas dan strategi operasi dilakukan secara tepat^[6, 11]. Studi eksperimental pada mesin CI stasioner menunjukkan bahwa peningkatan fraksi energi gas hingga kisaran 30–45% dapat menaikkan tekanan puncak, laju pelepasan panas, serta stabilitas siklus ($\text{COV}_{p_{\max}}$ minimum), sementara fraksi gas yang terlalu tinggi cenderung memperpanjang *ignition delay* dan menurunkan kualitas pembakaran; emisi NO_x dapat meningkat pada fraksi gas tinggi, sedangkan CO_2 dan CO menurun signifikan dibanding diesel murni^[6]. Karim [11] memperluas kerangka ini dengan menegaskan prinsip-prinsip dasar DDF (mekanisme pengapian pilot, dinamika *ignition delay*, kecenderungan *knock/misfire*), faktor desain (rasio kompresi, *pilot ratio*, *timing* injeksi), serta *trade-off* emisi (penurunan CO_2 vs potensi kenaikan NO_x/HC) yang relevan untuk penerapan bidang pertanian berdaya terbatas dan beban variabel.



Gambar 1 Skematik diagram *diesel dual fuel*^[6, 11].

Pada tataran sistem transportasi, pemodelan rute truk berat di *British Columbia* memperlihatkan bahwa drivetrain berbasis gas/listrik dapat menurunkan emisi GHG well-to-wheel; *plug-in hybrid diesel* sering memberi biaya kepemilikan total dan biaya abatement terendah, sementara *battery-electric* memberikan emisi terendah bila didukung pasokan listrik rendah-karbon^[7]. Dalam konteks gas alam, simulasi berbasis profil kecepatan dan kemiringan jalan menunjukkan truk CNG berpotensi menurunkan CO_2 sebesar 13–15% dibanding diesel, dan mengabaikan *road grade* dapat men-*underestimate* emisi hingga 24%; peningkatan efisiensi mesin, aerodinamika, dan *rolling resistance* memperbesar gain jangka menengah–panjang^[8]. Meskipun fokus penelitian ini adalah alat pertanian stasioner/portabel (pompa irigasi), *insight* sistemik dari^[7, 8] tetap relevan: pemilihan teknologi rendah emisi harus seimbang antara manfaat lingkungan, kesiapan infrastruktur bahan bakar gas, dan keekonomian operasional pengguna akhir (petani).

Optimasi sistem injeksi dan sifat bahan bakar memegang peranan penting untuk reliabilitas DDF pada mesin kecil–menengah. Pada mesin DI, kombinasi nomor setana (CN) lebih tinggi dan tekanan injeksi yang memadai menurunkan *ignition delay*, memperbaiki torsi/daya, menekan CO dan SO_2 , serta mengurangi asap (*smoke*) pada tekanan tinggi; namun NO_x cenderung meningkat seiring naiknya kualitas dan intensitas pembakaran, sehingga diperlukan keseimbangan *injection pressure* vs target emisi [10]. Pada sistem CRDI, densitas biodiesel merupakan parameter paling berpengaruh terhadap massa dan laju injeksi serta gelombang tekanan dalam rel; viskositas dan *bulk modulus* turut memengaruhi respons injektor serta *split injection*—implikasinya, setiap substitusi atau *co-firing* biodiesel di mesin DDF perlu kalibrasi ulang agar profil injeksi tetap stabil^[12].

Dari sisi perangkat bantu, *turbocharger* meningkatkan suplai udara dan efisiensi termal, dan bersama biodiesel terbukti menurunkan CO dibanding diesel, namun kerap menaikkan NO_x karena temperatur puncak yang lebih tinggi; strategi EGR atau *timing* injeksi perlu diintegrasikan untuk mengendalikan NO_x [13]^[13]. *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) sendiri efektif menekan NO_x melalui penurunan suhu pembakaran, tetapi berpotensi meningkatkan BSFC, CO, dan HC bila laju EGR terlalu besar—terutama pada beban rendah—sehingga kontrol EGR harus adaptif terhadap kondisi operasi^[14]. Temuan-temuan ini menegaskan kebutuhan *tuning* DDF berlandaskan sensor sederhana (RPM/TPS) dan ECU *mapping* yang konservatif pada mesin pompa 10 HP: memanfaatkan pilot solar minimal, fraksi gas moderat (untuk stabilitas dan efisiensi), serta tetap membuka opsi *future work* integrasi VGT/EGR ringan bila kelak dibutuhkan.

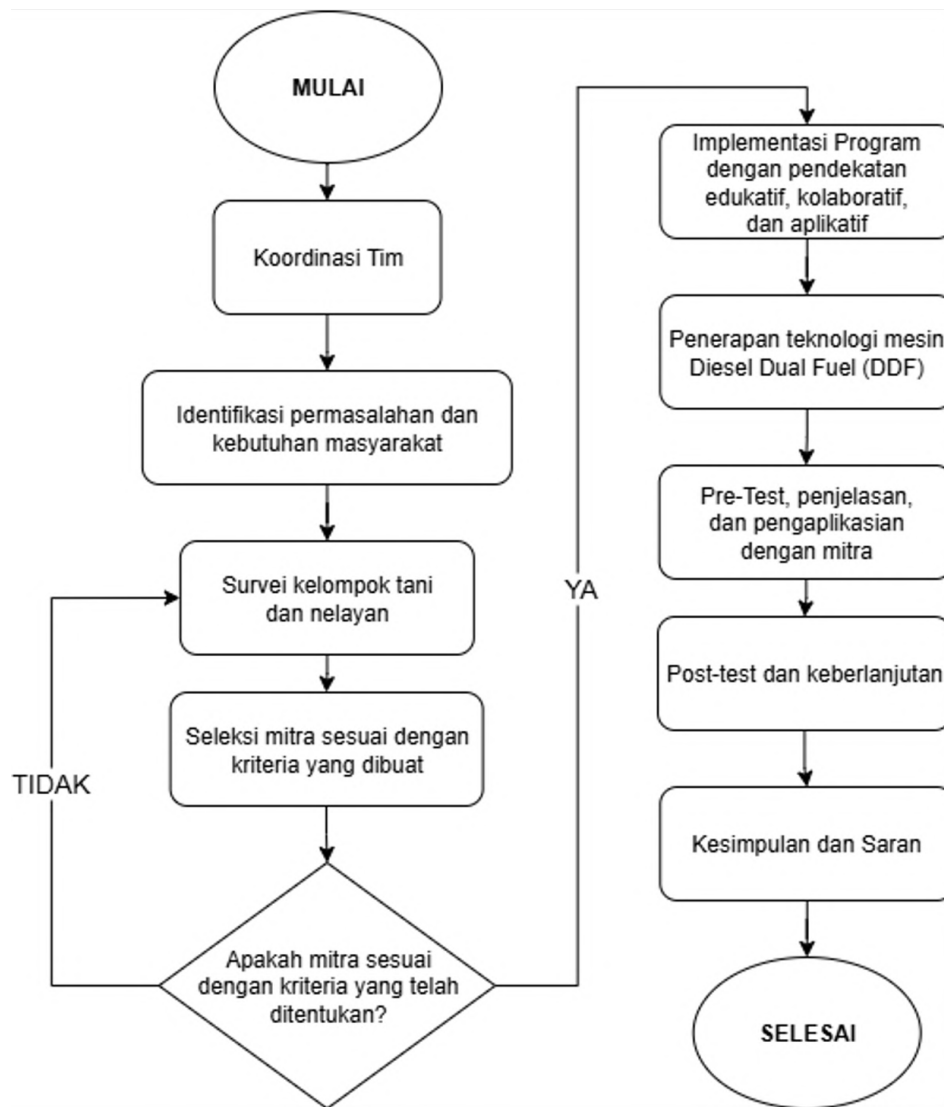
Pada bahan bakar campuran (*biodiesel blend*) dalam modus ganda, beberapa studi melaporkan perbaikan efisiensi termal dan penurunan HC/CO₂, namun ada kecenderungan kenaikan NO_x dan kadang CO, serta BSFC yang sedikit lebih tinggi akibat nilai kalor lebih rendah dan sifat alir berbeda; karenanya penentuan kadar campur (B5–B20), *pilot ratio*, dan *timing* perlu dikaji untuk menghindari penalti performa^[10, 13]. Di luar itu, kajian ANN pada mesin diesel menunjukkan pemodelan berbasis data dapat memprediksi kinerja/emisi secara akurat di dalam rentang data latih^[9]; ini membuka peluang bagi program pasca-abmas untuk membangun *maps* DDF spesifik mesin (berbasis data *trial* lapangan) guna mempercepat *tuning* dan menjaga konsistensi konsumsi/emisi.

Secara keseluruhan, literatur menyokong tiga pilar teknis DDF pada alsintan: (i) efisiensi energi & biaya—melalui substitusi sebagian solar oleh gas yang lebih murah dan lebih bersih, khususnya pada fraksi gas moderat dengan pilot tepat^[6, 11]; (ii) kendali emisi—penurunan CO₂ dan CO relatif terhadap diesel murni, dengan perhatian pada pengelolaan NO_x via *timing/pilot ratio*/EGR ringan^[6, 11, 13–15]; serta (iii) keandalan operasional—melalui *calibration* injeksi yang mempertimbangkan sifat fisik bahan bakar, tekanan injeksi, dan respons injektor agar start-up, beban transien, dan operasi berkelanjutan pada pompa irigasi tetap stabil^[12, 15]. Kerangka ini sejalan dengan tujuan program untuk membantu mitra tani mengurangi ketergantungan solar bersubsidi, menekan biaya operasi pompa irigasi, dan menurunkan jejak emisi, sekaligus menyediakan arah pengembangan lanjutan (mis. *pre-/mixing-chamber* untuk putaran tinggi, *data-driven tuning*, dan evaluasi EGR ringan) yang telah disepakati dalam diskusi bersama mitra.

3 | METODE KEGIATAN

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui pendekatan edukatif, partisipatif, kolaboratif dan aplikatif, dengan melibatkan masyarakat sasaran secara aktif dalam setiap tahap kegiatan. Adapun tahapan metode pelaksanaan adalah sebagai berikut: melakukan koordinasi tim pengabdian masyarakat untuk pendetailan tugas tiap-tiap anggota. Kelompok pengabdian masyarakat ini beranggotakan sebagai berikut: M. Khoirul Effendi sebagai koordinator tim, Prof I Made Londen Batan dan Prof Suhardjono bertugas pembuatan materi serta soal-spal *pre/post test*, Sampurno, MT., dan Arif Wahjudi, Ph.D bertugas di bagian penyetelan ECU DDF dan implementasinya pada mesin diesel pompa air, Maulana Yusuf Izzudin, ME dan Dr. Is Bunyamin Suryo bertugas untuk berkoordinasi dengan mitra kelompok petani. Kegiatan ini juga melibatkan mahasiswa yang berperan aktif dalam mendukung semua kegiatan yang akan dilaksanakan.

Selanjutnya dilakukan survei lapangan untuk memahami permasalahan dan kebutuhan masyarakat secara langsung, menentukan mitra (kelompok tani) berdasarkan permasalahan yang bisa dipecahkan dengan implementasi mesin *Diesel Dual Fuel* (DDF). Survei ini kami lakukan di beberapa calon mitra yang memerlukan implementasi mesin DDF seperti kelompok tani dan nelayan di daerah Surabaya dan sekitarnya yang dilaksanakan selama bulan Juli 2025. Dengan mempertimbangkan beberapa kriteria pemilihan mitra seperti: permasalahan mitra, kesiapan dan komitmen mitra, potensi dampak, legalitas dan kelembagaan, maka kami memilih Kelompok Tani Surya Mandiri sebagai mitra pengabdian kami. Kelompok Tani Surya Mandiri ini merupakan kelompok tani yang beralamat di Desa Wanar Kecamatan Pucuk, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Kelompok tani ini sudah berbadan hukum sejak 2019, dan memiliki 200 anggota petani dengan menanam berbagai macam tanaman budidaya seperti padi, jagung, kedelai dan kacang hijau. Selain membudidayakan tanaman pangan, kelompok tani ini juga membantu program pemerintah dalam mendistribusikan pupuk bersubsidi seperti urea dan NPK.



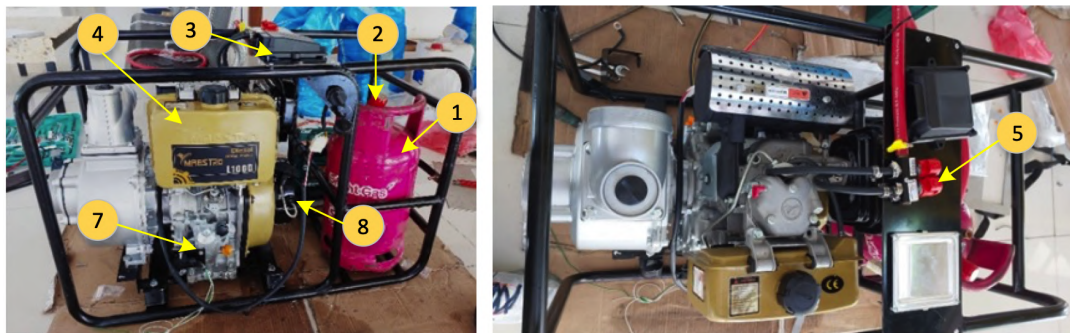
Gambar 2 Diagram alir kegiatan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Kegiatan selanjutnya adalah implementasi dan modifikasi mesin diesel untuk pompa irigasi menggunakan mesin *Diesel Dual Fuel* (DDF) seperti terlihat pada Gambar 3. Bagian no 4 adalah mesin diesel yang digunakan, dimana mesin diesel ini mempunyai daya sebesar 10 HP. No 1 adalah tabung gas LPG 6 kg yang berfungsi sebagai suplai gas LPG ke mesin diesel yang ditunjukkan oleh anak panah no 4. *Flowrate* gas LPG yang masuk ini dikontrol oleh regulator yang ditunjukkan oleh anak panah no 2. No 3 adalah ECU DDF yang berfungsi mengatur seberapa besar volume gas LPG yang diinjeksikan ke ruang bakar berdasarkan nilai sensor RPM (no 8) dan sensor TPS (no 7). Gas LPG ini kemudian dimasukkan ke *intake manifold* melalui injektor seperti yang ditunjukkan oleh anak panah no 5.

Kegiatan trial serta *tuning* ECU DDF di laboratorium ITS kemudian dilakukan untuk memastikan ECU DDF bekerja secara optimal. Setelah ECU bekerja secara optimal, maka kegiatan selanjutnya adalah koordinasi dengan mitra kelompok tani untuk penentuan waktu dilaksanakannya kegiatan pengabdian masyarakat. Kegiatan ini akhirnya disepakati dilaksanakan pada tanggal 27 September 2025 dimana waktu pelaksanaan dimulai dari jam 10 pagi sampai selesai. Kegiatan pengabdian masyarakat dimulai dari *pre-test* untuk mengetahui pemahaman awal anggota kelompok tani terhadap teknologi DDF seperti terlihat pada Gambar

4. Soal *pre-test* ini terdiri dari 10 soal yang berisi pertanyaan-pertanyaan dasar seperti definisi DDF, cara kerja DDF, manfaat penggunaan DDF dll. Setelah itu kegiatan dilanjutkan dengan pemaparan materi oleh Bapak Mohammad Khoirul Effendi, PhD. Materi yang disampaikan meliputi beberapa topik seperti cara kerja mesin DDF, contoh mesin DDF import yang sudah dipasarkan di Indonesia, komparasi perfoma DDF import dan DDF produk ITS, macam-macam gas yang bisa dimanfaatkan pada mesin DDF, ilustrasi singkat manfaat penggunaan mesin DDF ditinjau dari sisi ekonomi termasuk penjabaran singkat *Break Even Point* (BEP) seperti terlihat pada Gambar 5. Kegiatan kemudian dilanjutkan dengan tanya jawab antar tim ITS dengan mitra kelompok tani. Beberapa ide muncul berkaitan dengan perbaikan kinerja mesin DDF terutama pada putaran tinggi, seperti pembuatan *mixing chamber* sebelum gas diinjeksikan ke ruang bakar sehingga power yang dihasilkan mesin diesel saat putaran tinggi tidak turun. Setelah pemberian materi, maka acara kemudian dilanjutkan dengan kegiatan *post-test*, dimana soal yang diberikan sama dengan soal *pre-test*.



Gambar 3 Proses implementasi mesin DDF ke mesin diesel pompa air.

Komparasi hasil *pre-test* dan *post-test* yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang cukup signifikan dari peserta mitra tani terhadap teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF). Sebelum diberikan materi, nilai rata-rata *pre-test* peserta berada pada angka 56, yang menggambarkan tingkat pemahaman awal masih relatif rendah dan bervariasi antar individu. Beberapa peserta, seperti Peserta 1, 5, dan 9, memperoleh nilai sangat rendah (40–50), yang menandakan keterbatasan pengetahuan awal terkait prinsip dasar dan manfaat penggunaan mesin DDF.

Setelah dilakukan pemaparan materi, sesi diskusi interaktif, serta praktik langsung, terjadi peningkatan nyata pada skor *post-test*, dengan rata-rata nilai mencapai 79. Hampir semua peserta mengalami kenaikan skor yang cukup besar, misalnya Peserta 1 yang meningkat dari 40 menjadi 70, Peserta 5 dari 50 menjadi 80, serta Peserta 9 dari 40 menjadi 60. Peningkatan terbesar terlihat pada Peserta 3 dan Peserta 4, yang keduanya naik ke skor 90 setelah *post-test*.



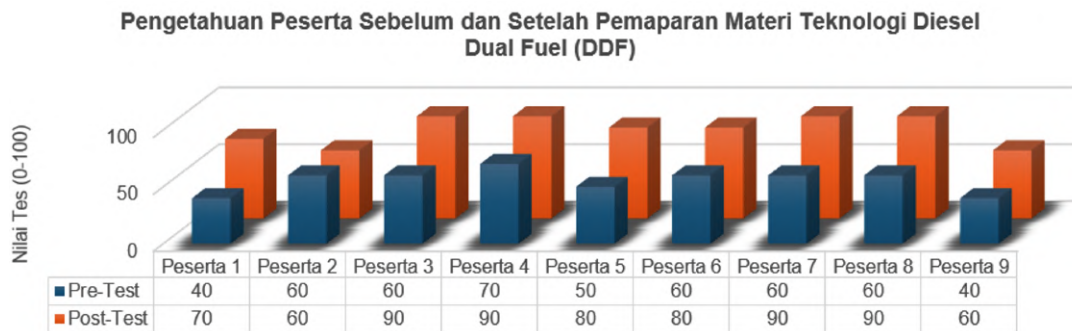
Pre/Post Test Kegiatan Pengmas ITS 27 September 2025	
Nama :	
HP :	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apa yang dimaksud dengan mesin diesel dual-fuel? <ol style="list-style-type: none"> a) Mesin yang beroperasi menggunakan dua bahan bakar, yaitu bahan bakar cair (pilot fuel) dan bahan bakar gas (main fuel). b) Mesin yang hanya menggunakan bahan bakar gas. c) Mesin yang dapat beralih antara bensin dan diesel. d) Mesin yang menggunakan dua jenis bahan bakar cair secara bersamaan. 2. Bahan bakar gas apa yang paling umum digunakan dalam aplikasi mesin dual-fuel? <ol style="list-style-type: none"> a) Propana (LPG) b) Aselin c) Metana (Gas Alam) d) Hidrogen 3. Apa salah satu keuntungan utama penggunaan mesin dual-fuel dibandingkan mesin diesel konvensional? <ol style="list-style-type: none"> a) Pemertuan efisiensi termal. b) Kebutuhan perawatan yang lebih sering. c) Peningkatan emisi NOx dan partikulat. d) Fleksibilitas bahan bakar dan potensi biaya operasional yang lebih rendah. 4. Bagaimana mesin dual-fuel mengontrol rasio bahan bakar gas dan diesel? <ol style="list-style-type: none"> a) Menggunakan katup mekanis sederhana. b) Melalui sistem injeksi bahan bakar ganda yang dikendalikan secara elektronik. c) Rasio bahan bakar selalu tetap dan tidak dapat diubah. d) Secara manual oleh operator mesin. 5. Pada siklus operasi mesin dual-fuel, kapan bahan bakar gas disemprotkan ke dalam silinder? <ol style="list-style-type: none"> a) Selama langkah hisap (intake stroke). b) Selama langkah buang (exhaust stroke). c) Setelah bahan bakar diesel diinjeksikan. d) Pada awal langkah kompresi (compression stroke). 	

Gambar 4 Kegiatan Post/Pre test beserta contoh soal *multiple choice* yang dilakukan oleh anggota mitra kelompok tani.

Peningkatan skor rata-rata sebesar 23 poin ini mengindikasikan efektivitas pendekatan edukatif dan partisipatif yang digunakan tim pengabdian masyarakat. Materi yang diberikan tidak hanya memperkenalkan konsep dasar DDF, tetapi juga memperkuat pemahaman praktis melalui contoh aplikasi mesin, analisis keekonomian sederhana (BEP), serta sesi tanya jawab yang membuka ruang bagi peserta untuk mengeksplorasi permasalahan teknis.



Gambar 5 Pemberian materi dan tanya jawab yang dikordinasikan oleh Bapak Mohammad Khoirul Effendi, PhD.



Gambar 6 Nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test* peserta.

Puncak kegiatan ditandai dengan penyerahan mesin diesel dual fuel dan mesin diesel pompa air dari ketua pengabdian masyarakat, bapak Mohammad Khoirul Effendi, Ph.D kepada bapak Hasan Abdullah, mewakili Kelompok Tani Surya Mandiri seperti terlihat pada Gambar 7. Kegiatan kemudian dilanjutkan dengan penjelasan komponen-komponen mesin DDF secara langsung, fungsi dari tiap komponen, cara pengoperasian, cara *maintenance* secara singkat, serta *trouble shooting* sederhana yang mungkin terjadi selama pengoperasian. *Safety procedure* juga dijelaskan dengan detail terutama ketika mesin dalam kondisi tidak dipakai, seperti melepas regulator gas LPG dan melepas sekering di ECU mesin DDF.

Kelompok Tani Surya Mandiri, sebagai penerima manfaat utama, menyambut baik inovasi ini melalui testimoni positif di akhir acara. Hasan Abdullah, ketua kelompok, menyatakan bahwa teknologi DDF hasil karya peneliti ITS tidak hanya meringankan beban biaya bahan bakar, tetapi juga menginspirasi petani muda untuk berinovasi dengan pendekatan ramah lingkungan. “Alat ini memberi harapan baru bagi petani di desa kami, terutama dalam menjaga produktivitas dan keberlanjutan usaha tani,” ujarnya. Target luaran dari pengabdian masyarakat ini ada dua buah yakni: (1) publikasi jurnal ilmiah dan (2) publikasi di media masa. Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah diliput oleh ITS news pada tanggal 30 September 2025 dimana tautan beritanya bisa diakses di <https://www.its.ac.id/news/2025/09/30/its-kenalkan-teknologi-diesel-dual-fuel-dorong-pertanian-ramah-lingkungan/>.



Gambar 7 Serah terima mesin DDF dan satu set diesel dari Bapak Mohammad Khoirul Effendi, Ph.D ke perwakilan Kelompok Tani Surya Mandiri.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan misi “menghidupkan pertanian ramah lingkungan menuju desa berdaya saing,” Tim Dosen dan Mahasiswa Teknik Mesin ITS membuktikan peran serta dalam mendorong transisi energi di sektor pertanian. Model kolaboratif ITS dengan masyarakat desa ini menjadi cerminan keberhasilan transfer teknologi melalui pendekatan edukasi, pemberdayaan, dan pengabdian berbasis solusi nyata. Pengembangan dan adopsi teknologi *diesel dual fuel* di Desa Wanar menjadi inspirasi bagi desa-desa lain untuk memanfaatkan inovasi serupa, sehingga cita-cita Indonesia menuju pertanian hijau semakin nyata. Hasil *pre* dan *post test* anggota Kelompok Tani Surya Mandiri menunjukkan bahwa transfer teknologi pengetahuan DDF dari tim ITS kepada kelompok tani sudah berjalan dengan baik. Saran dan diskusi berkaitan perbaikan kinerja DDF menggunakan *pre-chamber* sangat layak untuk ditindaklanjuti dalam sebuah penelitian berkelanjutan dalam upaya meningkatkan performa purwarupa DDF yang sudah ada.

ITS berharap program ini dapat berkelanjutan, membuka peluang penelitian lanjutan dan penciptaan ekosistem pertanian yang tangguh dan lestari. Kegiatan ini bukan hanya solusi jangka pendek tetapi juga mendorong adopsi teknologi tepat guna untuk sektor pertanian yang lebih efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan. ITS dan mitra berharap program dapat direplikasi ke desa lain, serta didorong penelitian lanjutan terkait pengembangan sistem otomatisasi, monitoring kinerja, dan konversi alat lain menggunakan basis *dual fuel*.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DRPM ITS dan Kelompok Tani Surya Mandiri atas dukungan dan bantuan dana yang telah diberikan dalam kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat berjalan dengan baik, lancar, dan sukses.

Referensi

1. Kaminitz SC. The significance of GDP: a new take on a century-old question. *Journal of Economic Methodology* 2023;30(1):1–14.
2. Badan Pusat Statistik, Produk Domestik Bruto Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha (miliar rupiah), 2024; 2025. [Diakses 24 Oktober 2025]. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/UzFSTVVXUlliME5XYzBZNUwwNVFRa3h6Y1d3M1p6MDkjMw>
3. Khairiyakh R, Agustono A, Rahayu W, Fauzia G, Elwamendri E. Kontribusi Sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan dalam Perekonomian Provinsi Jambi. *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis* 2022;24(2):17–21.
4. Listiani R, Setiyadi A, Santoso SI. Analisis Pendapatan Usahatani Padi di Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian (Agrisocionomics)* 2019;3(1):50–58.

5. BPH Migas. Laporan Kinerja BPH Migas. Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi Republik Indonesia; 2024.
6. Jamrozik A, Tutak W, Grab-Rogaliński K. An Experimental Study on the Performance and Emission of the diesel/CNG Dual-Fuel Combustion Mode in a Stationary CI Engine. *Energies* 2019;12(20):3857.
7. Talebian M, Herrera O, Mérida W. Comparing alternative heavy-duty drivetrains based on GHG emissions, ownership and abatement costs: Simulations of freight routes in British Columbia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2019;76:19–55.
8. Talebian M, Herrera O, Mérida W. Examining the role of natural gas and advanced vehicle technologies in mitigating CO2 emissions of heavy-duty trucks: Modeling prototypical British Columbia routes with road grades. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2018 July;62:186–211.
9. Arcaklioğlu E, Çelikten A diesel engine's performance and exhaust emissions. *Applied Energy* 2005 January;80(1):11–22.
10. Mohsin R, Majid ZA, Shihnan AH, Nasri NS, Sharer Z. Effect of biodiesel blends on engine performance and exhaust emission for diesel dual fuel engine. *Energy Conversion and Management* 2014 December;88:821–828.
11. Karim GA. *Dual-Fuel Diesel Engines*. CRC Press; 2015.
12. Qi DH, Chen H, Geng LM, Bian YZ. Impact of physical properties of biodiesel on the injection process in a common-rail direct injection system. *Energy Conversion and Management* 2009;50(12):2905–2912.
13. Rakopoulos CD, Rakopoulos DC, Giakoumis EG, Papagiannakis RG. The effects of turbocharger on the performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with biodiesel. *Renewable Energy* 2009 April;34(4):989–993.
14. Pandian M, Sivaprakasam SP, Udayakumar S. The Effect of Injection Pressure and EGR on the Performance and Emission Characteristics of a Heavy Duty DI Diesel Engine. In: *SAE Technical Paper 2003-01-1068* SAE International; 2003. Doi:10.4271/2003-01-1068.
15. Sayin B, Canakci M, Kilicaslan AR, Ozsezen N. Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions. *Energy Conversion and Management* 2003 February;44(3):389–397.

Cara mengutip artikel ini: Effendi, M. K., Suryo, I. B., Izzudin, M. Y., Batan, I. M. L., Sampurno, Wahjudi, (2025), Sinergi Akademisi dan Petani: Implementasi Teknologi *Diesel Dual Fuel* (DDF) Untuk Pertanian Ramah Lingkungan Di Desa Wanar, *Sewagati*, 9(6):1523–1532, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i6.9075>.