

## PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIODIESEL PADA SISTIM INJECTOR MESIN DIESEL

Suryanto <sup>1)</sup>, Abdul Rahman <sup>2)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Teknik Pembangkit, Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang  
suryanto@poliupg.ac.id

### ABSTRACT

The use of biodiesel fuel mixtures, which are encouraged by the government to reduce imports of conventional fuels, also has a positive impact on reducing exhaust emissions. This study aims to see how far the impact of the use of biodiesel mixed fuel on engine components that are in direct contact with the use of fuel, especially parts of the injector and filter systems in the diesel engine fuel system. Although engine performance can also be affected by the use of biodiesel blends, this study does not review this and is limited to the effect on engine components specifically related to the fuel injector system and fuel filter. The research method that will be used is an experimental method by testing the use of biodiesel mixed fuel with a mixture concentration of 30% (B30) with conventional diesel oil. The biodiesel blended oil was tested on a six-wheeled, 4-cylinder Toyota Dyna truck. The duration of vehicle testing lasts 60 days with operating time ranging from 360 hours. The test results show that the injector parts that were evaluated after the tests such as the dimensions of the nozzle holes, fuel atomization, surface conditions of other injector parts that are in contact with the fuel flow, namely the filter, did not experience significant changes. Including in this case, the engine starting system has no effect at all with the use of B30.

**Keywords:** Biodiesel, Effects, components, injectors.

### 1. PENDAHULUAN

Produksi bahan bakar konvensional dalam negeri dari waktu ke waktu cenderung semakin berkurang. Pada tahun 2000, produksi minyak bumi Indonesia masih berada di kisaran 1,5 juta bph (barell per day), kemudian pada tahun 2010 menjadi 1 juta bph. Pada tahun 2019 produksi minyak mentah tinggal 659 barell per hari. Sementara itu laju penggunaan bahan bakar semakin bertambah dari waktu ke waktu. Defisit antara produksi dan konsumsi minyak mentah Indonesia makin membesar dari tahun ke tahun. Berdasarkan publikasi dari British Petroleum Statistical Review 2019, surplus minyak mentah Indonesia terakhir terjadi sebesar 100 ribu bph pada tahun 2002, yakni dengan produksi 1,3 juta bph dan konsumsi 1,2 juta bph. Pada tahun 2005, Indonesia defisit 200 ribu bph, meningkat menjadi 400 ribu bph pada tahun 2010 hingga akhirnya defisit 1 juta bph pada akhir 2018 [1].

Untuk mengurangi devisa mengalir keluar negeri khususnya untuk impor bahan bakar minyak, maka pemerintah mengambil kebijakan untuk menggunakan bahan bakar alternatif yang bersifat renewable/terbarukan seperti biodiesel dan bioethanol untuk mensubsitisi penggunaan bahan bakar konvensional (fossil fuel). Kebijakan pemerintah menerapkan aturan B30 merupakan salah satu upaya mengurangi penggunaan energi fosil. Pencampuran 30% (B30) berdasarkan Kepdirjen EBTKE No. 197 K/10/DJE/2019 tentang Spesifikasi bahan bakar nabati (BBN) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain yang dipasarkan di Dalam Negeri [2].

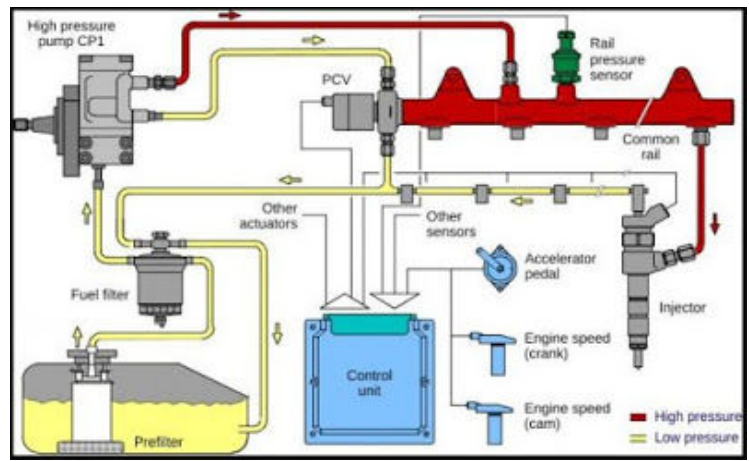
Namun sampai saat ini, penggunaan bahan bakar biodiesel untuk mensubsitisi bahan bakar diesel konvensional secara nasional tidak begitu menggembirakan, baik untuk penggunaan industry maupun untuk kendaraan transportasi. Sementara jika ditinjau dari potensi produksi biodiesel nasional adalah sangat besar yang ditunjang oleh kapasitas bahan baku yang berasal dari minyak sawit. Selain itu terdapat beberapa peraturan pemerintah yang menyangkut kebijakan penggunaan biodiesel secara nasional sangat mendukung.

Terdapat beberapa masalah yang menyebabkan hal tersebut diatas tidak berjalan sebagaimana mestinya. Namun dari beberapa factor yang menyebabkan penggunaan bahan bakar biodiesel terhambat, terdapat factor yang sangat terkait dengan aspek teknikal. Factor tersebut adalah factor efek penggunaan bahan bakar campuran biodiesel terhadap mesin diesel. Hal ini karena penelitian yang seksama mengenai sampai sejauh mana pengaruh campuran biodiesel pada bahan bakar konvensional terhadap mesin belum dipahami diteliti secara mendalam. Hal ini menyebabkan tingkat kepercayaan masyarakat terhadap penggunaan bahan bakar biodiesel masih negatif. Keadaan tersebut menyebabkan pihak pabrikan kendaraan juga belum mengeluarkan secara resmi garansi untuk penggunaan bahan bakar biodiesel.

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Suryanto, Telp.081243379562, suryanto@poliupg.ac.id

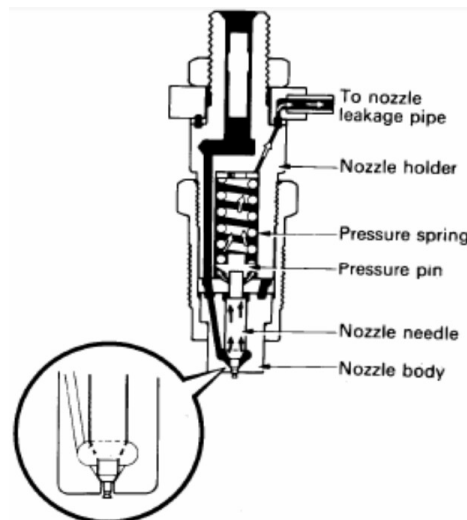
Konsentrasi campuran biodiesel yang diijinkan pemerintah sejauh ini maximum 30 % volume, dimana dipasaran dikenal dengan nama B30. Sebelumnya konsentrasi campuran biodiesel hanya dibatasi sampai dengan 20 % (B20). Penggunaan bahan bakar dinegara lain seperti di Brazil, USA dan beberapa Negara Eropa untuk konsentrasi 20 % sudah cukup populer. Dan beberapa perusahaan mobil yang memasarkan kendaraan di beberapa Negara sudah memberikan garansi untuk penggunaan bahan bakar biodiesel sampai dengan 20 % [3].

Mesin diesel modern yang multi silinder (jumlah silinder lebih dari satu), saat ini umumnya menggunakan sistim penyaluran bahan bakar ke silinder dengan metode common rail yang dilengkapi dengan electronic control unit (ECU), [4]). Bahan bakar ditekan oleh suatu pompa tekanan tinggi (CP1) yang dapat mencapai tekanan 200 bar ke silinder melalui suatu common rail ke sistim injector, seperti pada Gambar 1. Tekanan yang tinggi ini dibutuhkan untuk membantu bahan bakar dapat diinjeksi ke silinder melalui suatu injector pada tekan yang lebih tinggi dari tekanan dalam silinder pada saat langka kompressi. Perlu diketahui bahwa pada langkah kompressi terdapat tekanan yang tinggi pada ruang silinder yang menyempit untuk menjamin bahan bakar dapat terbakar secara spontan tanpa menggunakan pemicu api seperti busi pada mesin petrol. Hal ini dapat terjadi karena pada saat langka akhir kompressi tekanan di dalam silinder akan naik diatas 40 Bar dan menyebabkan temperatur udara yang bertekanan tersebut menjadi naik diatas 500 °C. Pada kondisi ini jika bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dalam bentuk kabutan, maka bahan bakar akan terbakar secara spontan karena sudah melewati titik bakarnya (fash point, minyak diesel berkisar 180 sampai dengan 200 °C) dan selanjutnya akan terjadi langka daya karena timbulnya tekanan dan temperature yang tinggi dan selanjutnya akan menggerakkan poros engkol mesin.



Gambar 1. Sistim injeksi bahan bakar yang menggunakan common rail pada mesin diesel

Untuk membantu proses pengabutan bahan bakar pada saat masuk ke ruang silinder mesin, maka digunakan suatu nozel yang dibantu oleh suatu jarum pengatur yang dilengkapi oleh suatu pegas (spring) pada injector. Gambar 2 memperlihatkan mekanisme sistim injector pada mesin diesel.



Gambar 2. Nozel injector mesin diesel

Pengujian performance dan efek terhadap gas buang dengan menggunakan bahan bakar campuran biodiesel dan diesel konvensional telah banyak dilakukan oleh peneliti lain. Umumnya hasil pengujian performance mesin dengan menggunakan campuran biodiesel menghasilkan hal yang positif. Hijur Raheman dkk [5] yang telah meneliti pengaruh campuran biodiesel dengan konsentrasi 10% dan 20% dengan variasi beban mesin pada suatu mesin diesel kecepatan tinggi mendapatkan kenyataan bahwa kemampuan mesin ditinjau dari penggunaan bahan bakar spesifik (SFC) lebih tinggi 2% sampai 3% dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar konvensional. Bahkan peneliti lain Wail dkk [6] yang menggunakan campuran biodiesel 20% (B20), menyimpulkan bahwa terdapat kenaikan 5,9% SFC dibanding bahan bakar konvensional. Peneliti lain yang meninjau daya mesin dengan menggunakan bahan bakar campuran biodiesel adalah Ismet dkk [7] mendapatkan kenyataan bahwa efek penggunaan campuran biodiesel dapat menurunkan daya sampai dengan 5% hal ini disebabkan karena nilai kalor biodiesel lebih rendah dibanding bahan bakar biodiesel konvensional [8].

Dalam hal emisi gas buang juga telah banyak diriset untuk melihat efek penggunaan bahan campuran biodiesel. Peneliti seperti Wail dkk [6] menyimpulkan bahwa dengan menggunakan campuran biodiesel diperoleh fakta bahwa kandungan emisi CO dan HC turun jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar diesel fosil. Hal ini menunjukkan campuran biodiesel meningkatkan proses pembakaran bahan bakar dan ditunjukkan dengan meningkatnya SFC sebesar 5,9%. Jinlin dkk [9] yang juga menyelidiki pengaruh campuran biodiesel terhadap emisi gas buang mesin menyimpulkan bahwa kandungan CO dan HC pada gas buang turun kecuali molekul NO<sub>x</sub> meningkat. Suryanto dkk juga meninjau penggunaan bahan bakar campuran biodiesel yang diproduksi sendiri dengan sistem batch sampai 50% (B50) yang diuji pada mesin diesel satu silinder memperoleh fakta bahwa emisi gas buang khususnya unsur CO, CO<sub>2</sub> dan HC turun cukup signifikan.

Hampir semua peneliti menyimpulkan bahwa efek penggunaan bahan bakar campuran biodiesel dengan diesel konvensional dapat menurunkan emisi gas buang terutama unsur CO<sub>2</sub>, CO, HC, kecuali unsur NO<sub>x</sub>. Dalam hal penggunaan bahan bakar spesifik (SFC) lebih baik jika dibandingkan dengan bahan bakar konvensional ini dikarenakan bahan bakar biodiesel membantu proses pembakaran dalam silinder mesin lebih baik.

Pengaruh penggunaan bahan bakar terhadap korosi material engine yang telah diteliti oleh Xuang dkk [10] yang menguji penggunaan bahan bakar biodiesel dengan konsentrasi dari 50% (B50) sampai dengan 100% (B100). Mereka melaporkan bahwa ada peningkatan unsur aluminium (Al) 0,02 mpy demikian juga unsur tembaga (Cu) dan carbon Steel namun pada unsur Stainless-steel hampir tidak ada. Hal ini dapat dimungkinkan jika biodiesel yang digunakan mengandung air dan juga gliserol.

Terdapat beberapa standar biodiesel yang diperkenankan di beberapa negara, namun pada prinsipnya parameter dan batasan nilai yang diperkenankan tidak jauh berbeda. Produk biodiesel yang dipasarkan pada masing-masing Negara harus memenuhi standar yang dikeluarkan oleh pemerintah setempat. Di Amerika misalnya menggunakan standar biodiesel ASTM D 6751, Eropa EN 14214 [12], dan di Indonesia menggunakan standar RSNI EB20551 [13]. Manfaat studi ini akan memberi kepercayaan kepada pengguna

bahan bakar biodiesel dan pemerintah sehingga dapat dijadikan sebagai dasar pijakan kepada pemegang kebijakan dalam hal penggunaan bahan bakar biodiesel. Bagi pihak manufaktur kendaraan, hasil penelitian dapat membantu untuk pertimbangan mengeluarkan rekomendasi garansi penggunaan campuran bahan bakar biodiesel bagi mesin produksinya.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana bahan bakar biodiesel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah hasil produksi dari prototype biodiesel plant yang telah dibuat dan diteliti sebelumnya serta memenuhi standar biodiesel Indonesia yakni RSNI EB20551 dan standar biodiesel Amerika ASTM D6571. Merujuk hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya [8]. Mesin uji untuk penelitian dilakukan pada suatu kendaraan truk roda enam dengan mesin diesel 4 silinder, jenis Toyota Dyna dengan kapasitas daya mesin 130 PS pada putaran 2700 rpm. Sistem pemasukan bahan bakar (*fuel system*) pada mesin ini adalah *direct injection* dan dilengkapi *turbocharger intercooler*.

Pemeriksaan dan pengambilan data kondisi sebelum dan sesudah diuji pada objek khususnya sistem injector dan filter dilakukan di laboratorium Otomoti Teknik Mesin PNUP. Pengujian pengaruh penggunaan bahan bakar campuran biodiesel terhadap sistem injector mesin diesel terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut

- a. Pengecekan sistem saluran bahan bakar. Pada tahap ini tangki bahan bakar pada kendaraan akan dikosongkan dan dibersihkan dari berbagai kotoran yang tidak diinginkan sampai kering.
- b. Penggantian saringan bahan bakar (filter) bahan bakar. Pada tahap ini komponen filter bahan bakar yang sudah terpakai diganti dengan filter bahan bakar yang baru.
- c. Pemeriksaan kondisi sistem saluran bahan bakar dan sistem injector. Pada tahap ini sistem injector dilepas dari mesin dan didokumentasikan kondisinya seperti kondisi deposit dan pengabutan bahan bakar. Pada tahap ini pembersihan dan pengukuran akan dilakukan, termasuk mendokumentasikan kondisi visual awal sistem injector seperti model pengabutan bahan bakar yang diuji dengan injector tester pada tekanan sekitar 200 bar ( 20 MPa).
- d. Pemasangan kembali komponen sistem bahan bakar pada kondisi normal
- e. Pengisian bahan bakar campuran ke tangki bahan bakar dengan konsentrasi biodiesel 30 % volume (B30). Konsentrasi campuran 30 % biodiesel ini dilakukan setiap pengisian ulang tangki bahan bakar.
- f. Kendaraan dioperasikan kembali dan setelah beroperasi selama 60 hari dengan rata-rata waktu operasional mesin 4 jam perhari atau total mesin operasi kurang lebih 240 jam, dengan jarak jelajah kurang lebih 3600 km (asumsi jelajah rata-rata adalah 15 km/jam), komponen sistem injector dan filter bahan bakar diperiksa dan dievaluasi kondisinya.

Adapun hal-hal yang diperiksa kondisinya adalah sebagai berikut:

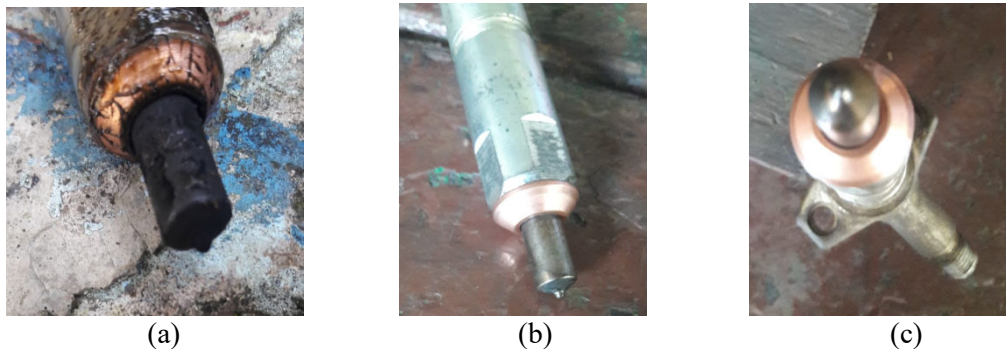
- Dimensi lubang nozel
- Warna dan kondisi permukaan bagian-bagian injector lainnya yang bersinggungan dengan aliran bahan bakar termasuk pengaruh korosi.
- Kondisi pengabutan.
- Pemeriksaan kondisi filter bahan bakar.
- Kondisi operasional kendaraan selama operasi (sistem starting mesin dan akselerasi).

Data pengujian yang diperoleh dibandingkan dengan hasil sebelum menggunakan bahan bakar campuran (hanya menggunakan solar konvensional). Data pembandingan membantu dalam menjustifikasi seberapa besar dampak penggunaan bahan bakar biodiesel dibanding dengan penggunaan bahan bakar konvensional (tanpa campuran biodiesel) khususnya pada sistem injector mesin diesel.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

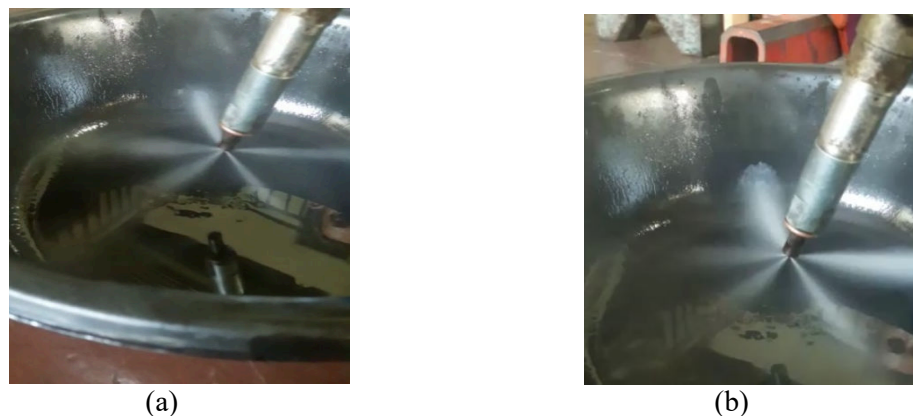
Dengan menggunakan bahan bakar B30 dalam durasi operasional mesin berkisar 390 jam, diperoleh beberapa pengaruh terhadap injector. Gambar 3 menunjukkan hasil pengambilan data pada injector sebelum dan sesudah penggunaan bahan bakar campuran biodiesel. Gambar 3 a menunjukkan permukaan luar injector setelah dibersihkan dengan kondisi yang halus dengan warna abu-abu. Sementara Gambar 3b memperlihatkan sejumlah deposit terdapat melengket pada permukaan luar yang berwarna kehitaman, menunjukkan bahwa deposit tersebut didominasi oleh elemen unsur Carbon dan sisanya unsur lain. Menurut studi yang dilakukan peneliti lain [14] [15] yang menguji mesin diesel dengan biodiesel 100 % (B100) dan 30 % (B30) yang mengevaluasi deposit pada injector dengan metode EDX diperoleh prosentase karbon dapat mencapai 43.5 %

berat dan sisanya unsur Silikon ( Si) serta unsur logam seperti Fe, Mn, Cr dan Ni dalam prosentase yang bervariasi. Jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini bahwa jika dibandingkan dengan jika menggunakan bahan bakar tanpa campuran biodiesel maka konsentrasi C yang terbentuk hanya 24,1 %.



Gambar 3. Kondisi Injektor sebelum dan sesudah menggunakan campuran biodiesel 30 % (B30)

Kondisi pengabutan bahan bakar jika dibandingkan dengan menggunakan campuran bahan bakar biodiesel tidak berpengaruh, hal ini menunjukkan dimensi lubang-lubang pada injector tidak mengalami degradasi yang berarti. Gambar 4 menunjukkan model pengabutan sebelum dan sesudah penggunaan bahan bakar campuran B30. Injektor dibersihkan terlebih dahulu permukaan luarnya diuji sebelum dan sesudah digunakan untuk bahan bakar B30. Tekanan uji yang diberikan berkisar 20 MPa ( 200 bar). Menurut hasil penelitian sebelumnya [14] yang mengukur dimensi lubang pada injector dengan metode SEM, diperoleh data bahwa lubang mengalami sedikit perubahan dari ukuran rata-rata awal 293  $\mu\text{m}$  menjadi 272  $\mu\text{m}$  dalam waktu operasi mesin uji 200 jam. Perubahan ini mengindikasikan bahwa terdapat perubahan dimensi hole pada injector, karena adanya elemen deposit yang melengket pada permukaan lubang sehingga dimensi perubahan menjadi lebih kecil dari sebelumnya. Namun perubahan minor tersebut tidak mengalami perubahan kualitas pengabutan bahan bakar seperti pada gambar 4b.



Gambar 4. Model pengabutan bahan bakar sebelum (a) dan setelah menggunakan (b) B30 durasi 390 jam

Adapun kondisi filter setelah menggunakan bahan bakar campuran biodiesel yang dioperasikan pada durasi kurang lebih 900 jam tidak mengalami degradasi yang berarti. Terdapat beberapa partikel kotoran yang menyebabkan perubahan warna pada bagian saringan dalam filter, namun tidak mempengaruhi sistim starting mesin dan akselerasi kendaraan uji. Hal ini menunjukkan komponen filter kondisinya masih pada batas normal.

### 3. KESIMPULAN

Setelah beroperasi kurang lebih 240 jam dengan menggunakan bahan bakar campuran minyak diesel konvensional dengan 30% biodiesel yang biasa disebut (B30) terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. pada sistim injector bahan bakar terdapat deposit yang cukup signifikan melengket pada daerah sisi luar injector yang diprediksi terjadi karena adanya unsur carbon yang menumpuk hasil pembakaran yang tidak sempurna yang terakumulasi pada ruang bakar silinder;

- b. deposit yang terdapat pada sisi luar setelah dibersihkan dengan menggunakan peralatan khusus tidak menyebabkan degradasi material injector dengan melihat kualitas pengabutan bahan bakar yang baik yang menjamin proses pembakaran juga berlangsung baik;
- c. Walaupun filter bahan bakar tidak mengalami perubahan yang berarti namun penggantian saringan bahan bakar perlu diganti setiap periode tertentu untuk menghindari hambatan saluran bahan bakar;
- d. Penggunaan bahan bakar campuran biodiesel (B30) dalam waktu yang relatif lama tidak menyebabkan persoalan yang serius terhadap sistem injector mesin diesel sehingga operasional mesin secara keseluruhan tidak mengalami persoalan yang berarti.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BP Statistical Review of World Energy, 2019, 68<sup>th</sup> Edition.
- [2] Keputusan Dirjen Energy Baru Terbarukan, 2019, Kepdirjen EBTKE No. 197 K/10/DJE/2019.
- [3] Angelo C. Pinto, Lilian L. N. Guarieiro, Michelle J. C. Rezende, 2015., Biodiesel: An Overview, J. Braz. Chem. Soc., Vol. 16, No. 6B, 1313-1330.
- [4] Yunus Khan, 2020, A Review of Performance-Enhancing Innovative Modifications in Biodiesel Engines, int. journal Energies, MDPI, vol 13 p. 1-22.
- [5] Hifjur Raheman, Prakash C Jena and Snehal S Jadav, 2013, Performance of a diesel engine with blends of biodiesel (from a mixture of oils) and high-speed diesel, Int. Journal of Energy and Environmental Engineering, Vol 4 issue 6.
- [6] Wail M. Adaileh and Khaled S. AlQdah, 2012, Performance of Diesel Engine Fuelled by a Biodiesel Extracted From A Waste Cooking Oil, Energy Procedia, Elsevier Science Direct Vol. 18, p.1317-1334.
- [7] Ismet Celik, Cem Sosgut, Nuri ceylan, 2008, The effects of biodiesel usage on the components of an engine, int. Journal Global Energy Issues, Vo 29, No. 3, p 303-313.
- [8] Suryanto, Wahyu B. U, Marwan, 2015, Novel Oscillatory Flow Reactor to Improve Biodiesel Production Continuous System, Int. Journal ISJR Vol.4 issue 3.
- [9] Jinlin Xue, Tony E. Grift, Alan C. Hansen, 2011, Effect of biodiesel on engine performances and emissions, Int. Journal, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier Vol. 15 p.1098-1116
- [10] Xuan Phuong Nguyen and Hai Nam Vu, 2019, Corrosion of The Metal Parts of Diesel Engines In Biodiesel-Based Fuels, Int. Journal of Renewable Energy Development (IJRED), Vol 8 No.2, p 119-132.
- [12] Madhu A., Sunny S., Kailash S., S. P. Chaurasia dan R. K. Dohare, 2013, Biodiesel Yield Assessment in Continuous-Flow Reactors Using Batch Reactor Conditions, International Journal of Green Energy, DOI: 10.1080/15435075.2011.647171, Vol. 10. p 28-40.
- [13] Suryanto, 2018, Produksi Biodiesel Sistem Batch dan Uji Emisi Pada Mesin Diesel), Jurnal INTEK, Vol 5 (1) p. 53-59.
- [14] I. CELIK and O. AYDIN, 2011, Effects of B100 Biodiesel on Injector and Pump Piston, Tribology Transactions, Society of Tribologist and Lubrication Engineer, Vol. 54, p 424-431.
- [15] Zeka Angger Hartono, Beny Cahyono, 2020, Effect of Using B30 Palm Oil Biodiesel to Deposit Forming and Wear Metal of Diesel Engine Components, International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 5(1), p 10-19.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) atas dukungan dana yang diberikan.