

# Analisis pengaruh penambahan *preliminary fuel filter* pada *excavator* tipe PC 200-8M0 dengan uji *cleanliness* terhadap kualitas bahan bakar

Mochamad Ali Yavi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

## Article Info

### Article history

Received August 8, 2022

Revised January 4, 2022

Accepted January 9, 2023

### Keywords

*Excavator;*  
*Preliminary Fuel Filter;*  
*Cleanliness test;*

## ABSTRACT

*Heavy equipment is a tool designed to help facilitate human work on a large scale. One type of heavy equipment that is often encountered is the type of excavator with a capacity of 20 tons, PC type 200-8M0. The fuel used is the type of diesel fuel B30 which means that the diesel content is 70% and 30% biodiesel or vegetable oil. The problem that often occurs in the excavator fuel system is that the damage to the fuel filter is not in accordance with the maintenance schedule, which results in the maintenance schedule being disrupted. With the addition of a preliminary fuel filter, it is hoped that the maintenance schedule will be more appropriate and the filtration process will work optimally. The method used to determine the cause of damage to the fuel filter is the ISO 4406 cleanliness test method to determine the level of cleanliness of the fuel based on the size of the particles contained in the fuel. The results of the cleanliness test show that the ISO Code after the filtration process is close to the specified ISO Code standard but is still above the specified quality standard. With the addition of a preliminary fuel filter and the results of the Cleanliness test, it can be concluded that the root of the problem of filter damage is due to the particle size contained in the fuel that is not in accordance with quality standards which results in faster filter damage and higher maintenance costs. With the addition of a preliminary fuel filter, the maintenance schedule is more regular and maintenance costs are lower..*

*This is an open-access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



### \*Corresponding Author

Mochamad Ali Yavi,  
Jurusan Teknik Mesin,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Mercu Buana,  
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia  
Email: 41319310009@student.mercubuana.ac.id, aliyavi14@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan alat berat atau heavy equipment akhir – akhir ini makin hari makin bertambah, ini disebabkan karena penggunaan alat berat dapat memudahkan pekerjaan baik itu dalam skala kecil maupun dalam skala besar. Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan 10 pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Alat berat merupakan

faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek besar yang tujuannya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik [7].

Salah satu jenis alat berat yang sering di gunakan yaitu excavator yang mempunyai fungsi utama untuk pekerjaan penggalian. Namun excavator juga dapat digunakan untuk pekerjaan perataan tanah, membuat kemiringan (sloping), loading dan unloading material, dan lain sebagainya [14]. Adapun excavator yang sering di jumpai dalam industri dan konstruksi yaitu excavator type PC200-8M0. Didalam excavator terdapat system penggerak yang disebut power train. System penggerak utama power train pada excavator yaitu engine.

Motor bakar atau engine adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis [15]. Motor bakar pembakaran dalam di bagi dua jenis yaitu motor bensin(Otto) dan motor diesel [1]. Excavator PC 200-8M0 ini menggunakan jenis engine diesel dengan type engine SAA6D107E-1 yang berbahan bakar minyak solar. Didalam engine terdapat salah satu proses yang dinamakan pembakaran atau system pembakaran. Pada proses pembakaran tersebut dibutuhkan kualitas bahan bakar yang bagus supaya terjadi pembakaran yang sempurna dan tidak meninggalkan kotoran yang mengakibatkan kerak. Pada system bahan bakar di dukung oleh beberapa komponen utama di antaranya adalah Fuel Injection Pump, Fuel Pre Filter, Fuel Filter, Feed Pump, Nozzle, Fuel Tank.

Pada saat dilakukan perawatan berkala pada excavator PC 200-8M0 ditemukan banyak kotoran pada fuel filter dan kerak pada pipa saluran bahan bakar. Akibat dari banyaknya kotoran pada system bahan bakar mengakibatkan penggantian komponen meningkat tidak sesuai usia komponen dan jadwal perawatan terganggu. Kualitas tingkat kebersihan bahan bakar menjadi perhatian khusus dalam proses penyimpanan maupun pendistribusian bahan bakar pada system bahan bakar excavator. Metode terbaik untuk mengetahui ukuran dan konsentrasi partikel kotoran tersebut adalah dengan pengukuran jumlah partikel. Hasilnya dilaporkan dalam jumlah partikel per mililiter atau jumlah partikel per 100 mililiter pada ukuran partikel yang diberikan dan kode kebersihan ISO 4406 [13].

Dari dasar uraian diatas, bahwa tingkat kebersihan atau partikel yang terkandung di dalam bahan bakar terlalu tinggi sehingga menimbulkan beberapa permasalahan pada system distribusi bahan bakar. Maka dari itu dilakukan penambahan preliminary fuel filter pada system bahan bakar dengan harapan dapat meningkatkan filtrasi/penyaringan kotoran bahan bakar supaya kualitas bahan bakar lebih bagus. Atas hal tersebut maka penulis melakukan analisa dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan Preliminary Fuel Filter Pada Excavator Tipe PC 200-8M0 Dengan Uji Cleanliness Terhadap Kualitas Bahan Bakar” supaya dapat mengetahui dampak atau keuntungan dengan penambahan Fuel Filter pada system bahan bakar.

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1 Tahapan Observasi Lapangan

Berikut hasil observasi di lapangan, pada saat dilakukan perawatan dan penggantian komponen ditemukan beberapa permasalahan antara lain sebagai berikut:

- Banyak kerak pada filter



**Gambar 2.1:** Kondisi kerak pada kisi – kisi filter

- Bahan bakar berwarna hitam pekat pada filter



**Gambar 2.2:** Kondisi bahan bakar pada filter

- Kerak/kotoran pada dinding pipa bahan bakar



**Gambar 2.3:** Kerak pada hose/pipa sistem bahan bakar

- Kerak pada ujung injector



**Gambar 2.4:** Kerak pada ujunginjector

- Residu pada tangki penyimpanan bahan bakar



**Gambar 2.5:** Residu/endapan pada tangka penyimpanan

## 2.2 Pengambilan sample bahan bakar

Proses pengambilan sample bahan bakar dilakukan pada 2 titik yaitu pada tangki penyimpanan stok bahan bakar dan ouput main filter yaitu setelah poses filtrasi bahan bakar. Masing – masing titik dilakukan pengambilan sample sebanyak 1 (satu) liter untuk dibawa ke laboratorium dan dilakukan pengujian.



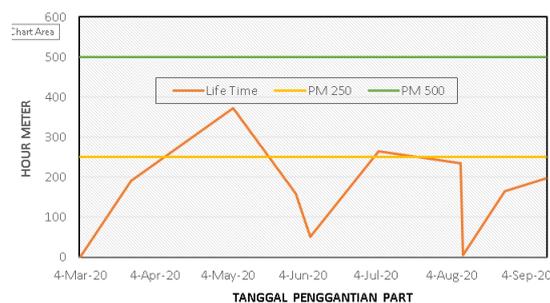
**Gambar 2.6:** Pengambilan sample pada tangka penyimpanan stok bahan bakar



**Gambar 2.7:** Pengambilan sample pada out put main filter

## 2.3 Tahapan Identifikasi masalah

Adapun hasil identifikasi masalah penulis menemukan bahwa akibat dari hasil observasi dilapangan menemukan perawatan (Preventif Maintenance) terganggu, life time spare part semakin pendek dan ditemukan juga inovasi penambahan preliminary fuel filter pada sistem bahan bakar excavator PC 200-8M0. Berikut hasil dari identifikasi masalah:



**Gambar 2.8:** Grafik penggantian komponen terhadap standard *life time spare part*

**Tabel 2.1:** Part penambahan *preliminary fuel filter*

No	Part	No Part	Jmlh	Sat	Harga
1	Housing Filter Nissan BTX	-	1	Pcs	1.350.000
2	Filter Solar	F-1805	1	Pcs	60.000
3	Hose	Ø 10 mm	1	Mtr	60.000
4	Baut 17	4 Cm	2	Pcs	30.000
5	Clamp	Ø 10 mm	4	Pcs	20.000
6	Seal Tape		1	Pcs	5.000
7	Kabel Tiss	10 Cm	4	Pcs	10.000
<b>TOTAL</b>					<b>1.535.000</b>

## 2.4 Tahapan penelitian dan pengujian

Pada tahapan ini penulis melakukan penelitian dan pengujian sample bahan bakar yang di ambil langsung dari tangki bahan bakar excavator PC 200-8M0 dan setelah proses filtrasi sebelum masuk injector. Proses pengujian Cleanliness yang dilakukan yaitu sistem Particle Size Analyzer (PSA) dimana proses ini untuk melihat ukuran partikel di dalam sample dengan cara menghamburkan cahaya dan menghasilkan sinyal analog yang diolah menjadi deret hitung. Lalu untuk menentukan standar ukuran partikel Cleanliness mengacu pada ISO Code 4406. Sedangkan untuk mengetahui nilai yang terkandung di dalam bahan bakar yaitu menggunakan metode American Standar Testing Material (ASTM). Salah satu metode uji yang dilakukan yaitu ASTM D189 dimana untuk mengetahui residu karbon dimana karbon sebagai salah satu penyebab kerak dan gumpalan. Cara pengujian metode ASTM D189 yaitu sampel dipanaskan dalam krus tanpa kontak dengan udara. Pada akhir pemanasan sampel didinginkan dalam desikator dan sisa karbo di timbang.

**Tabel 2.2:** Tabel ISO Code 4406

ISO Code	Number of Particles per mL	
	More Than	Up to and Including
24	80.000	160000
23	40.000	80000
22	20.000	40000
21	10.000	20000
20	5.000	10000
19	2.500	5000
18	1.250	2500
17	640	1250
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64
5	0,16	0,32
4	0,08	0,16
3	0,04	0,08
2	0,02	0,04
1	0,01	0,02

## 2.5 Tahapan analisis data

Pada tahapan ini penulis melakukan analisis data dengan metode perbandingan antara hasil pengujian dan penelitan dengan standard mutu yang ada terhadap kualitas bahan bakar dan tingkat kebersihan bahan bakar.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

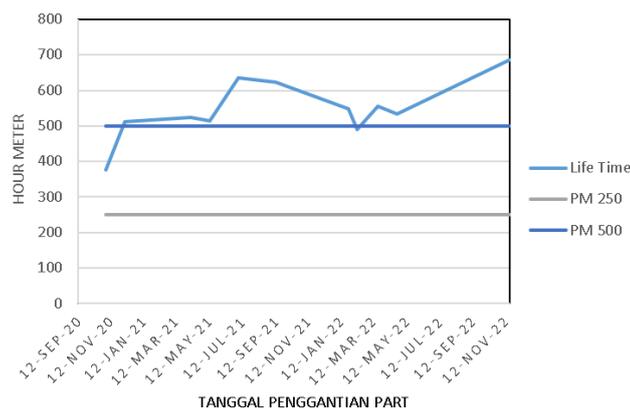
### 3.1 Pencatatan sejarah perawatan setelah penambahan preliminary fuel filter

Berikut hasil pencatatan sejarah perawatan dan penggantian part setelah dilakukan penambahan preliminary fuel filter pada sistem bahan bakar. Sejarah perawatan ditunjukkan pada table & grafik dimana perawatan dan penggantian part dilakukan pada *Preventif Maintenance Hour Meter 500* Sebagai berikut:

**Tabel 3.1:** Sejarah perawatan dan penggantian part

Tanggal Perawatan	Hour Meter	Life Time	Kegiatan Perawatan		Penggantian Part
			PM 250	PM 500	
12-Sep-20	3623		Penambahan Preliminary Fuel Filter		
2-Nov-20	4000	377	Preliminary Filter*		
7-Dec-20	4511	511		500	
9-Feb-22	5000	489		500	
8-Apr-21	5524	524		500	
13-May-21	6037	513		500	- Preliminary Fuel Filter
5-Jul-21	6673	636		500	- Pre Filter
11-Sep-21	7297	624		500	- Main Filter
18-Nov-21	7983	686		500	
24-Jan-22	8532	549		500	
20-Mar-22	9087	555		500	
24-Apr-22	9620	533		500	

\* Preliminary Fuel Filter hanya di cuci



Gambar 3.1: Grafik interfal penggantian part (filter bahan bakar)

### 3.2 Pengujian sample bahan bakar

Berikut hasil pengujian kandungan bahan bakar dan tingkat kebersihan bahan bakar dengan uji cleanliness yang mengacu pada ISO 4406 & Word Wide Fuel Charter.

Tabel 3.2: Hasil pengujian sample bahan bakar B30

No	Deskripsi	Satuan	Pada Tangki		Setelah Filtrasi	
			Result	Code	Result	Code
<b>A Kandungan Bahan Bakar</b>						
	Lab Number		00525/F/22		00526/F/22	
	Report Date		14/07/2022		14/07/2022	
1	Berat Jenis pada 15°C	kg/m <sup>3</sup>	859,30		859,80	
2	Viskositas pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,90		3,80	
3	Kandungan Sulfur	% m/m	0,09		0,09	
4	Distilasi: 90 % vol Penguapan	°C	365,00		361,00	
5	Titik Nyala	°C	69,00		70,00	
6	Titik Kabut atau Titik Tuang	°C	9,00		12,00	
7	Residu Karbon	% m/m	0,05		0,05	
8	Kandungan Air	mg/kg	316,00		282,00	
9	Kandungan FAME	%	30,88		30,56	
10	Kandungan Abu	% m/m	0,001		0,001	
11	Kandungan Sedimen	% m/m	0,002		0,004	
12	Bilangan Asam Total	mg KOH/gr	0,20		0,15	
<b>B Tingkat Kebersihan Bahan Bakar</b>						
	Lab Number		480/F/22		479/F/22	
	Report Date		27/06/2022		27/06/2022	
1	Cleanliness ISO 4406					
	> 4µm	count/mL	18230	21	5174	20
	> 6µm	count/mL	5568	20	1916	18
	> 14µm	count/mL	624	16	58	13

Dari hasil pengujian tersebut, untuk mengetahui ISO Code pada uji Cleanliness tersebut yaitu dengan cara sebagai berikut. Diketahui banyaknya partikel yang terkandung dalam 1 ml dengan besar ukuran lebih besar dari 4µm, 6µm, 14µm pada setiap sample yaitu pada Tabel 3.2 pada poin B Nomor 1. Setelah mengetahui jumlah partikel yang terkandung, maka lihat pada tabel satandart ISO Code 4406 untuk mengetahui jumlah partikel tersebut masuk pada ISO Code berapa. Jika dilihat dari hasil pengujian tersebut maka ISO Code yang diperoleh pada sampel B30 yaitu pada tangki 21/20/16 dan B30 setelah filtrasi yaitu 20/18/13.

### 3.3 Analisis data

#### 3.3.1 Analisis perawatan dan penggantian part

Jika dianalisis berdasarkan jadwal perawatan dan penggantian part berdasarkan hasil pencatatan sejarah perawatan sebelum dan sesudah penambahan *preliminary fuel filter* terdapat perubahan atau perbedaan sebagai berikut:

Sebelum penambahan *preliminary fuel filter*:

- Life time filter rata – rata tidak sampai atau dibawah dari life time yang seharusnya yaitu HM 250

- b. Kegiatan penggantian part pada HM 250 tetap dilakukan karena kondisi filter pada bahan bakar sudah buruk secara fisual
- c. Jadwal perawatan tidak stabil atau cenderung dibawah waktu yang ditentukan

Sesudah penambahan preliminary fuel filter:

- a. Life time filter lebih lama yaitu penggantian filter pada HM 250 sudah tidak ada menjadi HM 500 atau mendekati bahkan banyak yang di atas HM500
- b. Kegiatan perawatan HM 250 tetap dilakukan tetapi tidak ada penggantian part filter
- c. Jadwal perawatan lebih stabil dan cenderung sesuai dengan ketentuan manual book



**Gambar 3.2:** Grafik perbandingan penggantian part sebelum dan sesudah penambahan filter

### 3.3.2 Analisis biaya penggantian part

Jika dilihat dari segi komponen biaya yang timbul akibat penggantian part maka menunjukkan hasil analisis terhadap biaya sebagai berikut:

**Tabel 3.3:** Biaya sebelum penambahan *preliminary fuel filter*

Tanggal Perawatan	Hour Meter	Life Time	Kegiatan Perawatan		Penggantian Part	Harga Part
			PM 250	PM 500		
4-Mar-20	1987					
25-Mar-20	2178	191	250		- Pre Filter	Rp 2.249.400
6-May-20	2549	371		500	- Pre Filter - Main Filter	Rp 2.249.400 Rp 417.900
1-Jun-20	2708	159	250		- Pre Filter	Rp 2.249.400
7-Jun-20	2759	51			- Pre Filter*	Rp 2.249.400
5-Jul-20	3023	264		500	- Pre Filter - Main Filter	Rp 2.249.400 Rp 417.900
8-Aug-20	3257	234	250		- Pre Filter	Rp 2.249.400
9-Aug-20	3262	5			- Pre Filter**	
26-Aug-20	3426	164	250		- Pre Filter	Rp 2.249.400
12-Sep-20	3623	197		500	- Pre Filter - Main Filter	Rp 2.249.400 Rp 417.900
<b>TOTAL</b>		<b>1636</b>				<b>Rp 19.248.900</b>

\* Penggantian Pre Filter

\*\* Pencucian Pre Filter karena bbm berwarna gelap

**Tabel 3.4:** Biaya setelah penambahan *preliminary fuel filter*

Tanggal Perawatan	Hour Meter	Life Time	PM 500	Penggantian Part	Harga Part
12-Sep-20	3623			Penambahan Preliminary Filter	Rp 1.535.000
2-Nov-20	4000	377		- Pre Filter*	
				- Pre Filter	Rp 2.249.400
7-Dec-20	4511	511	500	- Main Filter	Rp 417.900
				- Preliminary Fuel Filter	Rp 60.000
				- Pre Filter	Rp 2.249.400
9-Feb-22	5000	489	500	- Main Filter	Rp 417.900
				- Preliminary Fuel Filter	Rp 60.000
				- Pre Filter	Rp 2.249.400
8-Apr-21	5524	524	500	- Main Filter	Rp 417.900
				- Preliminary Fuel Filter	Rp 60.000
<b>TOTAL</b>		<b>1901</b>			<b>Rp 8.181.900</b>

\* Preliminary Fuel Filter hanya di cuci

### 3.3.3 Analisis kandungan dan tingkat kebersihan bahan bakar

Disini penulis melakukan analisis kandungan bahan bakar dengan membandingkan hasil penelitian/pengujian sample terhadap standart mutu yang sudah di atur di dalam SK Dirjen Migas dan standart mutu yang direkomendasikan pada manual book excavator PC 200-8M0.

**Tabel 3.5:** Perbandingan hasil pengujian sample dengan standard mutu yang telah ditentukan

No	Deskripsi	Satuan	Pada Tangki		Setelah Filtrasi		SK Dirjen Manual Book			
			Result	Code	Result	Code	Min	Max	Min	Max
<b>A Kandungan Bahan Bakar</b>										
	Lab Number		00525/F/22		00526/F/22					
	Report Date		14/07/2022		14/07/2022					
1	Berat Jenis pada 15°C	kg/m <sup>3</sup>	859,30		859,80		815	880	810	870
2	Viskositas pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,90		3,80		2	4,5	1,7	5,5
3	Kandungan Sulfur	% m/m	0,09		0,09		0,25		0,5	
4	Distilasi: 90 % vol Penguapan	°C	365,00		361,00		370	360	330	
5	Titik Nyala	°C	69,00		70,00		52,00		50	
6	Titik Kabut atau Titik Tuang	°C	9,00		12,00		18		10	
7	Residu Karbon	% m/m	0,05		0,05		0,1		0,35	
8	Kandungan Air	mg/kg	316,00		282,00		425		500	
9	Kandungan FAME	%	30,88		30,56		30,00			
10	Kandungan Abu	% m/m	0,001		0,001		0,01			
11	Kandungan Sedimen	% m/m	0,002		0,004		0,01			
12	Bilangan Total	Asam mg KOH/gr	0,20		0,15		0,30		0,6	
<b>B Tingkat Kebersihan Bahan Bakar</b>										
							<b>ISO4406 WWFC</b>			
							<b>Result Code</b>			
	Lab Number		480/F/22		479/F/22					
	Report Date		27/06/2022		27/06/2022					
1	Cleanliness ISO 4406									
	> 4µm	count/mL	18230	21	5174	20	1300 s d 2500		18	
	> 6µm	count/mL	5568	20	1916	18	320 s d 640		16	
	> 14µm	count/mL	624	16	58	13	40 s d 80		13	

Jika dilihat pada Tabel 3.5 hasil pengujian pada poin (A) kandungan bahan bakar masih dalam batas normal yang berarti sesuai dengan standart Dirjen Migas dan Manual Book Excavator. Sedangkan pada poin (B) hasil dari uji cleanliness ISO 4406 terdapat perubahan pada ukuran partikel yang terkandung di dalam bahan bakar.

Perubahan partikel yang terkandung di dalam bahan bakar tersebut cenderung menurun setelah proses filtrasi. Adapun dapat di lihat bahwa ISO Code setelah proses filtrasi dibawah dari ISO Code sebelum proses filtrasi

dan ISO Code setelah proses filtrasi mendekati dari standart yang ditentukan oleh Word Wide Fuel Charter (WWFC).

Hasil dari analisis yang telah dilakukan penulis menunjukkan bahwa penambahan preliminary fuel filter berpengaruh terhadap jadwal penggantian part dan maintenance alat menjadi lebih lama dan konsisten. Sedangkan hasil dari analisis kualitas bahan bakar menunjukkan indikasi adanya akar masalah kerusakan pada sistem bahan bakar dan filter, yaitu pada ukuran partikel yang terkandung jauh dari standard ISO Code dan Word Wide Fuel Charter.

#### 4. KESIMPULAN

Berikut beberapa kesimpulan dari hasil proses analisis dampak penambahan preliminary fuel filter pada excavator PC 200-8M0 antara lain:

Dari hasil pencatatan sejarah perawatan dan penggantian part menunjukkan bahwa penambahan preliminary fuel filter memberikan dampak positif terhadap jadwal perawatan lebih sesuai dan life time spare part (filter bahan bakar) lebih lama dan sesuai dengan ketentuan yaitu pada PM 500. Jika ditinjau dari segi biaya, bahwa biaya sebelum penambahan preliminary fuel filter dengan life time 1636 HM sebesar Rp 19.248.900,- lebih mahal/lebih besar di dibandingkan dengan setelah penambahan preliminary fuel filter dengan life time lebih tinggi yaitu 1901 HM dan biaya lebih murah/rendah yaitu sebesar Rp 8.181.900,-. Maka dari itu jika di lihat dari segi biaya maka penambahan preliminary fuel filter sangat efektif.

Akar penyebab kerusakan filter yaitu, partikel kotoran yang melebihi standard mutu yang terkandung di dalam bahan bakar mengakibatkan kualitas bahan bakar menurun dan kotor. Kualitas sangatlah penting karena apabila bahan bakar memiliki kualitas rendah serta mengandung partikel – partikel yang tidak seharusnya maka dapat berpengaruh buruk terhadap life time komponen/part dan pada sistem bahan bakar tersebut.

Dari hasil pengujian tingkat kebersihan bahan bakar menggunakan metode uji Cleanliness yang mengacu pada ISO 4406 dan World Wide Fuel Charter menunjukkan hasil ISO Code 20/18/13, maka menunjukkan bahwa setelah proses filtrasi dan penambahan adanya preliminary fuel filter terbukti bekerja efektif dengan menunjukkan ISO Code mendekati standart WWFC yaitu 18/16/13.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar,W, kuichi Tsuda.1988. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta
- [2] Effendi, Yafid, Rifal. 2018. Uji Performa Mesin Diesel Satu Silinder Menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 0119:2012. Tangerang
- [3] Exoryanto, Dicky Yoko, Bambang Sudarmanta. 2016. Studi Eksperimen Unjuk Kerja Mesin Diesel Menggunakan Sistem Dual Fuel Solar-Gas CNG dengan Variasi Tekanan Injeksi Gas dan Derajat Waktu Injeksi. Surabaya
- [4] Komatsu. 2012. Operation and Maintenance Manual. Jepang
- [5] Komatsu. 2012. Shop Manual. Jepang
- [6] Muchlisinalahuddin. 2018. Analisis Prestasi Mesin Motor Bakar Diesel Type Pauss Model 175A Untuk Bahan Bakar Solar Dan Bio Solar. Sumatera Barat
- [7] Rostiyanti. 2002. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi I. Jakarta
- [8] Rukayadi, Rudi. 2015. Analisis Sistem Bahan Bakar Pada Wheel Loader XCMG ZL50GN. Surakarta
- [9] Samlawi, Achmad Kusairi. 2015. Teori Dasar Motor Diesel. Banjarbaru
- [10] Solikhah, Maharani Dewi dkk. Pedoman Penangan dan Penyimpanan Biodiesel dan Campuranya (B30). Jakarta: Direktorat Bioenergi
- [11] Syahrir, Muhammad, Sungkono. 2021. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodisel (B30) Dan Dexlite terhadap Kinerja Mesin Diesel. Makassar
- [12] Syahrini, Ariyawan, Marsius Ferdinan. 2017. Analisis Pengaruh Penambahan Racor pada Sistem Bahan Bakar Mitsubishi Type KB4 T Commonrail. Balikpapan
- [13] Ulfati, Ratu. 2008. Pentingnya Kebersihan Pelumasan Mesin. Jakarta
- [14] UT School. 2008. Product Knowledge. Jakarta
- [15] Wardono,H. 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah. Bandar Lampung