

OPTIMALISASI KINERJA MOTOR DIESEL MELALUI MODIFIKASI SIRKULASI PENDINGINAN PADA MOTOR DIESEL SATU SILINDER STASIONER

Dwi Inayatul Khoeriyah ¹⁾ ✉, Nugrah Rekto Prabowo ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
dwiiinayatul31@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
nugrahprabowo03@gmail.com

Abstract

Diesel engines are a type of internal combustion engine widely used both as a power source for transportation and as industrial machinery drivers. This study aims to determine the performance of a diesel engine through circulation modifications on a stationary single-cylinder diesel engine. This study explores the impact of the cooling water circulation model with external circulation on the performance of diesel engines. The results indicate that the addition of water circulation can enhance diesel engine performance, particularly in terms of power and torque. The engine's power saw a maximum increase of 4.53% at a water flow rate of 73.529 lt/sc, while torque increased by up to 4.61% at the same flow rate. Furthermore, the addition of water circulation also affected the specific fuel consumption (SFC), with an increase of up to 8.89% at a flow rate of 85.32 lt/sc.

Keyword : Coolant water flow rate, Diesel engine, Performance

1. PENDAHULUAN

Motor diesel termasuk jenis motor pembakaran dalam yang ditemukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1879 dengan sistem penyalan kompresi, yaitu pembakaran bahan bakar terjadi akibat temperatur tinggi hasil kompresi udara di dalam silinder^[1]. Mesin ini banyak diaplikasikan pada sektor transportasi maupun industri karena memiliki efisiensi termal relatif tinggi, yaitu sekitar 40–45%, dibandingkan motor bensin^[2]. Unjuk kerja motor diesel dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain efisiensi volumetrik, rasio kompresi, sistem bahan bakar, pelumasan, serta pendinginan. Pada umumnya, motor diesel stasioner menerapkan pendinginan alami menggunakan media air yang sederhana dan tidak memerlukan banyak komponen tambahan. Namun demikian, metode tersebut kurang efektif pada kondisi beban tinggi sehingga berpotensi menimbulkan *overheating* dan penurunan daya keluaran. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem pendinginan yang lebih optimal guna meningkatkan performa motor diesel^[3].

Sebelum melakukan perhitungan performansi yang dihasilkan berupa Daya motor, Torsi dan Penggunaan bahan bakar spesifik, maka perlu diketahui persamaan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Daya (P)

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{60000} \quad (1)$$

Keterangan :

P : Daya (KW)

τ : Torsi (Nm)

n : Putaran Motor (rpm)

2. Torsi (τ)

$$\tau = \frac{P \cdot 60000}{2\pi \cdot 1500} \quad (2)$$

Keterangan :

τ : Torsi (Nm)

P : Daya (Kw)

3. Specific Fuel Consumption (Sfc)

$$Sfc = \frac{mf}{P} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{Kw}} \cdot \text{h} \right)$$

$$mf = \frac{b \cdot 3600}{t \cdot 1000} \cdot \rho_{bb} \quad (3)$$

Keterangan :

mf : laju aliran konsumsi bahan bakar (kg/h)

ρ_{bb} : berat jenis bahan bakar

Sfc : bahan bakar yang dipakai (kg/kw.h)

b : volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

t : waktu yang diperlukan untuk mengkosongkan buret (ml)

P : daya motor (Kw)

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan eksperimen, dengan merubah system pendinginan sirkulasi dalam (Model Hopper) menjadi pendinginan sirkulasi luar. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tahap persiapan pengambilan data, pengolahan data dan analisis data. Data penelitian merupakan hasil pengukuran torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik. Pengukuran daya dan waktu mengosongkan buret dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap jenis modifikasi system pendinginan sirkulasi dalam menjadi pendinginan sirkulasi luar. Hasil pengujian kemudian dibandingkan antara penggunaan system pendinginan sirkulasi dalam menjadi pendinginan sirkulasi luar terhadap performansi (Torsi, Daya dan Konsumsi bahan bakar spesifik).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Daya

Beban (W)	Daya (W)				
	X1	X2	X3	X4	X5
100	73,8	75,4	76,5	69,4	73,5
200	153,2	152,7	158	140,6	153,8
300	241	239,9	243,1	220,9	243,9
400	329	331,7	336,7	320,8	338
500	422,7	421,3	441,3	399,4	429,7
600	506,7	511,7	527,2	536,4	514,2

700	589,4	597,4	611,2	635,2	609,8
-----	-------	-------	-------	-------	-------

Beban (W)	Daya (W)				
	X1	X2	X3	X4	X5
800	680,3	689,4	701,1	728,9	702,1
900	770	780	795	805,5	802,6
1000	861,4	859,1	881,1	893,7	874,8
1100	931,3	948,2	971,4	982,3	966,5
1200	1008	1025	1052	1006,7	1055
1300	1090	1110	1131	1129	1135
1400	1149	1160	1201	1237	1213
1500	1223	1234	1272	1307	1270
1600	1290	1312	1335	1423	1340
1700	1343	1374	1405	1482	1403
1800	1402	1433	1470	1544	1462
1900	1458	1474	1503	1597	1504
2000	1498	1518	1545	1611	1549
2100	1551	1548	1562	1624	1562
2200	1555	1550	1487	1662	1568
2300	1568	1530	1535	1679	1510
2400	1523	1544	1541	1635	1539
2500	1498	1474	1279	1239	879

Tabel 2. Hasil Pengukuran Torsi

Beban (W)	Torsi (Nm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
100	0,235	0,240	0,244	0,221	0,234
200	0,488	0,486	0,503	0,448	0,490
300	0,768	0,764	0,774	0,704	0,777
400	1,048	1,056	1,072	1,022	1,076
500	1,346	1,342	1,405	1,272	1,368
600	1,614	1,630	1,679	1,708	1,638
700	1,877	1,903	1,946	2,023	1,942
800	2,167	2,196	2,233	2,321	2,236
900	2,452	2,484	2,532	2,565	2,556
1000	2,743	2,736	2,806	2,846	2,786
1100	2,966	3,020	3,094	3,128	3,078
1200	3,210	3,264	3,350	3,206	3,360
1300	3,471	3,535	3,602	3,596	3,615
1400	3,659	3,694	3,825	3,939	3,863
1500	3,895	3,930	4,051	4,162	4,045
1600	4,108	4,178	4,252	4,532	4,268
1700	4,277	4,376	4,475	4,720	4,468
1800	4,465	4,564	4,682	4,917	4,656
1900	4,643	4,694	4,787	5,086	4,790
2000	4,771	4,834	4,920	5,131	4,933
2100	4,939	4,930	4,975	5,172	4,975

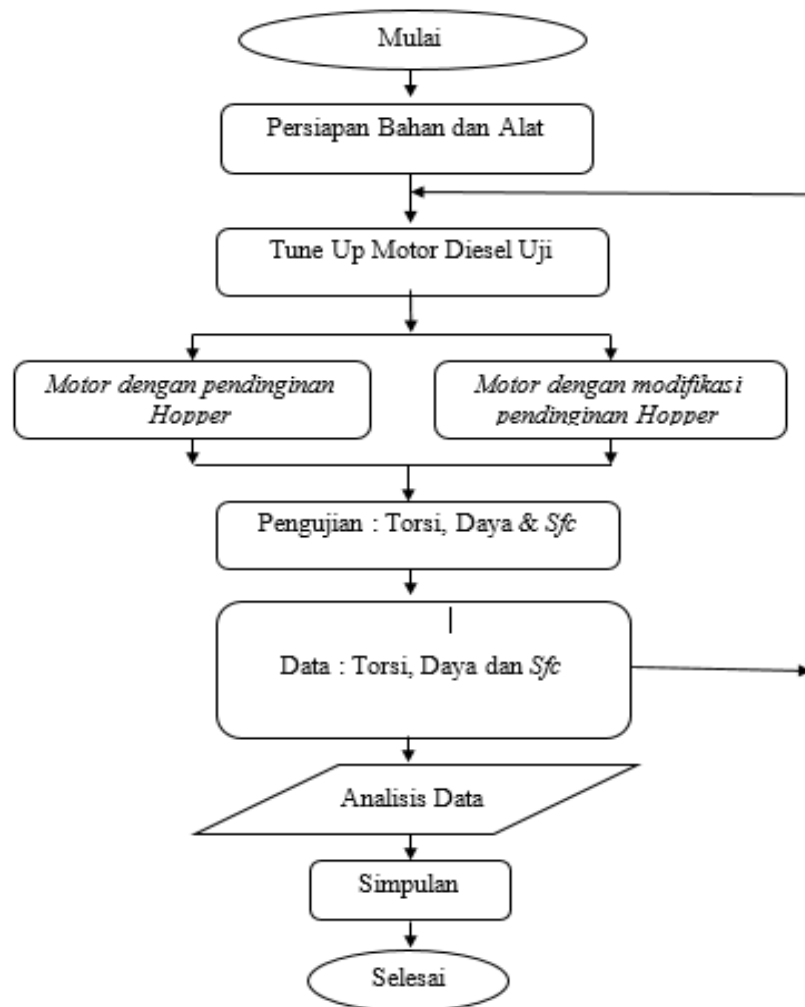
2200	4,952	4,936	4,736	5,293	4,994
------	-------	-------	-------	-------	-------

Beban (W)	Daya (W)				
	X1	X2	X3	X4	X5
2300	4,994	4,873	4,889	5,347	4,809
2400	4,850	4,917	4,908	5,207	4,901
2500	4,771	4,694	4,392	3,946	2,799

Tabel 3. Hasil Pengukuran SFC

Beban (W)	SFC ($\frac{\text{kg}}{\text{Kw} \cdot \text{h}}$)				
	X1	X2	X3	X4	X5
100	3,86	3,62	3,76	3,94	4,21
200	2,00	1,92	1,98	2,18	2,01
300	1,34	1,31	1,36	1,60	1,36
400	1,03	1,00	1,02	1,10	1,10
500	0,87	0,84	0,87	0,94	0,92
600	0,74	0,76	0,77	0,74	0,82
700	0,68	0,69	0,71	0,72	0,73
800	0,62	0,66	0,64	0,65	0,67
900	0,60	0,59	0,62	0,58	0,61
1000	0,58	0,58	0,57	0,57	0,60
1100	0,54	0,56	0,54	0,54	0,55
1200	0,53	0,52	0,54	0,56	0,56
1300	0,49	0,50	0,52	0,52	0,53
1400	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50
1500	0,49	0,50	0,50	0,49	0,52
1600	0,49	0,49	0,51	0,49	0,51
1700	0,49	0,51	0,49	0,50	0,49
1800	0,46	0,48	0,50	0,49	0,49
1900	0,49	0,49	0,52	0,48	0,50
2000	0,49	0,54	0,53	0,52	0,50
2100	0,50	0,53	0,58	0,51	0,52
2200	0,52	0,63	0,74	0,51	0,54
2300	0,54	0,66	0,67	0,57	0,64
2400	0,58	0,88	0,70	0,67	0,69
2500	0,70	0,92	1,05	1,24	1,57

2.2 Flowchart Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Perhitungan Penelitian

Berdasarkan data yang diukur, maka dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Daya

Untuk menghitung daya pada setiap pembebanan dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \cdot 1500 \cdot 0,235}{60000}$$

$$P = 73,8 \text{ W} = 0,0738 \text{ Kw}$$

2. Torsi

Torsi didapat dari pengujian pada setiap tahapan proses. Untuk menghitung daya generator pada setiap pembebanan dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut :

$$T = \frac{P \cdot 60000}{2\pi \cdot 1500}$$

$$T = \frac{0,0738 \times 60000}{2 \times 3,14 \times 3000}$$

$$T = 0,235 \text{ Nm}$$

3. Specific Fuel Consumption

Untuk menghitung Specific Fuel Consumption (SFC) menggunakan persamaan 3 sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{mf}{P} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Kw}} \cdot \text{h} \right)$$

$$mf = \frac{b \cdot 3600}{t \cdot 1000} \cdot \rho bb$$

$$mf = \frac{20 \times 3600}{20,97 \times 1000} \cdot 0,83 \text{ kg/jam}$$

$$mf = 2,918 \text{ kg/jam}$$

Sehingga, untuk menghitung bahan bakar yang dipakai atau Specific Fuel Consumption (SFC) adalah sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{mf}{P} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Kw}} \cdot \text{h} \right)$$

$$Sfc = \frac{0,2918}{0,0738} \frac{\text{kg}}{\text{Kw}} \cdot \text{h}$$

$$Sfc = 3,86 \frac{\text{kg}}{\text{Kw}} \cdot \text{h}$$

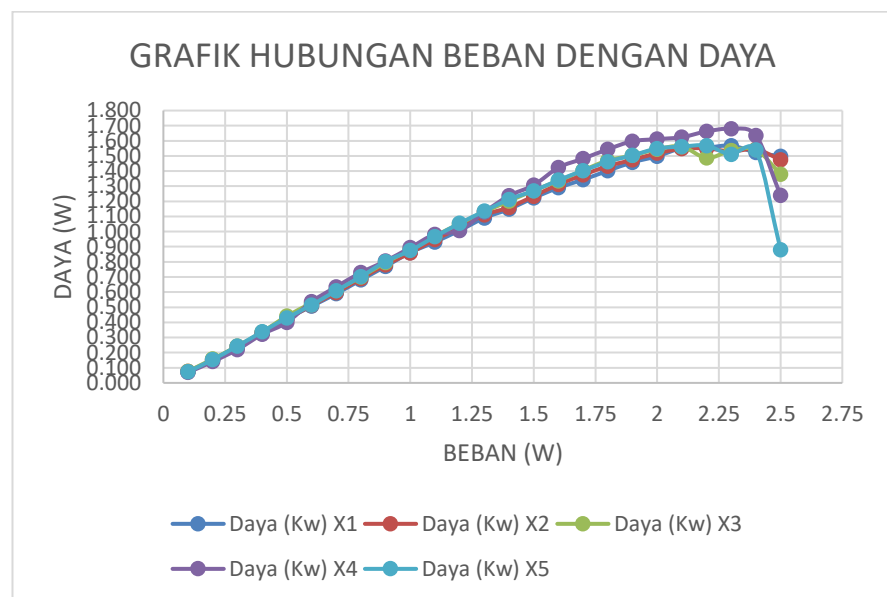
3.2 Analisa Data Penelitian

Data yang sudah dihitung maka akan dianalisa dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Analisa Data Pengujian Daya

Beban (Kw)	Daya (Kw)				
	X1	X2	X3	X4	X5
0,1	0,074	0,075	0,077	0,069	0,074
0,2	0,153	0,153	0,158	0,141	0,154
0,3	0,241	0,240	0,243	0,221	0,244
0,4	0,329	0,332	0,337	0,321	0,338
0,5	0,423	0,421	0,441	0,399	0,430
0,6	0,507	0,512	0,527	0,536	0,514
0,7	0,589	0,597	0,611	0,635	0,610
0,8	0,680	0,689	0,701	0,729	0,702
0,9	0,770	0,780	0,795	0,806	0,803
1	0,861	0,859	0,881	0,894	0,875

Beban (W)	Daya (Kw)				
	X1	X2	X3	X4	X5
1,1	0,931	0,948	0,971	0,982	0,967
1,2	1,008	1,025	1,052	1,007	1,055
1,3	1,090	1,110	1,131	1,129	1,135
1,4	1,149	1,160	1,201	1,237	1,213
1,5	1,223	1,234	1,272	1,307	1,270
1,6	1,290	1,312	1,335	1,423	1,340
1,7	1,343	1,374	1,405	1,482	1,403
1,8	1,402	1,433	1,470	1,544	1,462
1,9	1,458	1,474	1,503	1,597	1,504
2	1,498	1,518	1,545	1,611	1,549
2,1	1,551	1,548	1,562	1,624	1,562
2,2	1,555	1,550	1,487	1,662	1,568
2,3	1,568	1,530	1,535	1,679	1,510
2,4	1,523	1,544	1,541	1,635	1,539
2,5	1,498	1,474	1,379	1,239	0,879
Jumlah	24,715	24,893	25,161	25,909	24,698
Daya Rata-rata (Kw)	0,989	0,996	1,006	1,036	0,988
Daya Tertinggi (Kw)	1,568	1,55	1,562	1,679	1,568
Kenaikan / penurunan Prestasi (%)		0,71	1,68	4,53	-0,1



Gambar 2. Grafik hubungan daya sebagai fungsi beban

Setelah melakukan pengujian dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan, bahwa dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan dari luar akan meningkatkan prestasi motor. Dari pengujian yang dilakukan pada debit air 32,40 lt/sc mendapatkan hasil kenaikan prestasi 0,71 % dibandingkan dengan sirkulasi dalam, dan pada debit air 47,51 lt/sc mengalami kenaikan prestasi 1,68 % dibandingkan dengan system sirkulasi dalam dan debit air 32,40 lt/sc, serta dengan debit air 73,53 lt/sc mendapatkan prestasi paling tinggi yaitu 4,53 % dibanding pengujian sebelumnya, akan tetapi dengan pengujian debit air 85,32 lt/sc mengalami penurunan -0,1 % dibandingkan pengujian sirkulasi dari dalam dan pengujian dengan debit air sebelumnya.

Pembahasan

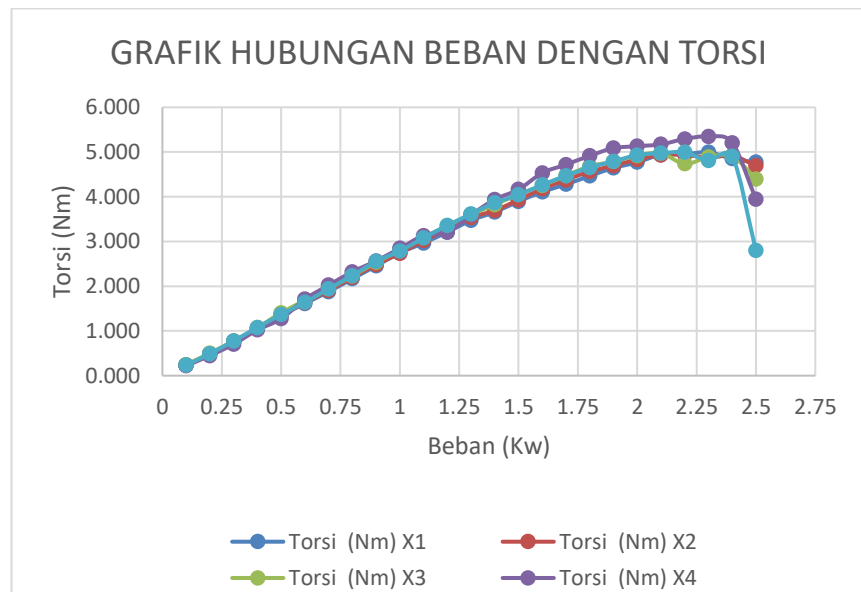
- 1) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 32,40 lt/sc menghasilkan prestasi daya 0,71 % lebih tinggi dari system sirkulasi dalam, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan beban pada motor daya yang dihasilkan semakin besar pula.

- 2) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 73,53 lt/sc menghasilkan prestasi daya yang lebih tinggi yaitu 4,53 % baik dari debit 47,505 lt/sc maupun dari system pendinginan dalam.
- 3) Pada pengujian sirkulasi pendingin luar dengan debit air 85,324 lt/sc menghasilkan prestasi mesin yang menurun yaitu -0,1%, dibandingkan sirkulasi pendingin luar dengan debit sebelumnya ini dikarenakan terjadi penurunan prestasi mesin karna mesin terlalu dingin sehingga terjadi overcooling.

Tabel 5. Analisa Data Pengujian Torsi

Beban (Kw)	Torsi (Nm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
0,1	0,235	0,240	0,244	0,221	0,234
0,2	0,488	0,486	0,503	0,448	0,490
0,3	0,768	0,764	0,774	0,704	0,777
0,4	1,048	1,056	1,072	1,022	1,076
0,5	1,346	1,342	1,405	1,272	1,368
0,6	1,614	1,630	1,679	1,708	1,638
0,7	1,877	1,903	1,946	2,023	1,942
0,8	2,167	2,196	2,233	2,321	2,236
0,9	2,452	2,484	2,532	2,565	2,556
1	2,743	2,736	2,806	2,846	2,786
1,1	2,966	3,020	3,094	3,128	3,078
1,2	3,210	3,264	3,350	3,206	3,360
1,3	3,471	3,535	3,602	3,596	3,615
1,4	3,659	3,694	3,825	3,939	3,863
1,5	3,895	3,930	4,051	4,162	4,045
1,6	4,108	4,178	4,252	4,532	4,268
1,7	4,277	4,376	4,475	4,720	4,468
1,8	4,465	4,564	4,682	4,917	4,656
1,9	4,643	4,694	4,787	5,086	4,790
2	4,771	4,834	4,920	5,131	4,933
2,1	4,939	4,930	4,975	5,172	4,975
2,2	4,952	4,936	4,736	5,293	4,994
2,3	4,994	4,873	4,889	5,347	4,809
2,4	4,850	4,917	4,908	5,207	4,901
2,5	4,771	4,694	4,392	3,946	2,799
Jumlah	78,710	79,276	80,129	82,512	78,656
Torsi Rata-rata (Nm)	3,148	3,171	3,205	3,300	3,146
Torsi Tertinggi (Nm)	4,994	4,936	4,975	5,347	4,994
Kenaikan /penurunan Prestasi %		0,72	1,81	4,61	-0,06

Setelah melakukan pengujian dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan, bahwa dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan dari luar akan meningkatkan torsi pada motor. Dari pengujian yang dilakukan pada debit air 32,40 lt/sc mendapatkan hasil kenaikan prestasi 0,72 % dibandingkan dengan sirkulasi dalam, dan pada debit air 47,51 lt/sc mengalami kenaikan prestasi 1,81 % dibandingkan dengan system sirkulasi dalam dan debit air 32,40 lt/sc, serta dengan debit air 73,53 lt/sc mendapatkan prestasi paling tinggi yaitu 4,61 % dibanding pengujian sebelumnya, akan tetapi dengan pengujian debit air 85,32 lt/sc mengalami penurunan -0,06 % dibandingkan pengujian sirkulasi dari dalam dan pengujian dengan debit air sebelumnya.



Gambar 3. Grafik hubungan torsi sebagai fungsi beban
Pembahasan

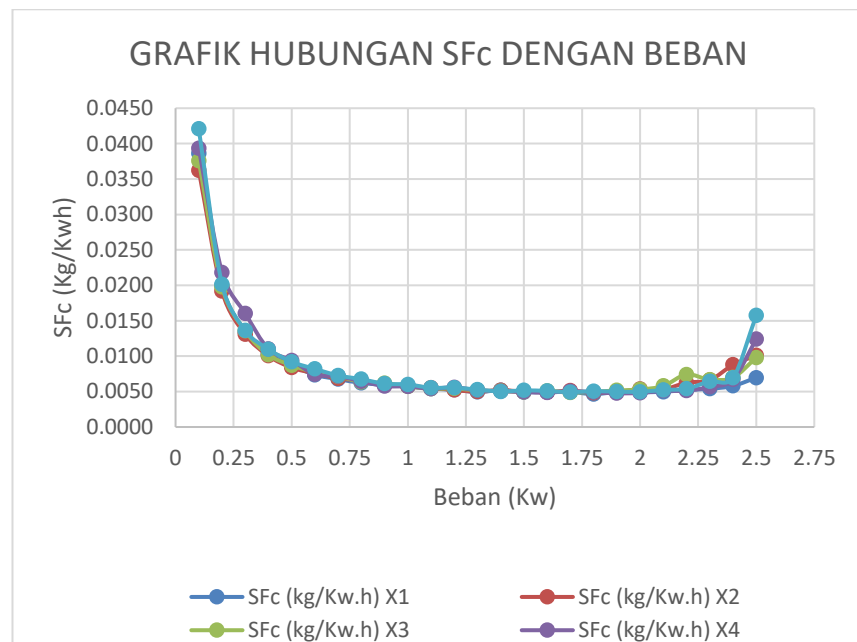
- 1) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 32,40 lt/sc menghasilkan prestasi torsi 0,72 % lebih tinggi dari system sirkulasi dalam, hal ini menunjukkan semakin besar penambahan beban pada motor maka torsi juga akan semakin besar.
- 2) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 47,51 lt/sc menghasilkan prestasi torsi yang lebih tinggi baik dari debit 32,40 lt/sc maupun dari system pendinginan dalam.
- 3) Pada pengujian sirkulasi pendingin luar dengan debit air 85,324 lt/sc menghasilkan prestasi mesin yang menurun yaitu -0,06% ini dikarenakan terjadi penurunan prestasi mesin karna mesin terlalu dingin sehingga terjadi overcooling.

Tabel 6. Analisa Data Pengujian Sfc

Beban (Kw)	Sfc (kg/Kw.h)				
	X1	X2	X3	X4	X5
0,1	0,0386	0,0362	0,0376	0,0394	0,0421
0,2	0,0200	0,0192	0,0198	0,0218	0,0201
0,3	0,0134	0,0131	0,0136	0,0160	0,0136
0,4	0,0103	0,0100	0,0102	0,0110	0,0110
0,5	0,0087	0,0084	0,0087	0,0094	0,0092
0,6	0,0074	0,0076	0,0077	0,0074	0,0082
0,7	0,0068	0,0069	0,0071	0,0072	0,0073
0,8	0,0062	0,0066	0,0064	0,0065	0,0067
0,9	0,0060	0,0059	0,0062	0,0058	0,0061
1	0,0058	0,0058	0,0057	0,0057	0,0060
1,1	0,0054	0,0056	0,0054	0,0054	0,0055
1,2	0,0053	0,0052	0,0054	0,0056	0,0056
1,3	0,0049	0,0050	0,0052	0,0052	0,0053
1,4	0,0052	0,0052	0,0051	0,0051	0,0050
1,5	0,0049	0,0050	0,0050	0,0049	0,0052
1,6	0,0049	0,0049	0,0051	0,0049	0,0051
1,7	0,0049	0,0051	0,0049	0,0050	0,0049
1,8	0,0046	0,0048	0,0050	0,0049	0,0051
1,9	0,0049	0,0049	0,0052	0,0048	0,0050
2	0,0049	0,0054	0,0053	0,0048	0,0050
2,1	0,0050	0,0053	0,0058	0,0051	0,0052
2,2	0,0052	0,0063	0,0074	0,0051	0,0054
2,3	0,0054	0,0066	0,0067	0,0057	0,0064
2,4	0,0058	0,0088	0,0070	0,0067	0,0069

2,5 0,0070 0,0101 0,0098 0,0124 0,0157

Beban (Kw)	SFc (Kg/Kw.h)				
	X1	X2	X3	X4	X5
Jumlah	0,2016	0,2079	0,2111	0,2158	0,2218
SFc Rata-rata (kg/Kw.h)	0,0081	0,0083	0,0084	0,0086	0,0089
SFc Terendah (kg/Kw.h)	0,0049	0,0048	0,0049	0,0048	0,0049
Kenaikan Prestasi %		2,41	3,57	5,81	8,98



Gambar 4. Grafik hubungan sfc sebagai fungsi beban

Setelah melakukan pengujian dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan, bahwa dengan mensirkulasikan air pada system pendinginan dari luar SFc semakin turun, akan tetapi pada pengujian ini nilai SFc turun akan tetapi mengalami kenaikan pada prestasi, dari pengujian yang dilakukan pada debit air 32,40 lt/sc mendapatkan hasil kenaikan prestasi 2,41 % dibandingkan dengan sirkulasi dalam, dan pada debit air 47,51 lt/sc mengalami kenaikan prestasi 3,57 % dibandingkan dengan system sirkulasi dalam dan debit air 32,40 lt/sc, serta dengan debit air 73,53 lt/sc mendapatkan prestasi paling tinggi yaitu 5,81 % dibanding pengujian sebelumnya, akan tetapi dengan pengujian debit air 85,32 lt/sc juga mengalami kenaikan 8,98 % dan menjadi kenaikan tertinggi dari debit sebelumnya.

Pembahasan

- 1) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 32,40 lt/sc menghasilkan peningkatan penggunaan bahan bakar 2,41 % lebih tinggi dari system sirkulasi dalam, hal ini menunjukkan adanya kenaikan penggunaan bahan bakar yang diperlukan.
- 2) Pada pengujian sirkulasi pendinginan luar dengan debit air 47,51 lt/sc memerlukan konsumsi bahan bakar lebih tinggi baik dari debit 32,40 lt/sc maupun dari system pendinginan dalam.
- 3) Pada pengujian sirkulasi pendingin luar dengan debit air 85,324 lt/sc mengasilkan peningkatan paling tinggi dibanding sirkulasi pendingin luar dengan debit sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Ada pengaruh pada penambahan sirkulasi terhadap prestasi kerja motor diesel, semakin besar debit air yang disirkulasikan semakin baik pula proses pembakaran yang mengakibatkan kenaikan daya. Untuk daya terendah pada pendinginan standar yaitu -0,01 % dan Peningkatan daya tertinggi yaitu 4,53% pada debit air 73,529 lt/sc sebagai media pendinginannya.
2. Ada pengaruh pada penambahan sirkulasi terhadap torsi motor, torsi merupakan fungsi dari Daya. Oleh karena itu jika prestasi kerja daya meningkat maka torsi juga meningkat. Untuk torsi terendah pada pendinginan standar yaitu -0,06 % sedangkan peningkatan torsi tertinggi yaitu 4,61 % pada debit air 73,53 lt/sc sebagai media pendinginannya.
3. Ada pengaruh penambahan sirkulasi terhadap penggunaan bahan bakar spesifikasi (SFc) motor, bertambahnya debit air serta dengan menggunakan sirkulasi luar pada system pendinginan menyebabkan pendinginan air semakin baik dan semakin stabil, akan tetapi mengalami kenaikan prestasi pada konsumsi bahan bakar. Untuk SFc tertinggi pada debit 85,32 lt/sc yaitu sejumlah 8,89 %.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Drs. Nugrah Rekto Prabowo, S.T., M.T. yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Rekayasa Mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad Kusairi Samlawi, S.T., M.M., M.T (2015). Motor bakar (teori dasar motor diesel)
- [2] Andri Ferdiansah. “Analisa perubahan model sirkulasi air pendingin Hopper dengan model sirkulasi luar pada system pendingin motor diesel putaran stasioner terhadap unjuk kerjanya.” Skripsi, Program Sarjana Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto, 2021.
- [3] Jupri Lukman dan Aris Fiatno (2019). Modifikasi Sistem Pendingin pada Mesin Diesel dan type Hopper ke tipe radiator untuk meningkatkan kinerja pendingin. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)
- [4] Enzo W.B. Siahaan (2018). Pengaruh Debit Aliran Air terhadap Efektifitas Radiator pada Motor Bakar Bensin 4 Langkah dengan Kapasitas Silinder 1329 CC.
- [5] Handoyo, E., K., & Modjo, R., T. (1999). Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel di Sebuah Huller. Jurnal teknik mesin Vol. 1 no 1, April 1998 : 8-13.
- [6] Kaminton Tambunan, Zaenal Fanani, Muji Prihajatno (2019). Analisis laju perpindahan panas pada system pendingin air tawar pada engine generator listrik.