

ANALISA PERBANDINGAN BAHAN BAKAR SOLAR DENGAN BIODIESEL B-20 MINYAK KELAPA SAWIT TERHADAP PERFORMANCE ENGINE KOMATSU SAA12V140E-3

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOLAR FUEL WITH BIODIESEL B-20 OIL PALM OIL ON KOMATSU PERFORMANCE ENGINE SAA12V140E3

MUHAMMAD MARTIN ¹⁾, SYAHRUL ANWAR ¹⁾ NASRUL ZEIN ¹⁾
¹⁾Departemen Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta
Email : martinmuhammad0303@yahoo.co.id

ABSTRACT

The government, in this case the Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia, has made a policy for users of diesel fuel, especially industry, to make changes to the use of alternative fuels. This is due to the scarcity of fuel oil (BBM) type of diesel obtained from petroleum products. This problem drives the Plant Rebuild Center as the provider of engine overhaul components to test to determine the difference in performance of engines using diesel fuel with alternative fuels, namely biodiesel B-20, so that it will be known the difference in percentage of the engine performance. The engine used as a test, uses the Komatsu engine with SAA12V140E-3 model. In this test, diesel fuel and biodiesel B-20 are tested to determine the performance of each with a measurement parameter in the form of fuel consumption, power, torque, specific fuel consumption and thermal brake efficiency. The research method used by means of experimental testing uses the engine test bench as a test tool. From the test results, the power produced by diesel-powered engines is 867,846 kW and the power produced by biodiesel B-20 engines is 836,643 kW. The power generated by a smaller B-20 biodiesel fuel engine is around 3.5% compared to the power generated by a diesel fuel engine.

Keywords: Diesel Engine, Solar, Biodiesel.

ABSTRAK

Pemerintah dalam hal ini kementerian energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia membuat kebijakan kepada pengguna bahan bakar solar khususnya industri untuk melakukan perubahan penggunaan bahan bakar alternatif. Hal ini dikarenakan kelangkaan akan bahan bakar minyak (BBM) jenis solar yang diperoleh dari hasil minyak bumi. Masalah ini mendorong *Plant Rebuild Center* selaku penyedia *component engine overhaul* melakukan pengujian untuk mengetahui perbedaan *performance engine* menggunakan bahan bakar solar dengan bahan bakar alternatif yaitu *biodiesel* B-20, sehingga akan diketahui perbedaan persentase dari *performance engine* tersebut. Adapun *engine* yang digunakan sebagai pengujian, menggunakan *engine* Komatsu dengan model SAA12V140E-3. Pada pengujian ini bahan bakar solar dan *biodiesel* B-20 diuji untuk mengetahui *performance* masing-masing dengan parameter ukur berupa konsumsi bahan bakar, daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi *thermal brake*. Adapun metode penelitian yang digunakan dengan cara uji eksperimental menggunakan *engine test bench* sebagai alat uji. Dari hasil pengujian maka didapatkan daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar solar sebesar 867,846 kW dan daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 836,643 kW. Daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar *biodiesel* B-20 lebih kecil sekitar 3,5 % dibanding daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar solar.

Kata kunci : Diesel Engine, Solar, Biodiesel

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PRC (*Plant Rebuild Center*) adalah salah satu cabang perusahaan kontraktor pertambangan batu bara yang bertugas menyediakan komponen *engine overhaul* Komatsu untuk unit alat berat. Model *engine* yang di *overhaul* di PRC (*Plant Rebuild Center*) diantaranya:

1. SAA12V140E-3 digunakan untuk unit model: HD 785-7

2. SA12V140-1 digunakan untuk unit model: HD785-5 dan WA800-3

3. SAA6D170E-5 digunakan untuk unit model: HD465-7R, PC1250-8, dan D375-6

4. SA6D170E-3 digunakan untuk unit model: D375-5

5. SAA6D140E-5 digunakan untuk unit model: D155-6

6. SA6D140-2 digunakan untuk unit model: GD825-2

Untuk saat ini *engine* dengan model SAA12V140E-3 memiliki torsi yang terbesar dan digunakan untuk model unit dengan populasi terbanyak dalam pertambangan. Hal ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1. Populasi dan Torsi Unit Komatsu

NO	UNIT MODEL	ENGINE MODEL	POPULASI UNIT	TORSI (Kg·m/rpm)
1	HD785-7	SAA12V140E-3	122	518/1350
2	HD785-5	SA12V140-1	32	425/1500
3	WA800-3		4	380/1400
4	HD645-7R	SAA6D170E-5	6	339/1400
5	PC1250-8		14	308/1300
6	D375-6	SA6D170E-3	14	278/1300
7	D375-5		13	270/1300
8	D155-6	SAA6D140E-5	18	175/1300
9	GD825-2	SA6V140-2	12	128/1400

Adapun untuk *engine* dengan model SAA12V140E-3 sudah menggunakan *fuel system* dengan teknologi *Commonrail Direct Injection* berbahan bakar solar. PT. United Tractor sebagai distributor tunggal *diesel engine* Komatsu di Indonesia merekomendasikan untuk bahan bakar solar sebaiknya menggunakan jenis HSD (*High Speed Diesel*) karena *engine* ini memiliki *compression ratio* tinggi yaitu 1:14,5. Tidak dibenarkan memakai bahan bakar solar dengan kualitas rendah. Hanya dibenarkan menggunakan bahan bakar solar dengan kualitas tinggi yaitu solar dex atau jenis solar dengan spesifikasi yang direkomendasikan yaitu dengan *cetana number* minimal 48, *Sulphur content* maksimal di 0,35%, dan *partikulat* maksimal 10 mg/l.

Bahan bakar *diesel engine* di Indonesia dikenal dengan nama solar. Bahan bakar *diesel engine* (solar) merupakan hasil penyulingan dari minyak bumi dengan kode B-0. Bahan bakar *diesel engine* jenis solar keberadaannya semakin lama semakin menipis, sehingga perlu adanya bahan bakar alternative salah satunya yaitu *biodiesel*. *Biodiesel* adalah solusi nyata untuk menggantikan bahan bakar jenis solar. *Biodiesel* merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bahan bakar *diesel engine* yang terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau lemak hewan. Di Indonesia melalui peraturan menteri energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia nomor 12 tahun 2015 kebijakan mandatori *biodiesel* dipercepat dari B-10 tahun 2014 menjadi B-15 tahun 2015 dan meningkat menjadi B-20 tahun 2016. Kemudian peraturan menteri energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia nomor 41 tahun 2018 bahwa penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati jenis *biodiesel* dalam kerangka pembiayaan oleh pengelola dana perkebunan kelapa sawit. Dan didalam pasalnya bahan bakar nabati jenis *biodiesel* (B100) yang selanjutnya

disebut BBN. Jenis *biodiesel* yang dihasilkan yaitu dari bahan baku kelapa sawit yang diproses secara esterifikasi atau proses lainnya. Jadi tahun 2018 sampai sekarang para pengguna bahan solar, khususnya industri harus menggunakan *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit.

Kebijakan tersebut merupakan kebijakan yang harus dipatuhi oleh setiap perusahaan atau industry yang menjadi konsumen bahan bakar *diesel engine* atau mesin *diesel* di Indonesia, oleh sebab itu perusahaan harus menghadapi berbagai aspek yang berkaitan dengan perubahan konsumsi bahan bakar atau energi tersebut. Salah satunya PRC (*Plant Rebuild Center*) yang harus mampu mempersiapkan komponen *engine overhaul* dengan kualitas tinggi yang kemudian akan dipergunakan untuk alat berat di pertambangan. Kualitas *engine overhaul* dapat dikatakan baik atau tidak jika telah melalui *performance test*. Saat ini *performance test diesel engine* menggunakan bahan bakar solar. Dengan adanya perubahan bahan bakar solar berjenis *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit diharapkan *performance diesel engine* tidak berubah atau bahkan menurun. Jika hal itu terjadi harus diketahui berapa persentase perubahan *performance diesel engine* dari yang awalnya menggunakan solar dan dirubah menggunakan *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit. Oleh karena itu *test performance diesel engine* ini harus segera dilakukan demi berjalannya proses *overhaul engine* dengan kualitas yang baik sehingga kepercayaan *customer* tetap terjaga dengan baik.

1.2 Tujuan Penelitian

Sebagai bahan penelitian untuk mengetahui persentase perubahan *performance* yang terjadi antara bahan bakar solar dengan *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit terhadap *diesel engine* Komatsu SAA12V140E-3 yang nantinya akan digunakan sebagai parameter hasil *performance test engine* Komatsu di PRC (*Plant Rebuild Center*).

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Bahan yang menjadi objek pengujian ini adalah bahan bakar solar dan *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit yang dibeli dari PT. Pertamina (Persero).

2.2 Metode Penelitian

Adapun metode yang dilakukan untuk membuat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

2. Persiapan alat dan bahan penelitian dan membuat prosedur pengujian *diesel engine performance*
3. Melakukan *performance test engine diesel* berbahan bakar solar dan berbahan bakar *biodiesel* B-20 minyak kelapa sawit
4. Melakukan analisa perbandingan berdasarkan hasil perhitungan
5. Membuat kesimpulan hasil penelitian, dan menuangkan hasil penelitian dalam bentuk laporan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Test Performance Engine Menggunakan Bahan Bakar Solar

Hasil *test performance engine* menggunakan bahan bakar solar dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2. Hasil *Test Performance Engine* Berbahan Bakar Solar

Putaran Engine	Torsi (Kg.m)	Laju aliran bahan bakar (Kg/jam)
1300	498	169
1400	500	169
1500	500	170
1600	491	183
1700	481	192
1800	452	193
1900	445	194
2000	402	164
2100	316	147
2200	149	92

3.2 Perhitungan Daya

Untuk mencari daya satuan kg.m pada table harus dirubah menjadi N.m, dimana 1 kg.m = 9,80665. Dari hasil *test performance engine* pada rpm 1300 torsi yang dicapai yaitu 498 kg.m = 4883.7117 N.m, jika dimasukkan pada rumus maka:

$$P = \frac{T \cdot 2 \pi \cdot n}{60} \quad (\text{KW})$$

$$P = \frac{4883,7117 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1300}{60}$$

$$= 664510,37198 \text{ W} = 664,51 \text{ kW}$$

Dari contoh perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa daya mekanik yang dihasilkan untuk memutar suatu poros engkol atau daya poros engkol yang dihasilkan dari pembakaran pada *system engine* menggunakan bahan bakar solar B-0 yaitu sebesar 664,51 kW.

3.3 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$S_{fc} = \frac{m_f}{P} \quad (\text{kg/kW.h})$$

$$S_{fc} = \frac{169}{664,51} = 0,254 \text{ kg/kW.h}$$

Dari contoh perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan daya mekanik sebesar 1 kW.h dibutuhkan sekitar 0.254 kg bahan bakar solar.

3.3 Efisiensi Thermal Brake

Untuk menghitung Efisiensi *thermal brake* dapat menggunakan rumus. Untuk bahan bakar solar memiliki nilai LHV sebesar: 42642,47 kJ/kg. Berikut contoh perhitungan:

$$\eta_B = \frac{P_B}{m_f \cdot LHV} \cdot 3600$$

$$\eta_B = \frac{664,51 \cdot 3600}{169 \cdot 42642,47} = 0.33195 = 33.195\%$$

Dari contoh perhitungan efisiensi *thermal brake* dapat disimpulkan bahwa dari 100 % energi yang terkandung dalam bahan bakar solar, hanya 33,195 % yang berubah menjadi daya mekanik, dimana sekitar 66.805 % daya terbuang karena adanya rugi-rugi mekanis dan rugi-rugi panas.

3.4 Hasil Perhitungan

Dari contoh perhitungan *test performance engine* menggunakan bahan bakar solar, maka didapat hasil perhitungan diantaranya: daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi *thermal brake* dengan putaran engine 1300 sampai 2200 rpm. Perhitungan ini dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Test Performance Engine* Berbahan Bakar Solar

Putaran Engine (rpm)	Torsi (Kg.m)	Laju aliran bahan bakar (Kg/jam)	Daya Engine (KW)	Konsumsi Bhn Bakar Spesifik (%)	Effisiensi Thermal (%)
1300	498	169	664.5	0.254	33.2
1400	500	169	718.5	0.235	35.9
1500	500	170	769.8	0.221	38.2
1600	491	183	806.4	0.227	37.2
1700	481	192	839.3	0.229	36.9
1800	452	193	835.1	0.231	36.5
1900	445	194	867.9	0.224	37.8
2000	402	164	825.3	0.199	42.5
2100	316	147	681.1	0.216	39.1
2200	149	92	336.5	0.273	30.9

Dari hasil *test performance engine* dan perhitungan menggunakan rumus dapat

disimpulkan bahwa *diesel engine* SAA12V140E-3 dengan menggunakan bahan bakar solar menghasilkan performa sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar minimal adalah 92 kg/jam pada 2200 rpm.
2. Torsi maksimal sebesar 500 kg.m dalam putaran *engine* 1400 rpm.
3. Daya maksimal sebesar 867,846 kW pada putaran *engine* 1900 rpm.
4. Konsumsi bahan bakar spesifik minimal 0.199 kg/kW.h pada putaran *engine* 2000 rpm, dimana dalam keadaan ini setiap 0,199 bahan bakar mampu menghasilkan daya sebesar 1 kW.h
5. Efisiensi *thermal brake* tertinggi 42,482 % didapat pada putaran *engine* 2000 rpm dengan daya sebesar 825,249 kW dan torsi sebesar 402 kg.m dengan konsumsi bahan bakar 164 kg/jam.

Dan jika dihitung rata-rata dari hasil *test performance engine* menggunakan bahan bakar solar dan perhitungan dengan rumus maka akan dihasilkan performa sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar rata-rata 167.3 kg/jam
2. Torsi rata-rata 423.4 kg.m
3. Daya rata-rata 734.430 kW
4. Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata 0.231 kg/kW.h
5. Efisiensi *thermal brake* rata-rata 36.819 %

3.5 Hasil Test Performance Engine Menggunakan Biodiesel B-20

Tabel 4. Hasil *Test Performance Engine* Berbahan Bakar *Biodiesel* B-20

Putaran Engine	Torsi (Kg.m)	Laju aliran bahan bakar (Kg/jam)
1300	484	158
1400	485	167
1500	482	172
1600	477	177
1700	466	180
1800	450	185
1900	429	186
2000	320	152
2100	261	141
2200	149	84

3.6 Perhitungan Daya

Dari hasil *test performance engine* pada table 4.3 maka dapat dilakukan perhitungan daya dengan menggunakan rumus persamaan 2.4 pada landasan teori. Berikut contoh perhitungan daya menggunakan rumus persamaan 2.4.

Untuk mencari daya satuan kg.m pada table harus dirubah menjadi N.m, dimana 1 kg.m = 9,80665. Dari hasil *test performance engine* pada rpm 1300 torsi yang dicapai yaitu 484 kg.m = 4746,4186 N.m, jika dimasukkan pada rumus maka:

$$P = \frac{T \cdot 2 \pi \cdot n}{60} \quad (\text{KW})$$

$$P = \frac{4746,4186 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1300}{60} = 645829,3575 \text{ W} = 645,829 \text{ kW}$$

Dari contoh perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa daya mekanik yang dihasilkan untuk memutar suatu poros engkol atau daya poros engkol yang dihasilkan dari pembakaran pada *system engine* menggunakan bahan bakar *biodiesel* B-20 yaitu sebesar 645,829 kW.

3.7 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dengan menggunakan rumus.

$$S_{fc} = \frac{m_f}{P} \quad (\text{kg/kW.h})$$

$$S_{fc} = \frac{158}{645,829} = 0,245 \text{ kg/kW.h}$$

Dari contoh perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan daya mekanik sebesar 1 kW.h dibutuhkan sekitar 0.244 kg bahan bakar *biodiesel* B-20.

3.8 Efisiensi *Thermal Brake*

Untuk menghitung Efisiensi *thermal brake* dapat menggunakan rumus. Untuk bahan bakar solar memiliki nilai LHV sebesar 42266,35 kJ/kg.

$$\eta_B = \frac{P_B}{m_f LHV} \cdot 3600$$

$$\eta_B = \frac{645,829 \cdot 3600}{158 \cdot 42266,35} = 0.34815 = 34,815\%$$

Dari contoh perhitungan efisiensi *thermal brake* diatas dapat disimpulkan bahwa dari 100 % energi yang terkandung dalam bahan bakar *biodiesel* B-20, hanya 34,815% yang berubah menjadi daya mekanik, dimana sekitar 65.185 % daya terbuang karena adanya rugi-rugi mekanis dan rugi-rugi panas.

3.9 Hasil Perhitungan

Dari contoh perhitungan *test performance engine* menggunakan bahan bakar *biodiesel* B-20, maka didapat hasil perhitungan diantaranya: daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan

efisiensi *thermal brake* dengan putaran engine 1300 sampai 2200 rpm. Perhitungan ini dibuat dalam bentuk tabel.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Test Performance Engine* Berbahan Bakar *Biodiesel B-20*

Putaran Engine (rpm)	Torsi (Kg.m)	Laju aliran bahan bakar (Kg/jam)	Daya Engine (KW)	Konsumsi Bhn Bakar Spesifik (%)	Efisiensi Thermal (%)
1300	484	158	645.8	0.245	34.8
1400	485	167	696.9	0.240	35.6
1500	482	172	742.1	0.232	36.8
1600	477	177	783.4	0.226	37.7
1700	466	180	813.1	0.221	38.5
1800	450	185	831.4	0.223	38.3
1900	429	186	836.6	0.222	38.3
2000	320	152	656.9	0.231	36.8
2100	261	141	562.6	0.251	33.9
2200	149	84	336.5	0.250	34.1

Dari hasil *test performance engine* dan perhitungan menggunakan rumus dapat disimpulkan bahwa *diesel engine* SAA12V140E-3 dengan menggunakan bahan bakar *biodiesel B-20* menghasilkan performa sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar minimal adalah 84 kg/jam pada 2200 rpm.
2. Torsi maksimal sebesar 485 kg.m dalam putaran *engine* 1400 rpm.
3. Daya maksimal sebesar 836,643 kW pada putaran *engine* 1900 rpm.
4. Konsumsi bahan bakar spesifik minimal 0.221 kg/kW.h pada putaran *engine* 1700 rpm, dimana dalam keadaan ini setiap 0,221 bahan bakar mampu menghasilkan daya sebesar 1 kW.h
5. Efisiensi *thermal brake* tertinggi 38,477 % didapat pada putaran *engine* 1700 rpm dengan daya sebesar 813,137 kW dan torsi sebesar 466 kg.m dengan konsumsi bahan bakar 180 kg/jam.

Dan jika dihitung rata-rata dari hasil *test performance engine* menggunakan bahan bakar *biodiesel B-20* dan perhitungan dengan rumus maka akan dihasilkan performa sebagai berikut:

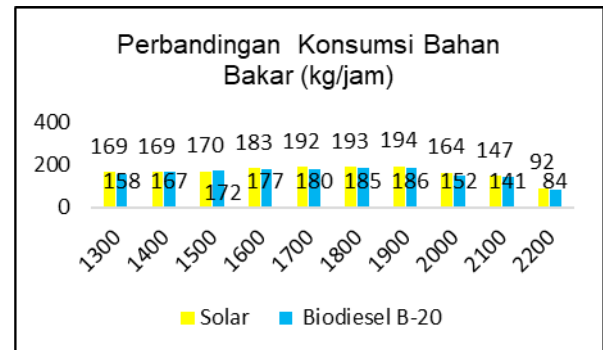
1. Konsumsi bahan bakar rata-rata 160,2 kg/jam
2. Torsi rata-rata 400,3 kg.m
3. Daya rata-rata 690,540 kW
4. Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata 0,234 kg/kW.h
5. Efisiensi *thermal brake* rata-rata 36,478 %

3.10 Perbandingan *Performance Engine* Berbahan Bakar Solar dengan *Biodiesel B-20*

Perbandingan *performance engine* akan disajikan dalam bentuk grafik, yaitu diantaranya: perbandingan konsumsi bahan bakar, torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi *thermal brake*.

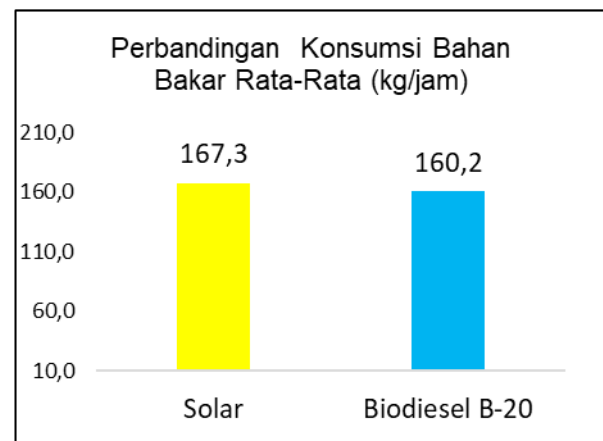
3.11 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

Perbandingan konsumsi bahan bakar dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel B-20* dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 1 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

Adapun perbandingan konsumsi bahan bakar rata-rata dari hasil *test performance engine* antara bahan bakar solar dengan bahan bakar *biodiesel B-20* dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



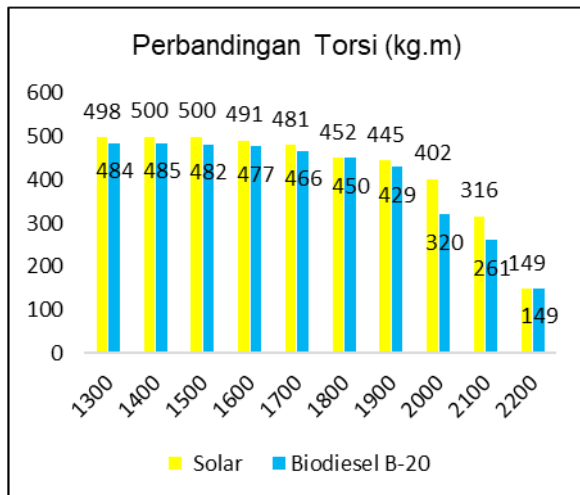
Gambar 1 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Rata-Rata

Dari gambar grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar rata-rata dapat dilihat, untuk konsumsi bahan bakar solar minimal sebesar 92 kg/jam dan untuk konsumsi bahan bakar *biodiesel B-20* sebesar 84 kg/jam. Sedangkan konsumsi bahan bakar rata-rata untuk bahan bakar solar 167,3 kg/jam dan bahan bakar *biodiesel B-20* sebesar 160,2 kg/jam, jadi

dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar *diesel engine* SAA12V140E-3 menggunakan bahan bakar solar lebih tinggi dari bahan bakar *biodiesel* B-20.

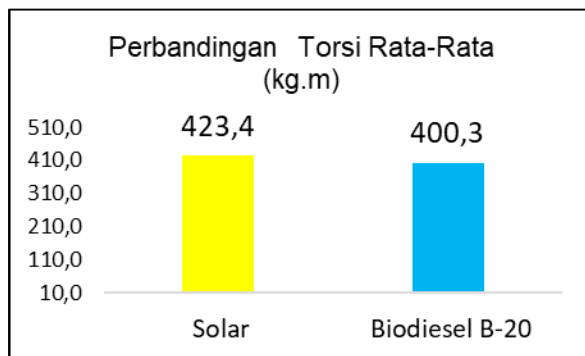
3.12 Perbandingan Torsi

Perbandingan torsi dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 2 Grafik Perbandingan Torsi

Adapun perbandingan torsi rata-rata dari hasil *test performance engine* antara bahan bakar solar dengan bahan bakar *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 3 Grafik Perbandingan Torsi Rata-Rata

Dari gambar grafik perbandingan torsi dan torsi rata-rata dapat dilihat, untuk torsi maksimal bahan bakar solar sebesar 500 kg.m dan torsi maksimal bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 485 kg.m. Sedangkan untuk torsi rata-rata bahan bakar solar sebesar 423,4 kg.m dan torsi rata-rata bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 400,3 kg.m. Jadi dapat disimpulkan bahwa torsi *diesel engine* SAA12V140E-3 menggunakan bahan bakar solar lebih tinggi dari bahan bakar *biodiesel* B-20.

Dari perbandingan tersebut dapat diketahui persentase penurunan torsi pada *diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar:

$$\text{Penurunan Torsi} = \frac{500 - 485}{500} \times 100 \% = 3\%$$

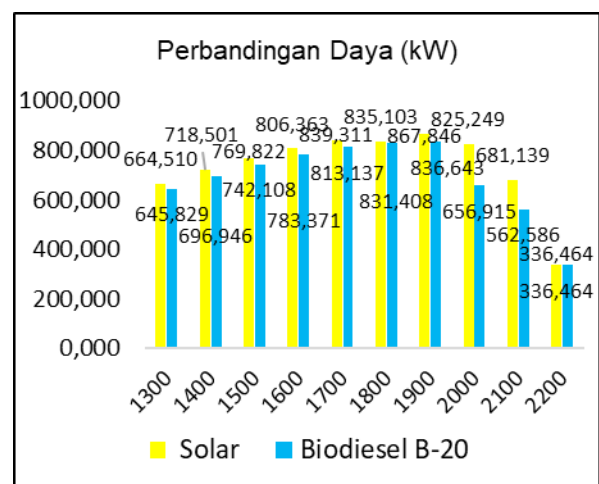
Sedangkan persentase penurunan torsi rata-rata pada *diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar:

$$\text{Penurunan Torsi Rata - Rata} = \frac{423,4 - 400,3}{423,4} \times 100 \% = 5,4 \%$$

Jadi untuk penurunan torsi pada *performance diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 3 % dan penurunan torsi rata-rata pada *performance diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 5,4 %.

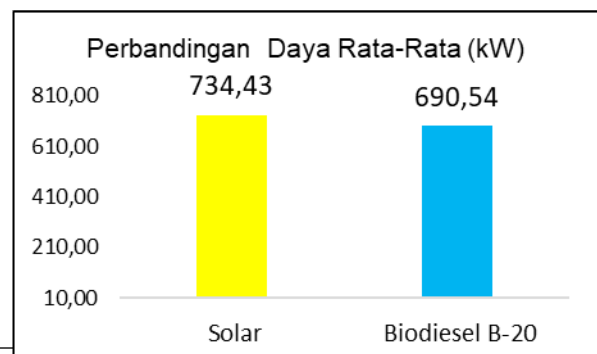
3.13 Perbandingan Daya

Perbandingan daya dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 4 Grafik Perbandingan Daya

Adapun perbandingan daya rata-rata dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 5 Grafik Perbandingan Daya Rata-Rata

Dari gambar grafik perbandingan daya dan daya rata-rata dapat dilihat, untuk daya maksimal bahan bakar solar sebesar 867,846 kW dan daya maksimal bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 836,643 kW. Sedangkan untuk daya rata-rata bahan bakar solar sebesar 734,43 kW dan daya rata-rata bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 690,54 kW. Jadi dapat disimpulkan bahwa daya *diesel engine* SAA12V140E-3 menggunakan bahan bakar solar lebih tinggi dari bahan bakar *biodiesel* B-20.

Dapat diketahui persentase penurunan daya pada *diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar:

Penurunan Daya =

$$\frac{867,846 - 836,643}{867,846} \times 100 \% = 3,5 \%$$

Sedangkan prosentase penurunan daya rata-rata pada *diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar:

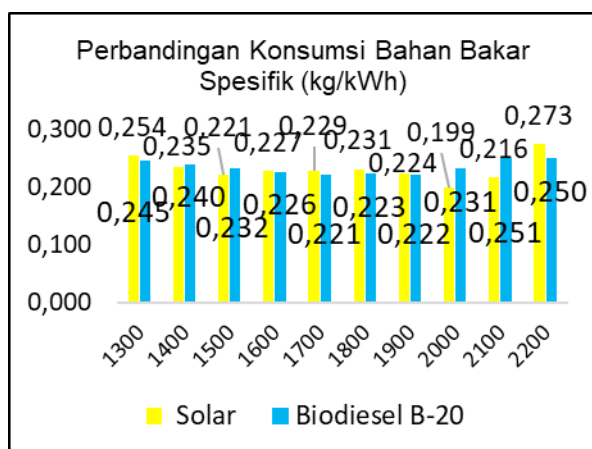
Penurunan Daya Rata – Rata =

$$\frac{734,43 - 690,54}{734,43} \times 100 \% = 5,976 \%$$

Jadi untuk penurunan daya pada *performance diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 3,5 % dan penurunan daya rata-rata pada *performance diesel engine* SAA12V140E-3 berbahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 5,976 %.

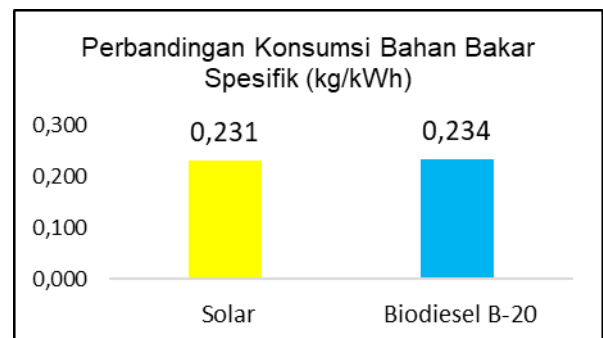
3.14 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 6 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Adapun perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:

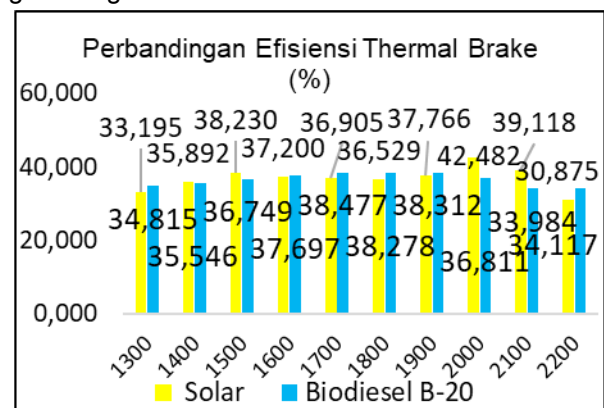


Gambar 7 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Rata-Rata

Dari gambar grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata dapat dilihat, untuk konsumsi bahan bakar spesifik minimal bahan bakar solar sebesar 0.199 kg/kWh dan konsumsi bahan bakar spesifik minimal bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 0.221 kg/kWh. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata untuk bahan bakar solar sebesar 0.231 kg/kWh dan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata untuk bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 0.234 kg/kWh. Jadi dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik *diesel engine* SAA12V140E-3 menggunakan bahan bakar solar lebih rendah dari bahan bakar *biodiesel* B-20.

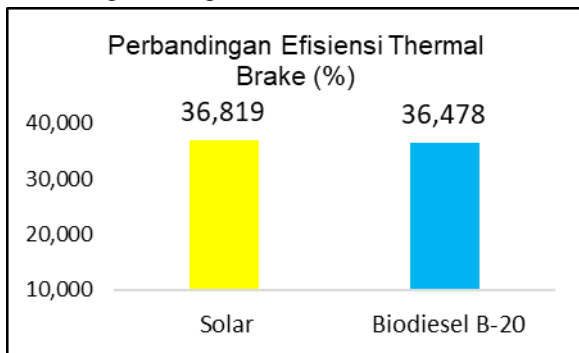
3.15 Perbandingan Efisiensi Thermal Brake

Perbandingan efisiensi *thermal brake* dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 8 Grafik Perbandingan Efisiensi *Thermal Brake*

Adapun perbandingan efisiensi *thermal brake* rata-rata dari hasil *test performance engine* antara solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dilihat melalui gambar grafik berikut:



Gambar 9 Grafik Perbandingan Efisiensi *Thermal Brake* Rata-Rata

Dari gambar grafik perbandingan efisiensi *thermal brake* dan efisiensi *thermal brake* rata-rata dapat dilihat, untuk efisiensi *thermal brake* tertinggi bahan bakar solar sebesar 42,482 % dan efisiensi *thermal brake* tertinggi untuk bahan bakar *biodiesel* B-20 38,477 %. Sedangkan untuk efisiensi *thermal brake* rata-rata bahan bakar solar sebesar 36,819% dan efisiensi *thermal brake* rata-rata untuk bahan bakar *biodiesel* B-20 sebesar 36,478%. Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi *thermal brake* dan efisiensi *thermal brake* rata-rata *diesel engine* SAA12V140E-3 menggunakan bahan bakar solar lebih tinggi dari bahan bakar *biodiesel* B-20.

3.16 Perbandingan Biaya Bahan Bakar Solar dengan *Biodiesel* B-20

Perbandingan biaya bahan bakar dapat diketahui dengan mencari tahu harga bahan bakar solar dan *biodiesel* B-20.

Harga solar industri: Rp 11.400/ Liter (@ Agustus 2019)

Harga *biodiesel* industri: Rp 10.800/ Liter (@ Agustus 2019)

Diketahui solar dan *biodiesel* B-20 diketahui memiliki densitas sebesar:

- Solar = 853,36 kg/m³
- *Biodiesel* B-20 = 865,00 kg/m³
- 1 Liter = 0,001 m³

Maka untuk harga bahan bakar per kg adalah sebagai berikut:

- Solar = 853.36 x 0.001 x Rp 11.400 = Rp 9728,304/ kg
- *Biodiesel* B-20 = 865.00 x 0.001 x Rp 10.800 = Rp 9342/ kg

Dari data harga yang didapat, untuk mengetahui perbandingan biaya bahan bakar solar dengan *biodiesel* B-20 dapat dicari dengan perhitungan harga per satu kWh energi yang dibangkitkan oleh masing-masing bahan bakar secara rata-rata dengan menggunakan

pengetahuan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata dan harga masing-masing bahan bakar per kilogramnya.

- Solar = 0.231 kg/kWh
- *Biodiesel* B-20 = 0.234 kg/kWh

Maka harga per kWh tiap-tiap bahan bakar adalah :

- Solar = Rp 9728,304 x 0.231 = Rp 2247,24 / Kwh
- *Biodiesel* B-20 = Rp 9342 x 0.234 kg/kWh = Rp 2186,028 / Kwh

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui persentase harga pada solar dengan *biodiesel* B-20 sebesar:

Persentase Harga

$$= \frac{2247,24 - 2186,028}{2247,24} \times 100 = 2,7 \%$$

Jadi persentase harga bahan bakar per kWh untuk bahan bakar solar lebih besar 2,7 % dibandingkan *biodiesel* B-20.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian unjuk kerja mesin SAA12V140E-3 dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar minimal *biodiesel* B-20 lebih rendah dari bahan bakar solar yaitu 84 kg/jam berbanding 92 kg/jam.
2. Torsi menggunakan bahan bakar *biodiesel* B-20 lebih rendah 3 % dari bahan bakar solar.
3. Daya rata-rata menggunakan bahan bakar *biodiesel* B-20 lebih rendah 5,976 % dari bahan bakar solar.
4. Konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan bakar solar lebih rendah dari bahan bakar *biodiesel* B-20.
5. Efisiensi *thermal brake* menggunakan bahan bakar solar lebih tinggi dari bahan bakar *biodiesel* B-20 yaitu 42,482% berbanding 38,477 %. Sedangkan efisiensi *thermal brake* rata-rata untuk bahan bakar solar lebih rendah dari bahan bakar *biodiesel* B-20 yaitu 36,80% berbanding 36,85%.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Pamapersada Nusantara PT., 2004, Basic Mechanic Course. Training Module-Engine Diesel, PT Pamapersada Nusantara, Jakarta.
2. Seminar Book, "Oli Mesin dan Bahan Bakar Untuk Mesin Diesel", PT. United Tractor.
3. Training Book, "Automotive Engineering Engine", PT. UD
4. Crouse, William. H, *Automotive Mechanic*, Seventh Edition-McGrawHill Book Company, 1976.

5. Manual Book of HD785-7 7001 Series, Komatsu.
6. Manual Book of Engine SAA12V140E-3 Series, Komatsu.
7. Manual Book of *TD 110-115 Test Ben Instrumentation for Small Engines*, TQ Education and Training Ltd – Product Division 2000
8. Power Test, Inc. *PTX Dinamometer System, Instalation, operator, and software manual.*
9. Arismunandar, Wiranto. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak* : Penerbit ITB Bandung, 1988.
10. Arismunandar, Wiranto dan Koichi Tsuda, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1979.
11. Ardhita Hendriarto dkk., 2014, "*Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan bakar Solar Dengan Biodiesel B10 Terhadap Performansi Engine Cummins QSK 45 C*", Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan, (Jurnal).
12. Susila Arita.R., Attaso.K, Rangga Septian, 2013 "*Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis CaO Disinari dengan Gelombang Mikro*" Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia - Universitas Sriwijaya, (Jurnal).
13. Rahardjo Tirtoatmodjo, Willyanto, 2000, "*Peningkatan Unjuk Kerja Motor Diesel dengan Penambahan Pemanas Solar*" Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra, (Jurnal).
14. B. Tesfa, R. Mishra, F. Gu, and N. Powles, "*Prediction models for density and viscosity of biodiesel and their effects on fuel supply system in Clengines*," Renewable Energy, vol. 35, no. 12, pp. 2752–2760, Dec. 2010, (Jurnal).
15. Magfirotunnisa, Gunawan, Puji Saksono, "*Analisis comparison use diesel fuel with biodiesel B15 in the performance engine Komatsu SAA6D170E-1*" Program Studi Teknik Mesin, Universitas Balikpapan, 2018. (Jurnal).