

PENENTUAN LAJU KONSUMSI BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR DENGAN MINYAK TANAH UNTUK SUATU GENSET YANMAR-SOWA

Hardi Gunawan, I Nyoman Gede

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Di saat minyak tanah tersedia dengan harga relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan-bakar-minyak/ BBM solar, maka sekelompok masyarakat berinisiatif mencampur solar dengan minyak tanah.

Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh pencampuran minyak tanah dengan solar terhadap laju konsumsi bahan bakar suatu Genset Yanmar TS155 – Sowa15kVA yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi di tahun 2012.

Data diambil dengan kondisi beban genset 0, 250, 500, 750, 1000, 1500, dan 2000W pada putaran konstan 1500 rpm. Beban genset adalah rangkaian lampu pijar. Genset mula-mula diuji memakai bahan bakar solar (automotive diesel oil), kemudian memakai solar yang dicampur dengan 20, 35, dan 50% minyak tanah. Untuk setiap titik, dilakukan tiga pengujian. Waktu yang diperlukan motor untuk mengkonsumsi 1000 ml bahan bakar dicatat, sementara putaran motor dijaga konstan dengan mengamati tegangan listrik yang dihasilkan genset.

Perhitungan menunjukkan laju konsumsi bahan bakar dari motor yang diuji dengan BBM campuran (solar + minyak tanah) adalah konsisten lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang BBM solar. Khususnya pada beban 250W konsumsinya lebih tinggi 56.5%, sedangkan pada beban lainnya rata-rata lebih tinggi 6.1%.

Kata kunci : motor diesel, laju konsumsi bahan bakar, BBM-solar, minyak tanah

1 Pendahuluan

Energi listrik merupakan bentuk energi praktis bagi industri serta masyarakat perkotaan dan di pedesaan. Saat ini kemampuan pemerintah Indonesia (PLN) dalam menyediakan energi listrik untuk kebutuhan masyarakat masih terbatas. Kondisi ini menyebabkan pemakaian unit pembangkit listrik atau genset di Indonesia saat ini cukup meluas.

Genset atau unit pembangkit listrik (4.4–10,000 kVA) umumnya memakai motor diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). Karena memiliki beberapa kelebihan, motor diesel juga banyak dipakai sebagai penggerak pada kendaraan darat, serta kapal laut.

Salah satu kelebihan adalah konstruksi motor diesel relatif kompak dan lebih sederhana bila dibandingkan dengan konstruksi motor bensin karena tidak memerlukan sistem listrik untuk pembakarannya.

Bahan bakar motor diesel untuk genset dan kendaraan bermotor adalah bahan-bakar-minyak/BBM solar atau solar (*automotive diesel*

oil). Di tahun 2007 – 2012 masyarakat Indonesia mengalami masa dimana solar relatif sulit didapat dibandingkan dengan minyak tanah. Hal ini mendorong sekelompok masyarakat mengatasinya dengan memakai minyak tanah sebagai campuran solar.^(9,10)

Luasnya jangkauan pemakaian motor diesel tersebut di masyarakat mendorong peneliti untuk melakukan pengujian laju konsumsi bahan bakar suatu unit genset yang terdapat di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Bahan bakar yang dipakai untuk penelitian ini adalah solar dan campuran solar dengan minyak tanah.

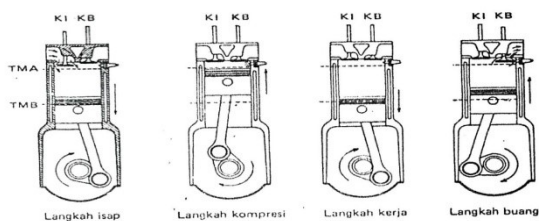
Hasil yang didapatkan diharapkan dapat bermanfaat bagi peneliti dalam mengembangkan ilmu serta bahan ajar yang relevan. Selain itu juga diharapkan masyarakat dapat memetik manfaat hasil penelitian ini dalam mengevaluasi apakah pemakaian campuran solar dengan minyak tanah sebagai bahan bakar motor diesel secara teknis dapat dipertanggung jawabkan.

2 Tinjauan Pustaka.

2.1 Siklus Operasi Motor Diesel ⁽¹⁾

Proses pembakaran di dalam motor bakar torak terjadi secara periodik yang umumnya bekerja dengan siklus 4-langkah. Siklus yang periodik didapat dengan memakai mekanisme engkol luncuran tunggal engkol (*single slider crank mechanism*). Komponen utama mekanisme ini adalah silinder, torak (*piston*), batang penghubung (*connecting rod*), dan poros engkol (*crankshaft*).

Visualisasi satu siklus/periode gerakan torak dalam silinder yang terdiri dari 4-langkah ditunjukkan dalam gambar-1 berikut.



Gambar-1 Siklus Operasi Motor Diesel empat-langkah ⁽¹⁾

Di langkah isap, torak bergerak mulai dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah). Udara segar di-isap masuk ke dalam silinder melalui katup isap (KI) yang dibuka, katup buang (KB) tertutup.

Di langkah kompresi torak bergerak dari TMB ke TMA, KI dan KB tertutup. Udara dalam silinder di kompresi sehingga tekanan dan temperaturnya meningkat.

Sesaat sebelum TMA, butiran halus bahan bakar dimasukkan ke dalam silinder melalui nosel / injector. Butiran halus bahan bakar ini menyala akibat tingginya temperatur udara yang terkompresi dalam silinder.

Di langkah-3 yang merupakan langkah kerja, gas hasil pembakaran dalam silinder mendorong torak bergerak dari TMA ke TMB.

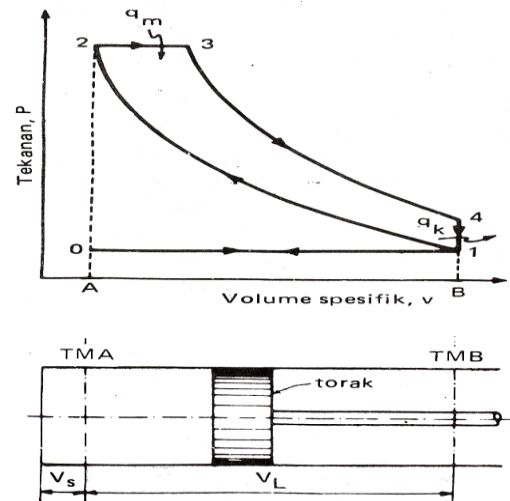
Di langkah-4 torak bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong torak mengeluarkan gas hasil pembakaran dari dalam silinder melalui KB.

Untuk ke-4 langkah torak diatas, poros engkol telah bergerak dua putaran penuh ($2 \times 360^\circ$). Jadi untuk motor bakar 4-langkah, dua putaran motor menghasilkan satu siklus operasi

2.2 Siklus Termodinamika Motor Diesel Tekanan Terbatas ⁽²⁾

Secara teoritis siklus termodinamika sering digambarkan sebagai hubungan dari tekanan gas

dalam silinder dengan volume spesifik (diagram pv).



Gambar-2 Siklus Tekanan Terbatas ⁽¹⁾

Putaran motor diesel umumnya diatas 1000 rpm, sehingga proses pembakarannya tergolong dalam tekanan terbatas.

Pembakaran yang dimulai sesaat mendekati TMA berlanjut dengan proses tekanan konstan sesaat melampaui TMA. Gambar 2.2 menunjukkan suatu diagram pv motor diesel empat langkah tekanan terbatas untuk medium kerja udara murni.

Secara teoritis, proses termodinamika dari setiap proses operasinya adalah sebagai berikut.

- a) Langkah isap (0-1), isobar
- b) Langkah kompresi (1-2-3a)
 - 1-2 kompresi isentropik
 - 2-3a pembakaran awal secara isochoric (volume konstan)
- c) Langkah ekspansi (2-3-4)
 - 2-3 pembakaran lanjut isobar
 - 3-4 ekspansi isentropik
- d) Langkah buang (4-1-0)
 - 4-1 pengeluaran gas isochoric
 - 1-0 pengeluaran gas lanjut isobar.

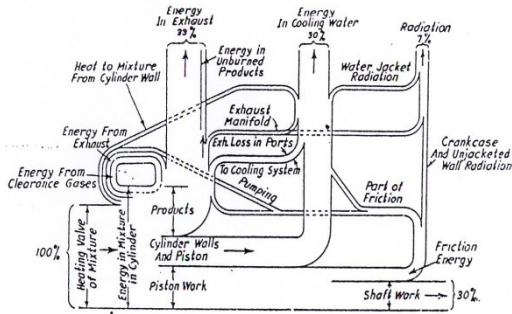
2.3 Neraca Energi Termal ⁽³⁾

Energi kimia yang dikandung bahan bakar minyak diubah menjadi energi termal dalam suatu proses pembakaran di suatu motor bakar torak.

Secara umum, energi termal hasil pembakaran terdistribusi di suatu motor bakar dengan proporsi sebagai berikut ⁽²⁾.

- (1) dikonversi ke energi mekanik atau kerja efektif dari motor $\approx 15\%$.
- (2) diserap pendinginan motor, $\approx 35\%$.
- (3) terbawa gas buang motor, $\approx 37\%$.
- (4) lainnya $\approx 13\%$.

Proporsi serta distribusi lebih terinci dapat dilihat dalam Sankey Diagram⁽³⁾.



Gambar-3 Sankey Diagram⁽³⁾

2.4 Konsumsi Bahan Bakar

Pada penelitian ini, parameter operasi utama yang ditentukan adalah laju konsumsi bahan bakar.

a) Massa bahan bakar

Banyaknya bahan bakar minyak yang dipakai diukur volumenya. Massa bahan bakar yang dikonsumsi dapat dihitung dengan⁽⁴⁾:

$$m_f = v_f \times \rho_f \quad \dots \dots (1)$$

dimana,

m_f = massa bahan bakar terpakai (kg)

v_f = volume bahan bakar terpakai (liter)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/liter)

b) Laju konsumsi bahan bakar spesifik

Banyak bahan bakar terpakai (m_f , kg) per satuan waktu (t , jam) per satuan daya dihasilkan (P , kW), didefinisikan sebagai laju konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc). Dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai⁽⁵⁾:

$$bsfc = m_f / (t * P) \quad \dots \dots (2)$$

3 Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Data diambil di Laboratorium Teknik Mesin pada Jurusan Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Pelaksanaannya dalam periode September – November 2012.

3.2 Peralatan Penelitian

a) Unit Pembangkit Listrik / Genset⁽⁵⁾

Genset terdiri dari motor diesel Yanmar TS155 yang terhubung tali-sabuk V dengan generator listrik Sowa.

Motor diesel Yanmar TS155 bersilinder tunggal mendatar dengan volume langkah 0.751 liter ($S \times D = 106 \times 95$ mm). Daya kontinyu 13 pk / 2200 rpm. Perbandingan kompresi 20,4. Pemakaian bahan bakar spesifik 0.275 kg/kWh. Pendinginan air tipe *hopper* dengan kapasitas tangki air pendingin 16 liter.

Generator listrik SOWA model SG 7500-48. Daya output 15 kW, satu fasa, 110/220 V, 50 Hz. Putaran 1500 rpm.

b) Sistem Beban Lampu⁽⁵⁾

Spesifikasi dari lampu yang dipakai adalah sebagai berikut

2- lampu halogen 1000W

1- lampu halogen 300W

2- lampu pijar 200W

1- lampu pijar 150W

2- lampu pijar 100W

Sistem lampu ini dilengkapi dengan voltmeter kapasitas 300V, graduasi 10V.

c) Tachometer non kontak Extech, (*minioptical photo tachometer*) dengan jangkauan 10-69,999 rpm, resolusi 0.001 rpm

d) Stopwatch, merk One Mod CG503, ketelitian 1/100 detik

e) Gelas ukur kapasitas 1000 ml dan 500ml

f) Timbangan digital

f) Amperemeter, merk Heles, kapasitas 10A, class 2.5

3.3 Prosedur Pengambilan Data

Terdapat 4 varians bahan bakar yang dipakai. Untuk setiap varian, genset diuji dengan 6 macam beban. Keseluruhan data $4 \times 6 = 24$ set, dengan setiap set data terdiri dari tiga observasi.

a) Siapkan peralatan dan varian bahan bakar yang diperlukan. Catat massa dari bahan bakar.

b) Periksa kondisi motor dan rangkaian lampu yang dipakai

c) Hidupkan motor diesel, atur putaran 1500 rpm, periksa tegangan listrik yang dihasilkan 220V

d) Atur pembebanan mulai dari 250 watt, berikutnya berturut-turut 500W, 750W, 1000 W, 1500 W, dan 2000 W.

e) Catat waktu konsumsi 1000 ml bahan bakar, kuat arus dan tegangan.

f) Lakukan langkah a) sampai dengan e) untuk setiap pembebanan.

g) Berikutnya untuk campuran solar dan minyak tanah 20%, 35%, dan 50%.

3.4 Prosedur Pengolahan Data

Untuk setiap varian campuran bahan bakar dilakukan pengolahan data hasil observasi sebagai berikut.

a) Untuk setiap beban akan dihitung rerata dari 3 parameter yang diamati, yaitu: tegangan (V), kuat arus (I), dan waktu konsumsi 1000ml bahan bakar (t).

b) Hitung daya lampu aktual $P_a = V \times I$.

c) Tentukan laju konsumsi bahan bakar (bsfc) dengan memakai rumus (2)

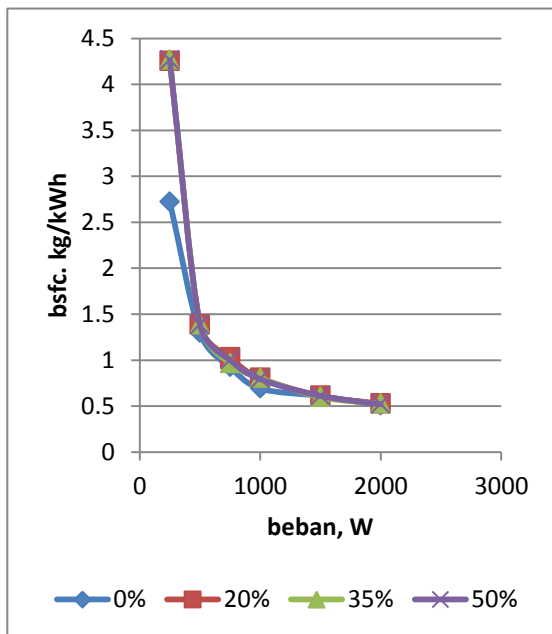
d) Buatlah tabel dengan menempatkan parameter V, I, P_a , t, dan bsfc sebagai kolom, dan beban lampu sebagai baris.

4 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dapat dilihat dalam tabel serta gambar berikut.

Tabel-1 Hasil Perhitungan Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik untuk Campuran (Solar + % Minyak Tanah)

Lampu, W	bsfc, kg/kWh			
	0%	20%	35%	50%
250	2.722	4.252	4.266	4.264
500	1.297	1.385	1.387	1.384
750	0.924	1.027	0.966	1.001
1000	0.691	0.804	0.805	0.793
1500	0.609	0.610	0.598	0.611
2000	0.506	0.525	0.525	0.520



Gambar-4 : Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik untuk Campuran (Solar + % Minyak Tanah)

Hasil penelitian laju konsumsi bahan bakar spesifik untuk genset Yanmar-Sowa ini menunjukkan bahwa untuk bahan bakar solar nilainya 2.722 – 0.506 kg/kWh untuk pembebanan 250 – 2000W. Kurva regresi yang mendekati adalah $y = 194,48 x^{-0,8042}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9892$.

Untuk bahan bakar campuran solar dengan 20%, 35%, dan 50% minyak tanah; rentang laju konsumsinya berturutan

4.252 – 0.525,
4.266 – 0.525, dan
4.264 – 0.520 kg/kWh.

Kurva pendekatannya berturutan

$$y = 268.77 x^{-0,8359} (R^2 = 0.994),$$

$$y = 275.92 x^{-0,8409} (R^2 = 0.993), \text{ dan}$$

$$y = 275.63 x^{-0,8399} (R^2 = 0.994).$$

Dari Gambar-4 terlihat bahwa laju konsumsi campuran bahan bakar solar dengan 20%, 35%, dan 50% minyak tanah menunjukkan pola yang sama, yaitu konsumsinya lebih tinggi 6.1% bila dibandingkan dengan yang bahan bakar solar saja tanpa dicampur minyak tanah.

Pada pembebanan 250W, konsumsi campuran solar dengan minyak tanah secara konsisten lebih tinggi rata-rata 56.5% bila dibandingkan dengan solar semata. Untuk daerah pembebanan 500 – 2000 W, rata-rata lebih tinggi 6.1%.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

Bahan bakar campuran solar dengan minyak tanah bila dipakai pada Genset Yanmar – Sowa akan lebih boros 6.1% untuk pembebanan 250 – 2000 W. Sedangkan pada saat genset mulai dihidupkan maka pemakaian campuran solar dengan minyak tanah akan lebih boros 56.5%.

5.2 Saran

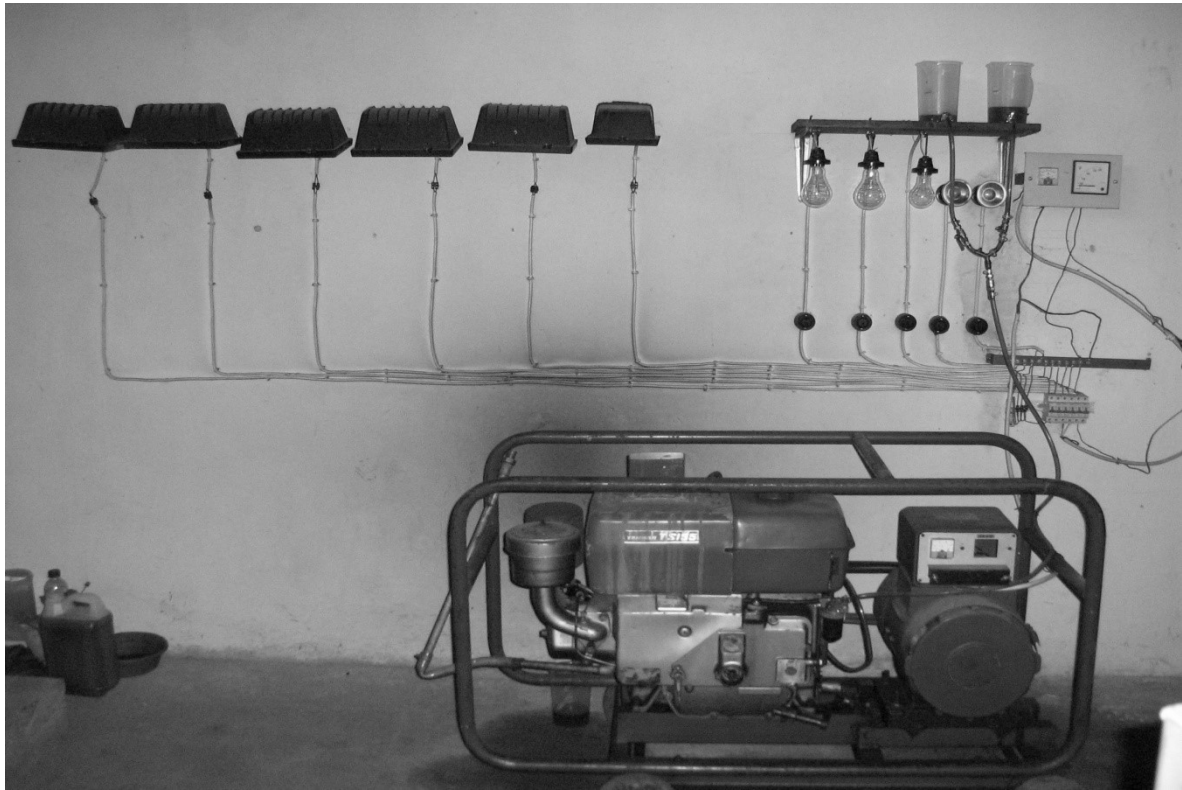
Untuk tahapan lanjutan dari penelitian motor diesel 4-langkah ini, sebaiknya penelitian dikembangkan untuk pembebanan lebih besar dari 2000W.

Daftar Pustaka

1. Arismunandar, W dan Tsuda, K. 1997. Motor Diesel Putaran Tinggi. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
2. Arismunandar, W. 2002. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. Edisi Kelima Cetakan Kesatu. Penerbit ITB. Bandung
3. Ballaney, P. L. 1980. *Thermal Engineering*. Khana Publisher. Delhi. India
4. Heywood, J.B. 1992. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Publishing Co. New York.
5. Sari M.W. dan Gunawan,H. 2006. Pengaruh Pemakaian Biodiesel Minyak Goreng Baru Terhadap Performansi Motor Diesel Yanmar TS155. Skripsi Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi.
6. Moran, J.M. dan Shapiro, N.H. 2004. Termodinamika Teknik. Penerbit Erlangga.
7. www.pertamina.com . ‘spesifikasi minyak tanah’. Diakses September 2012.
8. www.pertamina.com. ‘automotive diesel oil’. Diakses September 2012
9. http://www.bphmigas.go.id/p/bphmigaspages/modules/news/news_0072.html?uri=/bphmigas

[pages/berita.htm](#) 'Pengemudi Truk Antarkota Campur BBM Solar dengan Minyak Tanah'. Harian Republika. Diakses September 2006.

----- . 'Nelayan Kian Parah: Perlu Subsidi BBM'. 2007. Harian Kompas (18/01/2007).



Gambar-5 : Genset Yanmar TS155 – Sowa15kW dengan Instalasi Sistem Pembebanan Lampu