

ANALISIS MESIN PENGGERAK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN BAHAN BAKAR BIOGAS

Tulus Subagyo

Abstrak: Pembangkit listrik tenaga biogas Bahan bakar utama dari motor penggerak untuk menggerakkan generator adalah biogas sebagai pengganti bahan bakar bensin. Modifikasi yang perlu dilakukan adalah dengan penggantian karburasi standar dengan karburasi buatan agar lebih mudah didalam mengatur perbandingan saluran masuk udara & biogas, selain itu juga diperlukan penggantian koil untuk memperbesar pengapian dan juga memperbesar kompresi. Dalam biogas terdapat kandungan H₂S dan H₂O yang dapat memperpendek umur mesin sehingga kandungan tersebut harus dikurangi dengan cara pencucian. Perbandingan bahan bakar biogas dan bahan bakar premium yang digunakan untuk menghidupkan mesin penggerak dan generator listrik, dengan mengetahui daya, torsi, dan tekanan efektif rata-rata.

Kata Kunci : Daya efektif, Torsi, Tekanan efektif rata-rata

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang berlimpah dan beragam baik yang bersumber dari fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi. Ataupun sumber energi alternatif dan terbarukan lainnya seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, geothermal, biomasa dan lain-lain. Meskipun potensi sumber energi yang dimiliki berlimpah, Indonesia sampai saat ini tetap belum bisa memenuhi kebutuhan energi dalam negerinya sendiri.

Karakteristik dari teknologi ini adalah biaya rendah dan membutuhkan sedikit pemeliharaan. Semakin sering pemeliharaan dapat dikatakan tepat guna, bila pemeliharaan dapat diatasi oleh keahlian yang ada secara setempat, peralatan, dan bahan. sekarang kita akan kelola kotoran yang sudah ada kita jadikan sebagai sumber energi. Energi yang diperoleh dari kotoran ini kita kelola untuk menghasilkan energi listrik yang nantinya bisa kita pakai sehari-hari.

Biogas sangat potensial sebagai sumber energi terbaru karena kandungan *methane* (CH₄) yang tinggi yaitu 81,1% dan nilai kalornya 21,48 mj/m³ dari 60% biogas (Sumber: Suyitno;2010), yang mana dapat menghasilkan nilai pembakaran yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar bensin. Hal ini disebabkan karena jumlah CO₂ yang dihasilkan selama pembakaran bahan bakar biogas adalah lebih sedikit yaitu 14,0% (Sumber: Suyitno;2010).

Biogas adalah gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri *anaerob*. Bahan organik dimasukkan ke dalam *digester* sehingga bakteri *anaerob* akan membusukkan bahan organik tersebut yang kemudian menghasilkan biogas. Biogas yang telah terkumpul di dalam *digester* selanjutnya dialirkan melalui pipa penyalur gas menuju tabung penyimpanan gas atau langsung kelokasi penggunaannya.

Menurut *Wellinger and Lindenberg* (2000), komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi biogas yang utama adalah gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) dengan sedikit hidrogen sulfida (H₂S). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi (*Halogenated hydrocarbons*), gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O₂).

Tabel 1. Komposisi yang Terdapat di dalam Biogas

No	GAS	<i>Digester Sludge Sistem Anaerob (Volume %)</i>
1.	<i>Methane</i> (CH ₄)	81,1%
2.	<i>Carbon dioksida</i> (CO ₂)	14,0%
3.	<i>Hydrogen Sulfulfide</i> (H ₂ S)	2,2%
4.	Nitrogen (N ₂)+Oxygen (O ₂)	2,7%

Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob, dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu digester sehingga akan dihasilkan gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) yang volumenya lebih besar dari gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan asam sulfida (H₂S). Proses fermentasi memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum pada *range* 6,4 – 7,9. Bakteri pembentuk biogas yang digunakan yaitu bakteri anaerob seperti *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* dan *Methanosarcina* (Price dan Cheremisinoff ; 1981).

Biogas yang dibuat dari kotoran ternak sapi mengandung gas metana (CH₄) sebesar 55 – 65 %, gas karbon dioksida (CO₂) sebesar 30 – 35 % dan sedikit gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan gas – gas lain. Panas yang dihasilkan sebesar 600 BTU/cuft. Sedangkan, biogas yang dibuat dari gas alam mengandung gas metana (CH₄) sebesar 80 % dengan panas sebesar 1000 BTU/cuft. Kandungan gas metana (CH₄) dari biogas dapat ditingkatkan dengan memisahkan gas karbon dioksida (CO₂) dan gas hidrogen sulfida (H₂S) yang bersifat korosif (Price dan Cheremisinoff ;1981).

Nilai Kalor Pembakaran Biogas

Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan dalam kalori meter dan dinyatakan dalam kal/kg atau Btu/lb. Panas pembakaran dari bahan bakar bisa dinyatakan dalam *High Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV). *High Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk *latent heat* dari uap air hasil pembakaran. *Low Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar setelah dikurangi *latent heat* dari uap air hasil pembakaran. Nilai kalor pembakaran yang terdapat pada biogas berupa *High Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV).

Tabel 2. Nilai Kalor Pembakaran Biogas dan Natural Gas

No	Komponen	<i>Hight Heating Value (HHV)</i>		<i>Low Heating Value (LHV)</i>	
		Kkal/m ³	Kkal/kg	Kkal/m ³	Kkal/kg
1	Hidrogen (H ₂)	2.842,21	3.390.361	2.402.62	28.661,13
2.	Karbon Monoksida(CO)	2.8112,95	2.414,31	2.811,95	2.414,31
3.	Gas Methan (CH ₄)	8.851,43	13.265,91	7.973,13	11.953,76
4.	Natural Gas	9.165,55	12.943,70	8.321,18	11.749,33

Unjuk Kerja Motor Bakar

Parameter penting yang berpengaruh pada unjuk kerja motor bakar adalah sebagai berikut :

- a. Torsi dan Daya Poros. Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Dalam prakteknya, torsi dari mesin berguna untuk mengatasi hambatan sewaktu kendaraan jalan menanjak, atau waktu mempercepat laju kendaraan (otomotif).

$$T = \frac{Ne}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} = \frac{30 \cdot Ne}{\pi \cdot n} \text{ (N.m)}$$

- b. Tekanan Efektif Rata-Rata = P_e (*Brake Mean Effective Pressure* = b_{mep}).

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan teoritis (konstan), yang apabila mendorong torak sepanjang langkah kerja dari motor dapat menghasilkan tenaga (tenaga poros).

$$P_e = \frac{\text{Kerja Persiklus}}{\text{Volume Langkah Torak}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$P_e = \frac{60 \cdot z \cdot Ne}{V_d \cdot n \cdot a} \text{ (pa)}$$

Tabel 3. Perbandingan Jumlah Udara dan Jumlah Bahan Bakar Untuk Pembakaran Sempurna

No	Bahan Bakar	Perbandingan massa udara terhadap massa bahan bakar	Perbandingan volume udara terhadap volume bahan bakar
1.	Bensin	15,05	5275
2.	Methane	17,16	9
3.	Biogas 50% CH ₄ +CO ₂	4,6	5,8

METODE

Penelitian dilaksanakan secara langsung terhadap unjuk kerja mesin bensin generator listrik 4 langkah. untuk mendapatkan data awal yang lengkap maka pengujian dilengkapi dengan alat penghematan bahan bakar. unjuk kerja yang dihasilkan adalah Daya (Ne), Torsi (T), dan Tekanan Efektif Rata-rata (P_e).



Gambar 1. Generator Listrik

Spesifikasi :

Engine Type : 1 cylinder, 4 stroke, pendinginan udara, OHV
Bore x stroke : 54 x 38 mm

Max. Output : 3 kW/3600 rpm
 Rated Output : 2,4 kW/3600 rpm
 Max Torque : 9,1 Nm/2500rpm
 Rated output voltage : 220 volt
 Rated frequency : 50 Hz

ANALISA PERHITUNGAN

a. Data hasil pengujian generator listrik tenaga premium.

1. Bahan Bakar : Premium.
2. *Throttle* : 100 %

Tabel 4. Hasil Pengujian Generator Listrik Tenaga Premium.

No	Putaran Poros Engkol (rpm)	Variasi Pembebanan (Watt)
1	3811	0
2	3778	5
3	3750	10
4	3725	15
5	3695	20
6	3611	25
7	3609	30
8	3600	35
9	3590	40
10	3578	45
11	3550	50
12	3545	55
13	3495	60
14	3490	65
15	3475	70
16	3400	75

b. Data hasil pengujian generator listrik tenaga biogas.

- 1) Bahan Bakar : biogas.
- 2) *Throttle* : 100 %

Tabel 5. Hasil Pengujian Generator Listrik Tenaga Biogas.

No	Putaran Poros Engkol (rpm)	Variasi Pembebanan (Watt)
1	3500	0
2	3447	5
3	3250	10
4	3100	15
5	2910	20
6	2850	25
7	2700	30
8	2550	35
9	2447	40
10	2280	45
11	2100	50
12	1985	55
13	1889	60
14	1830	65
15	1810	70
16	1789	75

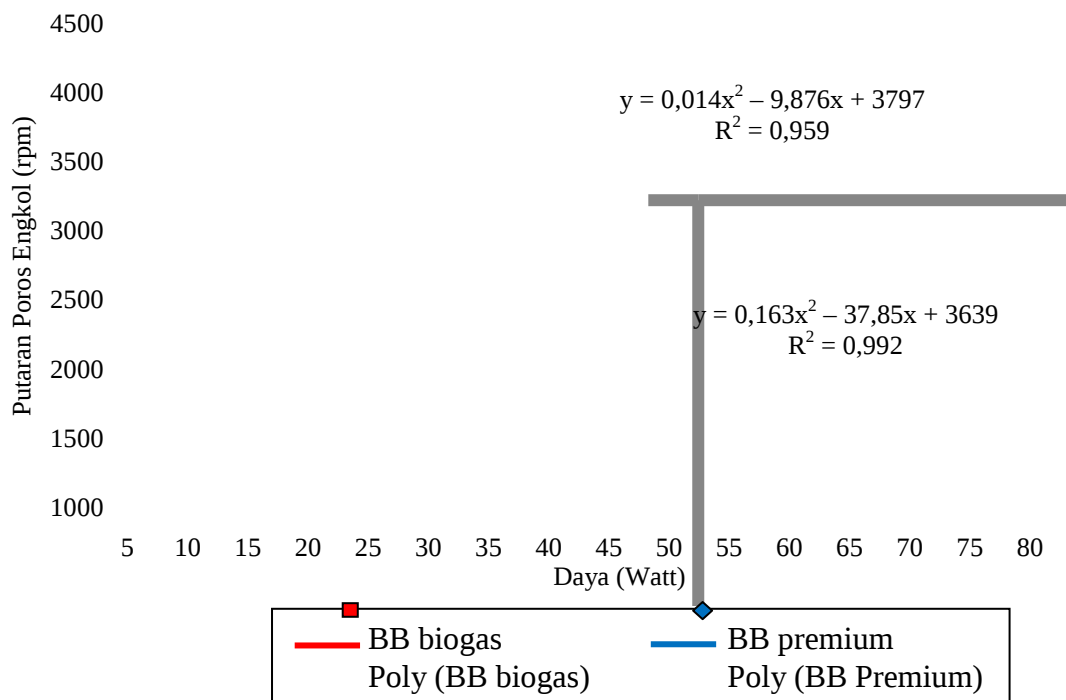
Tabel 6. Data hasil perhitungan Torsi dan Tekanan Efektif rata-rata Generator listrik tenaga Premium

No	Variasi Pembebanan (Watt)	Putaran Poros Engkol (rpm)	Torsi (N.m x 10^{-4})	Tekanan Efektif rata-rata (Pa x 10^{-3})
1	0	3811	0,00	0,00
2	5	3778	2,11	6,30
3	10	3750	4,25	12,70
4	15	3725	6,41	19,18
5	20	3695	8,62	25,77
6	25	3611	11,02	32,97
7	30	3609	13,24	39,58
8	35	3600	15,48	46,30
9	40	3590	17,74	53,06
10	45	3578	20,03	58,89
11	50	3550	22,43	67,07
12	55	3545	24,71	73,88
13	60	3495	27,34	81,75
14	65	3490	29,66	88,69
15	70	3475	32,08	95,92
16	75	3400	35,13	105,04

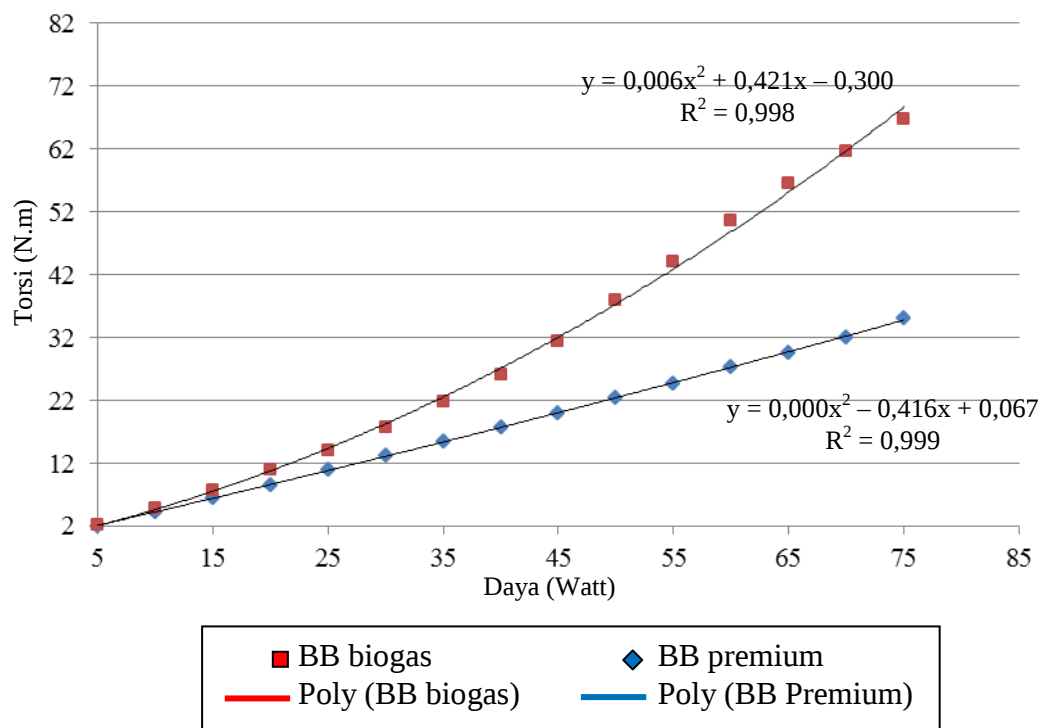
Tabel 7. Data hasil perhitungan Torsi dan Tekanan Efektif rata-rata Generator listrik tenaga Biogas

No	Variasi Pembebanan (Watt)	Putaran Poros Engkol (rpm)	Torsi (N.m x 10^{-4})	Tekanan Efektif rata-rata (Pa x 10^{-3})
1	0	3500	0,00	0,00
2	5	3447	2,31	6,91
3	10	3250	4,90	14,65
4	15	3100	7,70	23,04
5	20	2910	10,94	32,73
6	25	2850	13,97	41,77
7	30	2700	17,69	52,91
8	35	2550	21,86	65,36
9	40	2447	26,03	77,84
10	45	2280	31,43	93,98
11	50	2100	37,91	113,38
12	55	1985	44,12	131,94
13	60	1889	50,58	151,25
14	65	1830	56,56	169,14
15	70	1810	61,58	184,16
16	75	1789	66,76	199,63

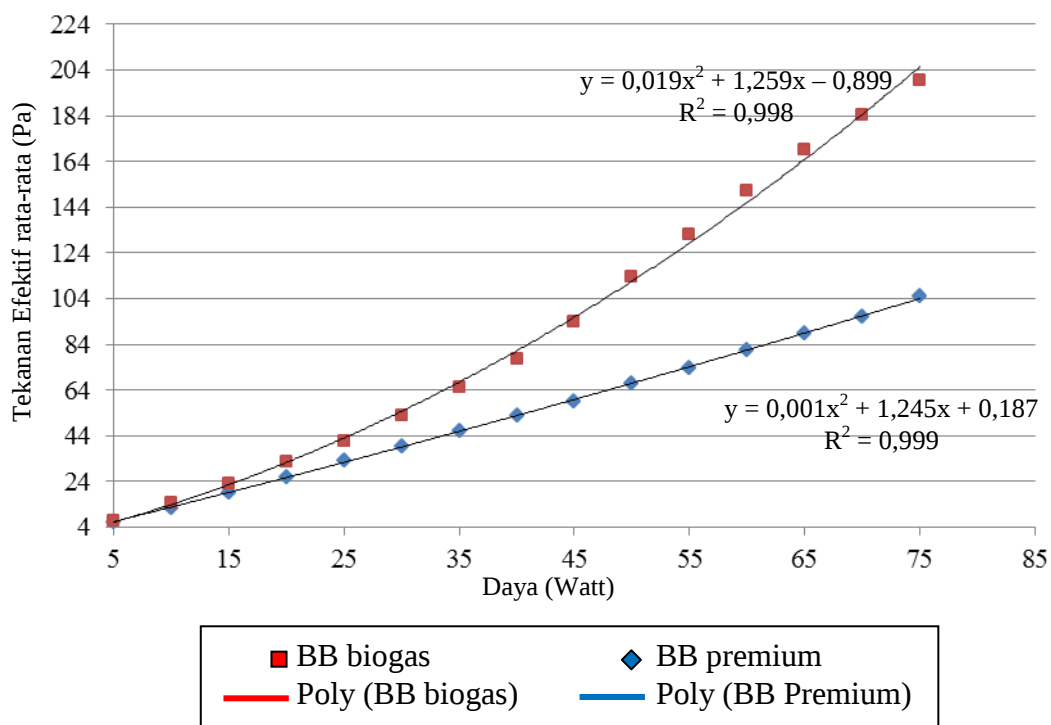
Gambar 2. Grafik perbandingan daya dengan putaran poros engkol generator listrik tenaga premium tenaga biogas



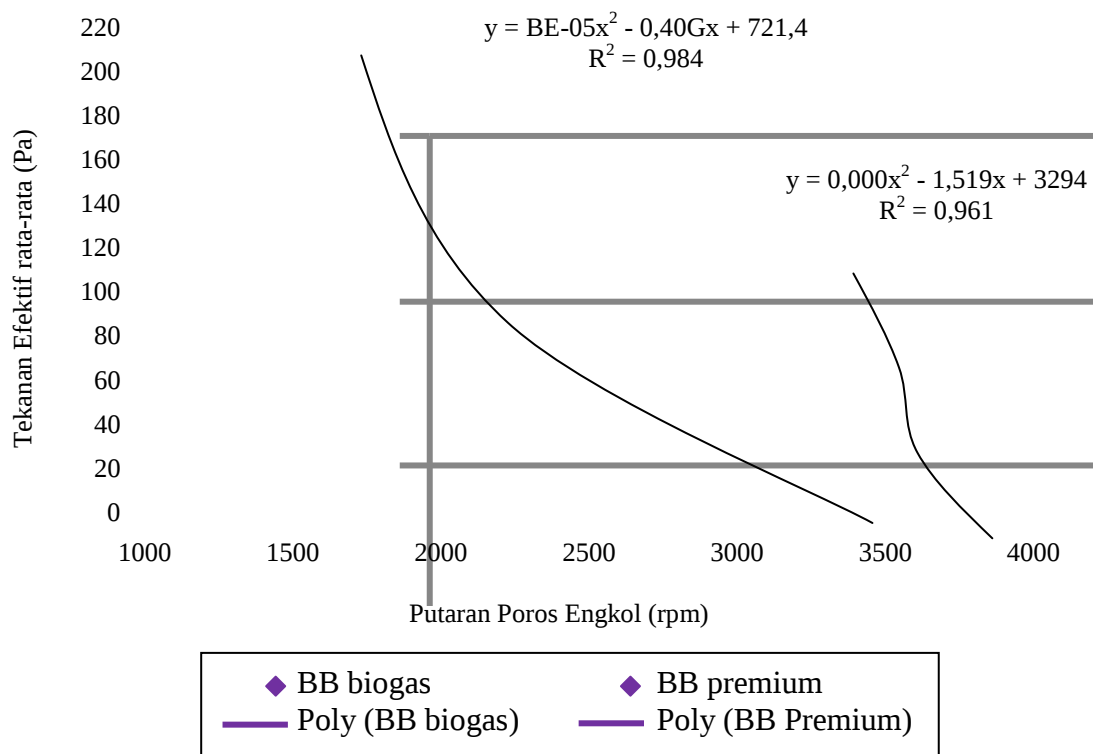
Gambar 3. Grafik perbandingan torsi dengan daya generator listrik tenaga premium dengan tenaga biogas



Gambar 4. Grafik perbandingan daya dengan tekanan efektif rata-rata generator listrik tenaga premium dengan tenaga biogas



Gambar 5. Grafik perbandingan Tekanan Efektif rata-rata dengan putaran poros engkol generator listrik berbahan bakar premium dengan tenaga biogas



KESIMPILAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pembangkit listrik tenaga biogas telah berhasil dimodifikasi dan diuji coba.
2. Torsi yang terjadi ternyata lebih rendah dari torsi maksimum, yang mana torsi pada tenaga biogas pada beban 75 watt torsi yang dibutuhkan adalah $66,76 \times 10^{-3}$ N.m pada putaran 1789 rpm. Sedangkan pada tenaga premium torsinya sebesar $35,13 \times 10^{-3}$ N.m pada putaran poros engkol 3400 rpm. Jadi semakin besar beban membutuhkan torsi yang lebih besar pula. Hal ini disebabkan karena unsur yang terkandung dalam biogas lebih rendah dari pada unsur yang terkandung dalam premium.
3. Tekanan efektif rata-rata tenaga biogas lebih besar dari pada tekanan efektif rata-rata tenaga premium, yang mana pada pengujian tenaga biogas pada beban 75 Watt di peroleh tekanan efektif rata-rata $199,63 \times 10^{-4}$ Pa sedangkan pada tenaga premium adalah $105,04 \times 10^{-4}$ Pa.
4. Analisa Daya, Torsi dan Tekanan Efektif Rata-rata yang dihasilkan oleh generator dengan bahan bakar Premium dan Biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp A.W dan Sitompul D,1996. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*, Erlangga,Jakarta.
- Horikawa, M.S. et. All., 2004, *Chemical Absorbtion of H2S for Biogas Purification*,Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 21 No. 03 p. 415 – 422.
- N. Petrovsky, Professor, D.Sc. (Mech. E.). *Marine Internal Combustion Engines*. Mir Publisher, Moscow.<http://www>
- Suyitno, 2009, *Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBio) yang Dilengkapi dengan Kompresi Biogas*, Balitbang, Jateng

- Wiranto Arismunandar. 1998. *Penggerak Mula, Motor Bakar Torak*. ITB Bandung.
- Wardana I.N.G, 2008. *Bahan bakar dan Teknologi pembakaran*, PT. Danar Wijaya, Malang.
- Zuhal, 1993. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.