

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENGUJIAN

Setelah melakukan pengujian, penulis memperoleh data-data hasil pengujian (Tabel 6) yang digunakan untuk menghitung besarnya daya engkol (bP) dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol ($bsfc$) dengan menggunakan rumusan yang terdapat pada Bab II. Daya Engkol dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik engkol ($bsfc$) dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Contoh data hasil pengujian dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7. Kedua parameter prestasi mesin tersebut digunakan sebagai perbandingan prestasi mesin tanpa elektroliser dan prestasi mesin menggunakan elektroliser.

Pengujian ini dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali menggunakan beban 2,5 kg dengan 7 variasi putaran mesin yaitu 2000 rpm, 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm, 3250 rpm, dan 3500 rpm, 5 variasi konsentrasi katalis yaitu 1 gram, 2 gram, 3 gram, 5 gram, dan 10 gram, dan 4 variasi ukuran selang penghubung yaitu $\frac{1}{4}$ inch, $\frac{5}{16}$ inch, $\frac{3}{8}$ inch, dan $\frac{1}{2}$ inch. Sumber tegangan dan arus yang digunakan untuk mengoperasikan elektroliser pada pengujian ini adalah Accu mobil dengan kapasitas maksimum tegangan 12 Volt dan arus 70 Ah. Kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa menggunakan elektroliser.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan penulis, salah satu contoh data yang diperoleh yaitu pada pemakaian elektroliser dengan konsentrasi katalis 5 gram dan ukuran selang penghubung $\frac{1}{4}$ inch. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian pada contoh tersebut:

Tabel 6. Data hasil pengujian

Jenis Mesin Besar Arus & Tegangan	: Motor Diesel	Bahan Bakar	: Solar				
Konsentrasi Katalis	: 5 A & 12 V	Spesific gravity	: 0,84				
Variasi Selang	: 5 Gram	Nilai Kalor Bahan Bakar	: 42.000 KJ/kg				
Beban Tergantung	: 1/4 Inch	Tekanan Udara Ruangan	: 101325 Pa				
	: 2,5 kg						
HASIL PENGAMATAN							
No Pengujian	1	2	3	4	5	6	7
a. Temperatur Udara Ruangan, °C	27	27	27	27	27	27	27
b. Putaran Mesin, RPM	2004,67	2249,33	2496,67	2747,33	2996,33	3246,33	3505,33
c. Torsi, Nm	7,66667	7,83333	8,13333	8,2	8,33333	8,36667	8,26667
d. Waktu pemakaian Bahan Bakar, detik	137,187	114,493	95,66	85,54	75,3967	64,4267	52,5033
e. Laju Pemakaian udara, mmH ₂ O	12,5	14,5	16,5	18,5	20,5	22	23,5
f. Temperatur Gas Buang, °C	145	148,333	160	170	190	213,333	250

Dari hasil perhitungan data-data tersebut, maka diperoleh nilai prestasi motor bakar diesel 4-langkah tanpa elektroliser dan prestasi motor diesel 4-langkah dengan menggunakan elektroliser, yaitu daya engkol (*bP*) dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*). Hasil perhitungan berdasarkan contoh di atas dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan

Jenis Mesin : Motor diesel		Bahan Bakar	: Solar
Besar Arus & Tegangan : 5 A & 12 V		Spesific gravity	: 0,84
Konsentrasi Katalis : 5 Gram		Nilai Kalor BB	: 42.000 KJ /kg
Variasi Selang : ¼ Inch		Tekanan Udara Ruangan : 101325 Pa	
Beban Tergantung : 2,5 Kg			
Putaran mesin (N), Rpm	Daya engkol (bP), kW	Laju bahan bakar (mf), kg/jam	Pemakaian B.Bakar spesific engkol (bsfc), kg/kWh
2004,67	1,61024	0,17634	0,10951
2249,33	1,84604	0,21129	0,11445
2496,67	2,12751	0,25289	0,11886
2747,33	2,36029	0,28281	0,11982
2996,33	2,61607	0,32086	0,12265
3246,33	2,84569	0,37549	0,13195
3505,33	3,03600	0,46077	0,15176

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai daya engkol (*bP*) dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) kemudian dibandingkan dengan nilai yang di peroleh dari hasil pengujian tanpa menggunakan elektroliser dan dengan hasil yang diperoleh dari variasi konsentrasi katalis, ukuran selang penghubung, dan putaran mesin. Hasil perhitungan di atas akan disajikan dalam bentuk grafik. Untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Selain pengujian diatas, penulis juga melakukan pengujian parameter fisika dari air hasil elektrolisis yang meliputi warna, daya hantar listrik (konduktivitas), kekeruhan (turbiditas), dan derajat keasaman air (PH) yang bertujuan untuk menentukan kualitas air hasil elektrolisis. Air hasil elektrolisis yang diuji diambil

dari pengujian elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi KOH 5 gram, besar arus 5 Ampere dan tegangan 12 Volt. Adapun tabel data hasil pengujian parameter fisika yang telah dilakukan di laboratorium Biomassa Unila adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Parameter Fisika Air Elektrolisis

Warna	Daya Hantar Listrik (DHL), mS/cm	Kekeruhan (turbiditas)	Derajat Keasaman (PH)
Tidak berwarna	32,56	250 ppm (5-10 NTU)	10

Berdasarkan data parameter fisika air elektrolisis yang didapat kemudian disimpulkan bagaimana kualitas air dari hasil elektrolisis berdasarkan parameter yang telah di uji.

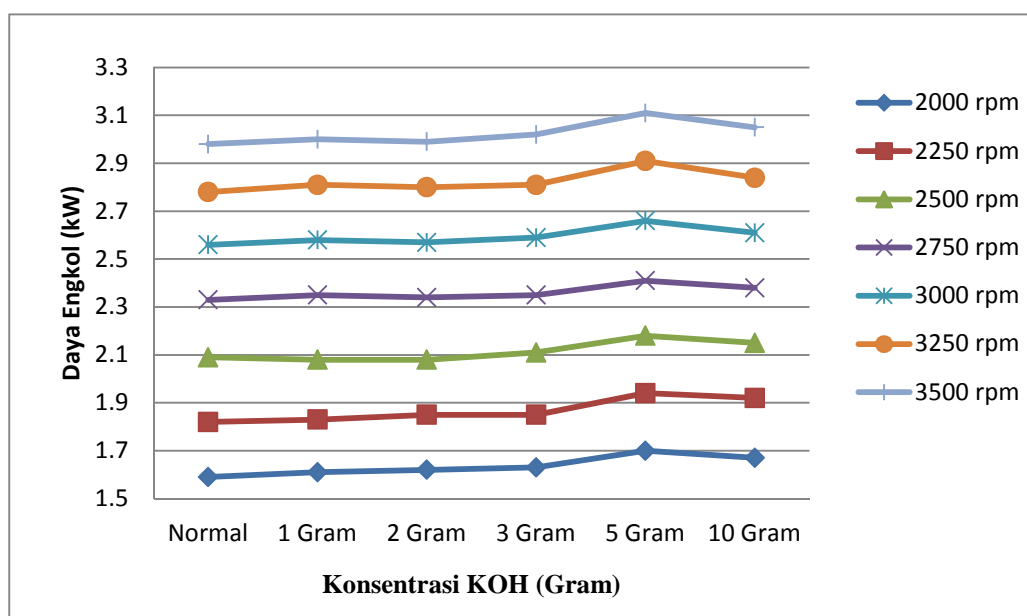
B. Pembahasan

Pengaruh dari pengujian elektroliser terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar divariasikan untuk berbagai jenis konsentrasi katalis dan ukuran selang penghubung terhadap putaran mesin. Putaran mesin yang digunakan yaitu 2000 rpm, 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm, 3250 rpm, dan 3500 rpm. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari putaran rendah (2000 rpm) sampai putaran tinggi (3500 rpm) dengan beban tergantung 2,5 kg.

1. Pengaruh penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol

Setelah melakukan percobaan dalam hal penentuan penggunaan tabung elektroliser antara 2 tabung elektroliser dengan 1 tabung elektroliser terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol maka diperoleh hasil yang terbaik kemudian dilanjutkan dengan menggunakan variasi ukuran selang penghubung.

- a. Pengaruh penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol



Gambar 29. Pengaruh penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol

Dari gambar 29 di atas dapat dilihat terdapat 5 variasi penggunaan KOH yaitu 1 gram, 2 gram, 3 gram, 5 gram, dan 10 gram dan 1 dalam kondisi normal atau tanpa menggunakan elektroliser. Dilakukannya pengambilan data tanpa elektroliser untuk mengetahui kondisi mesin saat itu. Pengambilan data dilakukan berdasarkan konsentrasi katalis KOH secara bertahap mulai dari 1 gram, 2 gram, 3 gram, 5 gram, dan 10 gram. Pengambilan data dilakukan secara berulang

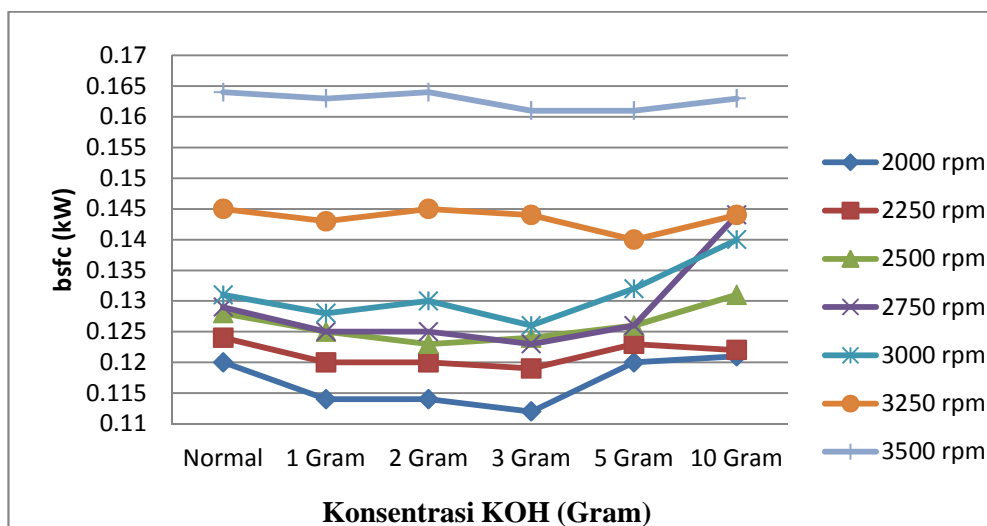
sebanyak 3 kali agar data yang diperoleh diharapkan lebih akurat. Dapat dilihat pada gambar 29 nilai yang dihasilkan bervariasi. Contoh pada putaran rendah (2000 rpm) terjadi peningkatan daya engkol dari kondisi awal sebesar 1,59497 kW naik menjadi 1,60649 kW (naik 0,722 %) untuk penggunaan KOH 1 gram. Pengaruh penggunaan KOH terjadi pada setiap putaran mesin, termasuk untuk putaran paling tinggi (3500 rpm) dari kondisi awal daya engkol sebesar 2,98817 kW terjadi peningkatan sebesar 3,05172 kW (naik 2,127 %) untuk penggunaan KOH 10 gram.

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan konsentrasi KOH yang digunakan maka diperoleh persentase peningkatan daya engkol terbaik yang didapat saat pengujian pada konsentrasi KOH 5 gram yaitu sebesar 6,622 % (0,10562 kW) untuk pengujian dengan putaran mesin 2000 rpm. Penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH dapat meningkatkan daya engkol mulai dari putaran rendah (2000 rpm) hingga putaran tinggi (3500 rpm) pada setiap variasi KOH, jika dibandingkan tanpa menggunakan elektroliser. Semakin tinggi putaran mesin maka daya engkol yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini disebabkan masuknya gas HHO ke dalam ruang bakar mesin maka secara langsung akan menaikkan tingkat atau angka oktan bahan bakar. Dengan meningkatnya angka oktan, tenaga yang ditimbulkan akan lebih kuat, karena pembakaran menjadi lebih sempurna.

Peningkatan daya engkol yang tidak sama pada setiap putaran mesin disebabkan karena elektroliser yang menggunakan *water trap (vaporiser)* proses penguapan yang terjadi pada elektroliser tidak langsung masuk kedalam *intake manifold*

tetapi ditampung terlebih dahulu di dalam *water trap* baru kemudian disalurkan menuju *intake manifold*. *Water trap* berfungsi sebagai penangkap air agar tidak ikut masuk ke dalam ruang bakar dan menambahkan uap air kedalam ruang bakar. Tetapi ketika gas HHO yang masuk kedalam *intake manifold* melalui *water trap*, temperaturnya telah berkurang dari temperatur awal ketika gas HHO keluar dari elektroliser. Sehingga, ketika putaran mesin mencapai putaran tinggi laju penguapan pada proses elektrolisis kembali mengalami peningkatan. Dimana setiap kenaikan putaran mesin, jumlah udara, temperatur gas buang, dan bahan bakar yang dibutuhkan semakin meningkat. Sehingga rasio HHO terhadap udara dan bahan bakar pada setiap kenaikan putaran mesin terus menurun.

- b. Pengaruh penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol



Gambar 30. Pengaruh penggunaan elektroliser 2 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol

Untuk pengujian bahan bakar spesifik engkol, penggunaan bahan bakar terbesar didominasi pada pengujian tanpa menggunakan elektroliser namun setelah

menggunakan elektroliser konsumsi bahan bakar mengalami penurunan. Misal, saat putaran tinggi (3500 rpm), kondisi tanpa elektroliser mengkonsumsi bahan bakar paling banyak yaitu sebesar 0,1649 kg/kWh dan habis dalam waktu 49,07 detik/8 ml. Akan tetapi pada putaran 3500 rpm, setelah menggunakan elektroliser 2 tabung konsumsi bahan bakar berangsur-angsur mengalami penurunan, yaitu pada penggunaan konsentrasi katalis 5 gram sebesar 0,16079 kg/kWh (hemat 2,54%) dari kondisi awal tanpa elektroliser.

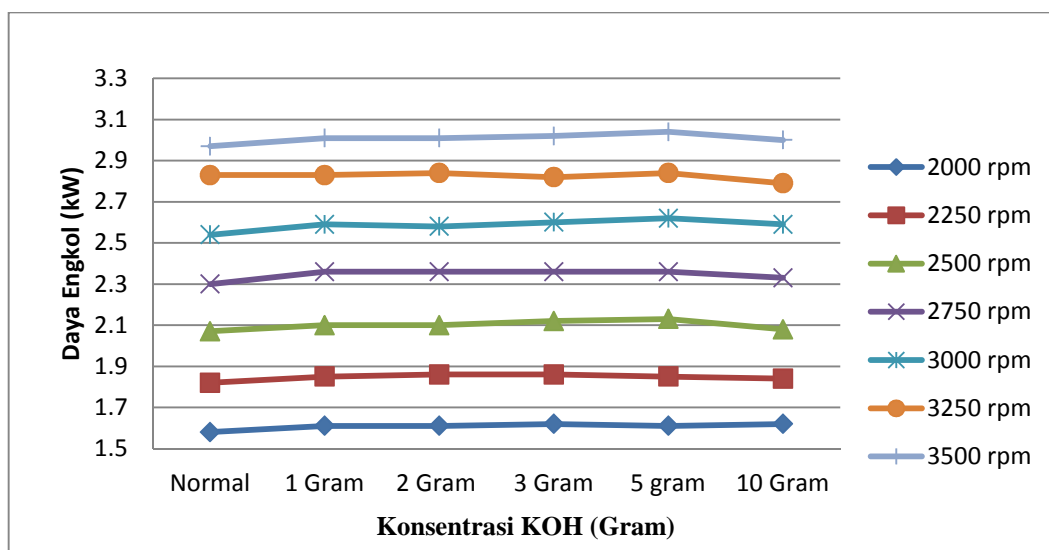
Dari gambar 30 terlihat bahwa penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol hampir terjadi di setiap konsentrasi KOH dan putaran mesin, dari putaran mesin rendah (2000 rpm) sampai putaran mesin tinggi (3500 rpm). Namun, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dengan konsentrasi KOH 3 gram sebesar 0,0077 kg/kWh atau 6,385 %. Hal ini sama dengan peningkatan daya engkol terbaik yang terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dengan konsentrasi KOH 5 gram sebesar 0,10562 kW atau 6,622%. Pada penggunaan elektroliser 2 tabung, daya engkol dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik terjadi pada putaran mesin rendah. Namun dari data yang diperoleh laju penguapan fluida elektrolisis berlangsung secara tidak konstan, hal ini terlihat dari besarnya penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol yang tidak konstan di setiap putaran mesin karena adanya penyumbatan oleh uap air yang mengembun pada selang yang menghubungkan elektroliser dengan *intake manifold* yang mengganggu atau menghambat laju aliran HHO dari elektroliser menuju *intake manifold* sehingga intensitas HHO

yang bercampur dengan udara tidak maksimal dan adanya uap air yang ikut masuk mengakibatkan pembakaran menjadi kurang sempurna.

2. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol

- a. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol.

Berikut ini merupakan perbandingan hubungan antara putaran mesin terhadap daya engkol pada pengujian mesin tanpa elektroliser dan pengujian dengan elektroliser 1 tabung dan variasi konsentrasi KOH.



Gambar 31. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap daya engkol

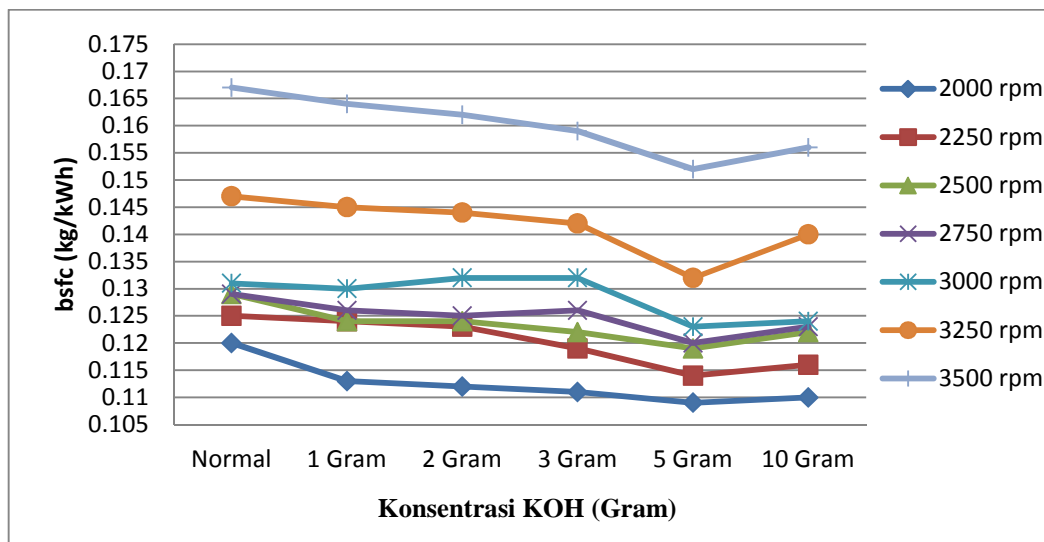
Dari gambar 31 terlihat bahwa pada penggunaan elektroliser 1 tabung dengan variasi konsentrasi KOH dan putaran mesin dapat meningkatkan daya engkol, jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan elektroliser. Peningkatan daya engkol

terjadi secara perlahan mulai dari putaran rendah (2000 rpm) sampai putaran tinggi (3500 rpm). Ini menunjukkan bahwa pada penggunaan elektroliser dengan 1 tabung daya engkol yang dihasilkan kurang maksimal karena tidak menggunakan *water trap (vaporiser)* sebagai penampung gas HHO seperti yang digunakan pada elektroliser 2 tabung. *Water trap* dapat menaikkan tenaga mesin tetapi konsumsi bahan bakar mengalami sedikit penurunan.

Pada putaran mesin terendah (2000 rpm) elektroliser mampu menaikkan daya engkol sebesar 0,02749 kW atau 1,736% dengan konsentrasi KOH 1 gram. Sementara itu pada putaran tinggi (3500 rpm) kondisi terbaik saat pengujian adalah 0,06036 kW atau 2,029% pada pengujian dengan konsentrasi KOH 5 gram. Kenaikan daya engkol pada elektroliser disebabkan karena hidrogen bersifat eksplosif dan oksigen mendukung pembakaran. Setiap konsentrasi KOH 1 gram, 2 gram, 3 gram, 5 gram, dan 10 gram dapat meningkatkan daya engkol di setiap variasi putaran mesin dari putaran mesin rendah 2000 rpm sampai putaran mesin tinggi 3500 rpm.

Pada elektroliser ini kenaikan daya engkol pada setiap perubahan putaran mesin tidaklah sama bahkan ada yang mengalami kenaikan dari putaran rendah dan ada pula yang mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena kecepatan penguapan pada proses elektrolisis tidak berlangsung secara konstan di setiap putaran mesin, sementara disetiap kenaikan putaran mesin jumlah udara dan bahan bakar yang dibutuhkan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa rasio HHO dengan udara dan bahan bakar pada putaran sedang (2500 rpm) yang paling ideal untuk menghasilkan torsi yang besar.

- b. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol



Gambar 32. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis KOH terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol

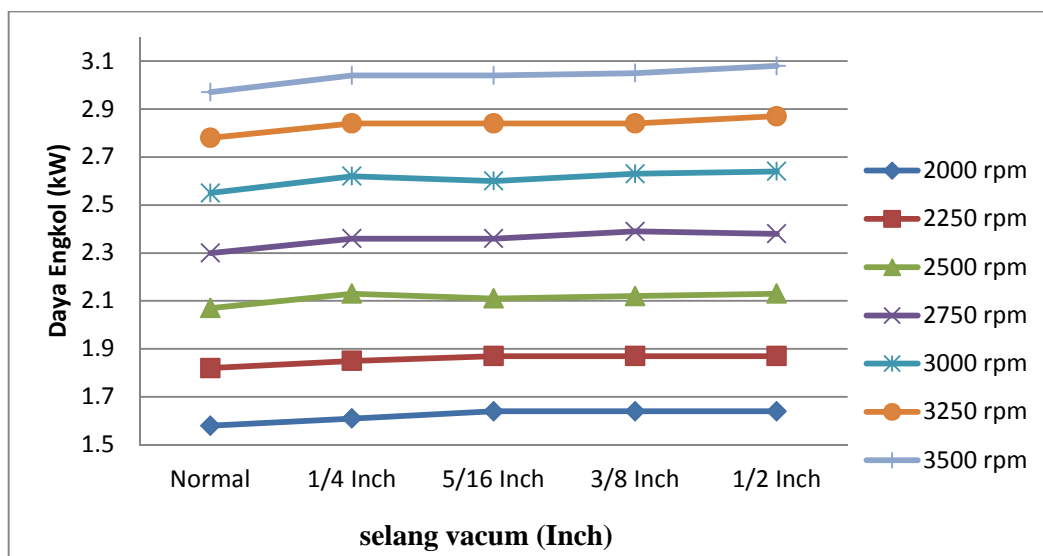
Seperti terlihat pada gambar 32, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbesar saat pengujian pada putaran mesin tertinggi (3500 rpm) yaitu sebesar 0,1672 kg/kWh saat kondisi normal atau tanpa elektroliser. Namun setelah menggunakan elektroliser konsumsi bahan bakar berangsur-angsur mengalami penurunan walaupun tidak secara signifikan. Penurunan konsumsi bahan bakar terbesar terjadi pada konsentrasi KOH 5 gram pada putaran rendah (2000 rpm) hingga putaran tinggi (3500 rpm). Namun, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik terjadi pada putaran 3250 rpm sebesar 0,01564 kg/kWh atau 10,598% dengan konsentrasi KOH 5 gram. Jika dibandingkan dengan daya engkol terbaik yang dihasilkan sebesar 0,05718 kW atau 2,76% dengan konsentrasi KOH 5 gram, maka konsentrasi KOH 5 gram merupakan konsentrasi yang terbaik karena pada konsentrasi inilah gas HHO dapat berjalan secara

maksimal. Hal ini disebabkan juga karena hidrogen merupakan partikel yang sangat kecil, menghantam partikel lain, dan memotongnya menjadi partikel lebih kecil menjadi lebih kecil lagi. Sehingga apa yang terjadi adalah hidrogen ini memperkaya campuran bahan bakar yang menjadikan kandungan oktannya (*oktan rating*) meningkat dengan oksigen, dan mampu membakar lebih banyak dan lebih sempurna. Dengan semakin sempurnanya proses pembakaran maka tingkat konsumsi bahan bakar semakin berkurang. Meningkatnya penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol pada setiap putaran mesin karena semakin besar putaran mesin maka gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis akan semakin meningkat dan semakin banyak gas HHO yang masuk kedalam *intake manifold*. Dengan bercampurnya gas HHO yang masuk ke *intake manifold* dengan gas hidrokarbon dari solar dapat menghemat bahan bakar minyak dibandingkan tanpa menggunakan elektroliser.

Pemakaian bahan bakar spesifik engkol akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin, ketika putaran mesin mencapai putaran tinggi (3250 rpm dan 3500 rpm) penurunan konsumsi bahan bakar akan kembali mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena laju penguapan fluida elektrolisis berlangsung secara konstan sampai putaran 3000 rpm dan pada putaran tinggi daya hisap gas HHO masuk kedalam *intake manifold* semakin besar. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terjadi ketika mesin berada pada putaran putaran rendah, putaran sedang dan putaran tinggi. Hal ini karena ikatan hidrogen-hidrogen-oksigen pada gas hasil elektrolisis air yang dapat menyempurnakan proses pembakaran pada mesin.

3. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis terbaik (5 gram) dan variasi ukuran selang penghubung terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol

a. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis terbaik (5 gram) dan variasi ukuran selang penghubung terhadap daya engkol



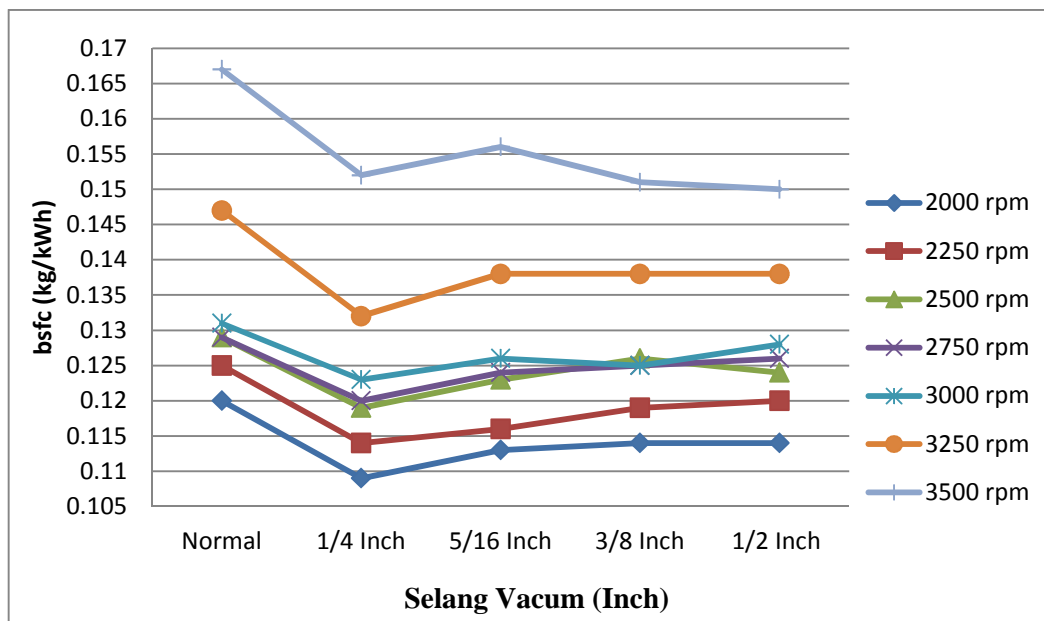
Gambar 33. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis terbaik (5 gram) dan variasi ukuran selang penghubung terhadap daya engkol

Dari gambar 33 terlihat bahwa pada penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi KOH 5 gram adalah yang terbaik. Dengan digunakannya variasi ukuran selang penghubung dari elektroliser ke dalam *intake manifold* didapatkan hasil yang maksimal dari proses elektrolisis, jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan elektroliser. Peningkatan daya engkol terjadi secara perlahan mulai dari putaran rendah (2000 rpm) sampai putaran tinggi (3500 rpm) dan dari ukuran selang vacuum ¼ inci, 5/16 inci, 3/8 inci, dan ½ inci. Peningkatan daya engkol terbesar pada ukuran selang ½ inci dari putaran mesin 2000 rpm sampai

3500 rpm. Semakin tinggi putaran mesin maka daya engkol yang dihasilkan akan semakin besar seiring dengan peningkatan laju pemakaian udara dan bahan bakar. Pada putaran mesin terendah (2000 rpm) elektroliser mampu menaikkan daya engkol sebesar 0,05979 kW atau 3,775% dengan ukuran selang $\frac{1}{2}$ inci. Sementara itu pada putaran tinggi (3500 rpm) kondisi terbaik saat pengujian adalah 0,10288 kW atau 3,457% pada pengujian dengan ukuran selang $\frac{1}{2}$ inci. Dengan ukuran selang penghubung yang sesuai maka gas HHO yang masuk ke dalam *intake manifold* akan semakin maksimal dan proses pembakaran yang terjadi diruang bakar semakin sempurna.

Pada elektroliser ini kenaikan daya engkol pada setiap perubahan putaran mesin tidaklah sama. Peningkatan daya engkol terbaik pada putaran rendah dan putaran tinggi. Hal ini disebabkan karena kecepatan penguapan pada proses elektrolisis tidak berlangsung secara konstan di setiap putaran mesin, sementara disetiap kenaikan putaran mesin jumlah udara dan bahan bakar yang dibutuhkan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa rasio HHO dengan udara dan bahan bakar pada putaran rendah (2000 rpm) yang paling ideal untuk menghasilkan torsi yang besar. Gas HHO dalam tabung elektrolisa dialirkan melalui selang penghubung menuju *intake manifold*, untuk ukuran selang penghubung terbesar yaitu $\frac{1}{2}$ inci adalah ukuran selang penghubung yang sesuai untuk menghasilkan daya engkol yang maksimal serta laju aliran gas HHO berjalan secara kontinu.

- b. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis terbaik (5 gram) dan variasi ukuran selang penghubung terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol



Gambar 34. Pengaruh penggunaan elektroliser 1 tabung dengan konsentrasi katalis terbaik (5 gram) dan variasi ukuran selang penghubung terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol

Seperti terlihat pada gambar 34, posisi konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbesar saat pengujian tanpa elektroliser pada putaran mesin tertinggi (3500 rpm) yaitu sebesar 0,1672 kg/kWh. Namun setelah menggunakan elektroliser dengan konsentrasi KOH 5 gram dan variasi ukuran selang penghubung didapatkan konsumsi bahan bakar berangsur-angsur mengalami penurunan secara signifikan. Penurunan konsumsi bahan bakar terbesar terjadi pada putaran rendah (2000 rpm) hingga putaran tinggi (3500 rpm). Namun, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik terjadi pada putaran 3250 rpm sebesar 0,01564 kg/Kwh atau 10,598% dengan ukuran selang penghubung ¼ inci. Meningkatnya penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol pada setiap putaran mesin karena semakin besar putaran mesin maka gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis akan semakin meningkat dan semakin banyak gas HHO yang masuk kedalam *intake manifold*. Gas HHO yang dihasilkan masuk ke *intake manifold*

melalui selang penghubung elektroliser, ukuran selang $\frac{1}{4}$ inci merupakan ukuran selang yang terbaik untuk mengalirkan gas HHO. Dengan bercampurnya gas HHO yang masuk ke *intake manifold* dengan gas hidrokarbon dari solar dapat menghemat bahan bakar minyak dibandingkan tanpa menggunakan elektroliser.

Peningkatan daya engkol terbaik pada penggunaan variasi selang vacuum yaitu 0,05979 kW atau 3,775% dengan ukuran selang vacuum $\frac{1}{2}$ inci, sementara itu penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik sebesar 0,01564 kg/Kwh atau 10,598% dengan ukuran selang vacuum $\frac{1}{4}$ inci. Perbedaan ini disebabkan laju gas HHO yang terhisap masuk ke dalam *intake manifold* berbeda-beda jumlahnya. Pemakaian bahan bakar spesifik engkol akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin, ketika putaran mesin mencapai putaran tinggi (3250 rpm dan 3500 rpm) penurunan konsumsi bahan bakar akan kembali mengalami peningkatan. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol tertinggi berada pada putaran tinggi karena daya hisap gas HHO masuk ke dalam *intake manifold* semakin besar dan gas HHO yang dihasilkan semakin meningkat.

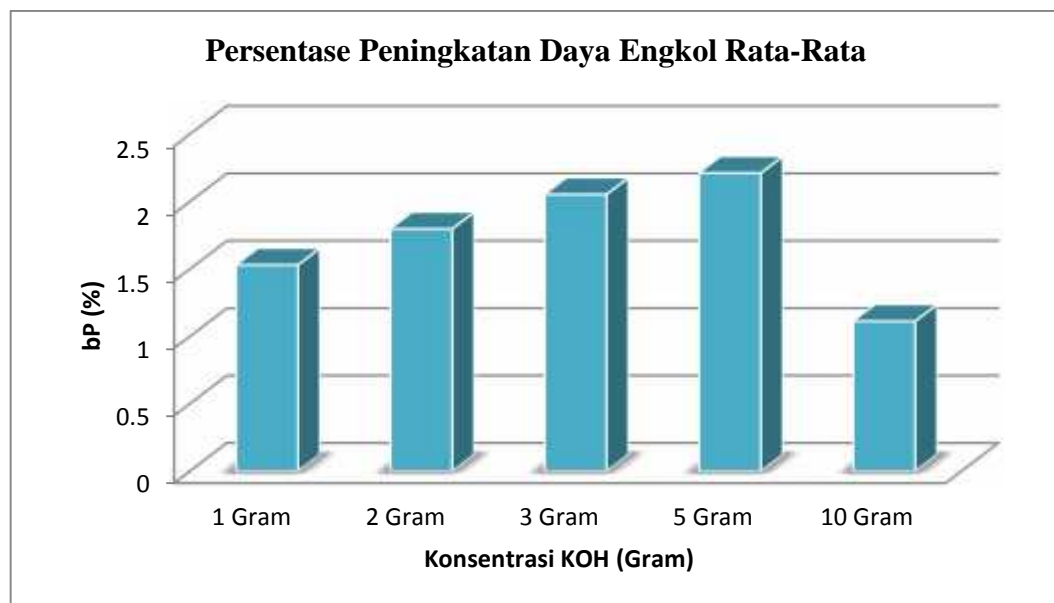
4. Persentase peningkatan daya engkol (*bP*) rata-rata dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) rata-rata

Persentase daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata dihitung dengan menjumlahkan seluruh variasi pengujian (konsentrasi KOH, ukuran selang, dan putaran mesin) dengan menggunakan elektroliser. Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa besar persentase pengaruh penggunaan elektroliser untuk tiap-tiap variasi pengujian yang digunakan terhadap

peningkatan daya engkol dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol. Kemudian akan diketahui konsentrasi serta ukuran selang penghubung elektroliser yang memiliki persentase yang paling baik terhadap peningkatan daya engkol rata-rata dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata.

a. Persentase peningkatan daya engkol (*bP*) rata-rata dengan konsentrasi KOH

Perubahan konsentrasi katalis pada proses elektrolisis dapat mempermudah penguraian air menjadi hydrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Dimana katalis berfungsi memperbesar kecepatan reaksi (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru.



Gambar 35. Persentase peningkatan daya engkol rata-rata dengan konsentrasi KOH

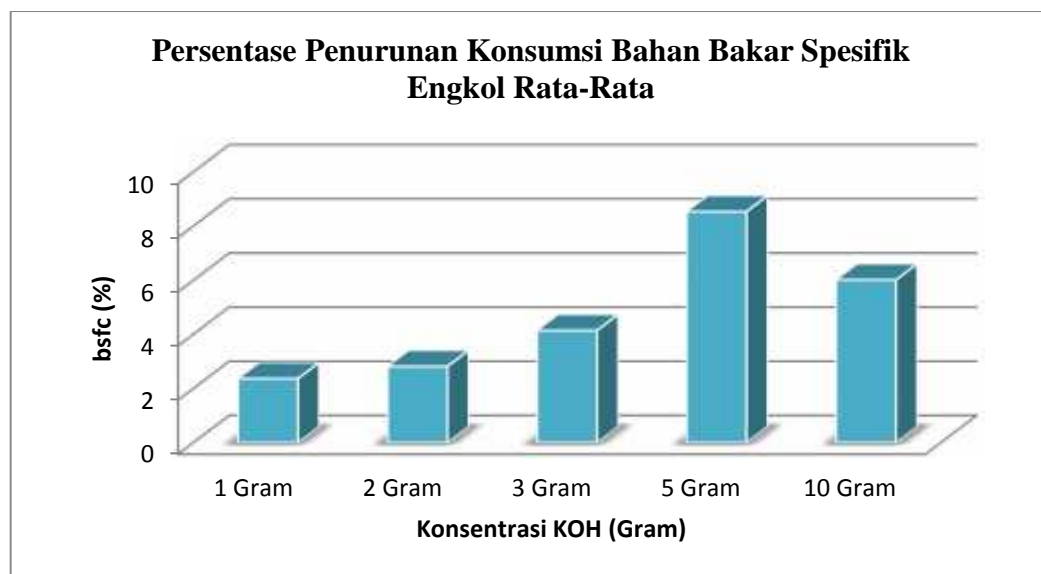
Dari gambar 35 dapat dilihat bahwa, konsentrasi KOH 5 gram menghasilkan daya engkol rata-rata terbesar yaitu 0,00159 kW atau 2,211 %. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi KOH, maka proses elektrolisis yang terjadi akan semakin cepat. Hal ini mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan

oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi menjadi ion H dan OH yang lebih mudah di elektrolisis. Dengan kata lain energi untuk menguraikan air menjadi lebih rendah. Ketika konsentrasi KOH 10 gram terjadi penurunan daya engkol dikarenakan arus listrik yang dibutuhkan sangat besar sehingga proses elektrolisis berlangsung dengan cepat.

Persentase peningkatan daya engkol rata-rata yang didapat sebagai berikut:

- Elektroliser dengan konsentrasi KOH 1 Gram sebesar 2,333 kW (1,529%)
- Elektroliser dengan konsentrasi KOH 2 Gram sebesar 2,339 kW (1,797%)
- Elektroliser dengan konsentrasi KOH 3 Gram sebesar 2,345 kW (2,052%)
- Elektroliser dengan konsentrasi KOH 5 Gram sebesar 2,349 kW (2,211%)
- Elektroliser dengan konsentrasi KOH 10 Gram sebesar 2,323 kW (1,112%)

- b. Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) rata-rata dengan konsentrasi KOH

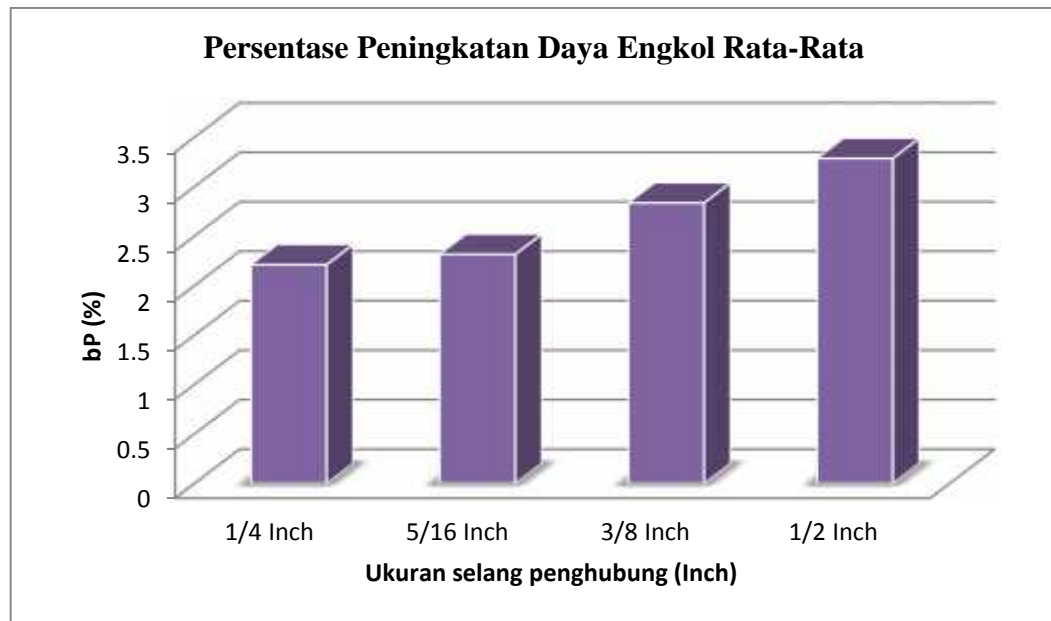


Gambar 36. Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) rata-rata dengan konsentrasi KOH

Dari gambar 36, kondisi persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik pada konsentrasi KOH 5 gram sebesar 0,124 kg/kWh (8,534%). Hal ini sama dengan peningkatan daya engkol terbaik terjadi pada konsentrasi 5 Gram sebesar 2,349 kW atau 2,211%. Semakin tinggi konsentrasi KOH maka proses elektrolisis yang terjadi akan semakin cepat dan menghasilkan gas HHO dalam jumlah yang banyak. Sementara itu pada konsentrasi KOH 10 gram terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar, hal ini karena daya hisap yang besar dari *intake manifold* menarik gas HHO dengan cepat sementara proses elektrolisis yang terjadi tidak dapat berlangsung dengan lama karena arus yang diserap terlalu besar sehingga arus yang dihasilkan cepat berkurang pada proses elektrolisis ini. Dengan demikian akan uap air yang ikut masuk ke dalam ruang bakar mengakibatkan pembakaran menjadi kurang sempurna.

- c. Persentase peningkatan daya engkol (*bP*) rata-rata dengan variasi ukuran selang penghubung elektroliser

Setelah dilakukan pengujian terhadap konsentrasi KOH maka diperoleh konsentrasi KOH terbaik yaitu 5 gram. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan variasi ukuran selang penghubung untuk mendapatkan persentase peningkatan daya engkol yang terbaik.



Gambar 37. Persentase peningkatan daya engkol (*bP*) rata-rata dengan variasi ukuran selang penghubung elektroliser

Dari gambar 37 dapat diketahui bahwa peningkatan daya engkol rata-rata terbaik yaitu pada variasi ukuran selang penghubung $\frac{1}{2}$ inci yaitu sebesar 3,285 %. Jika ukuran selang penghubung dinaikkan maka daya engkol yang dihasilkan juga semakin besar. Sementara peningkatan daya engkol rata-rata terendah yaitu pada variasi ukuran selang penghubung $\frac{1}{4}$ inci. Jadi, semakin besar ukuran selang penghubung maka daya engkol yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini dikarenakan daya hisap dari *intake manifold* yang besar sehingga gas HHO yang dihasilkan banyak dan masuk kedalam ruang bakar. Reaksi perubahan struktur H_2O menjadi HHO berjalan dengan cepat, sehingga gas HHO yang terbentuk dapat langsung masuk kedalam ruang bakar.

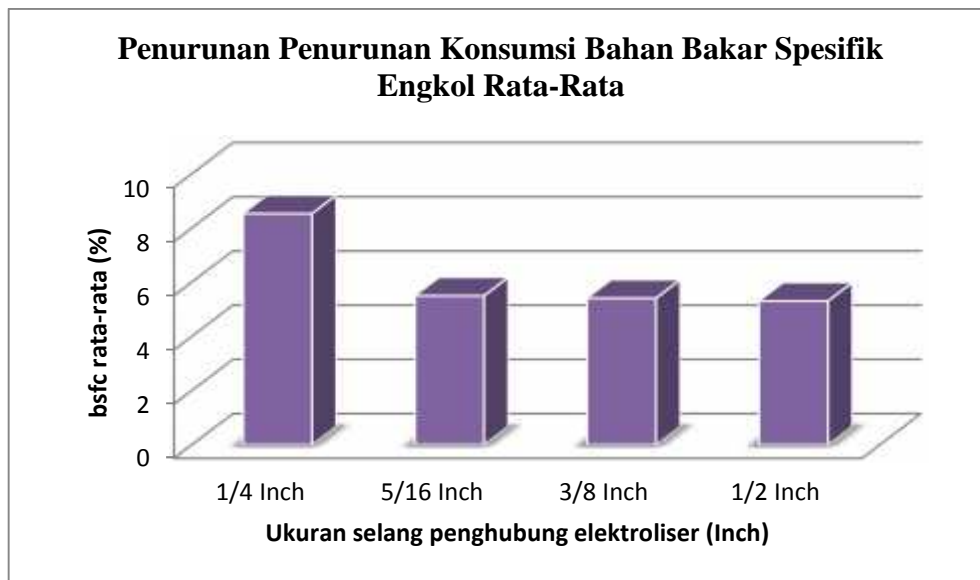
Persentase peningkatan daya engkol rata-rata yang didapat sebagai berikut:

- Elektroliser dengan selang vacuum $\frac{1}{4}$ Inch sebesar 2,349 kW (2,211%)
- Elektroliser dengan selang vacuum $\frac{5}{16}$ Inch sebesar 2,351 kW (2,316%)

- Elektroliser dengan selang vacum 3/8 Inch sebesar 2,363 kW (2,835%)
- Elektroliser dengan selang vacum 1/2 Inch sebesar 2,373 kW (3,285%)

d. Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) rata-rata dengan variasi ukuran selang penghubung elektroliser

Selain berpengaruh terhadap daya engkol perubahan ukuran selang penghubung pada elektroliser juga mempengaruhi tingkat pemakaian bahan bakar spesifik engkol. Besarnya perubahan ukuran selang penghubung tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 38. Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) rata-rata dengan variasi ukuran selang penghubung elektroliser

Gambar 38 menunjukkan bahwa terjadi penurunan pemakaian bahan bakar spesifik engkol pada setiap variasi ukuran selang penghubung elektroliser. Ini menunjukkan banyaknya intensitas HHO yang terbentuk akan semakin menyempurnakan proses pembakaran, sehingga konsumsi bahan bakar yang digunakan akan semakin berkurang. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik

engkol terbaik yaitu pada ukuran selang $\frac{1}{4}$ inci sebesar 8,534 %. Hal ini terjadi karena pada ukuran selang $\frac{1}{4}$ Inch gas HHO yang masuk secara kontinyu kedalam ruang bakar. Seperti diketahui bahwa atom hidrogen pada ikatan hidrogen-hidrogen-oksigen bersifat dapat menghantam partikel-partikel bahan bakar dan memecahnya menjadi bagian yang lebih kecil sehingga bahan bakar tersebut dapat terbakar lebih sempurna.

5. Besarnya Energi Yang Dihasilkan Dari Proses Elektrolisis

Tabel 9. Energi Hasil Elektrolisis

Pengujian Elektroliser	Besar Arus	Besar Tegangan	Energi yang dihasilkan
Konsentrasi katalis 1 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch	1,3 A	12 V	15,6 Watt
Konsentrasi katalis 2 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch	2,5 A	12 V	30 Watt
Konsentrasi katalis 3 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch	3,7 A	12 V	44,4 Watt
Konsentrasi katalis 5 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch	5 A	12 V	60 Watt
Konsentrasi katalis 10 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch	9,8 A	12 V	117,6 Watt

Pada pengujian elektroliser diperoleh besarnya arus dan tegangan yang berbeda dari setiap konsentrasi katalis KOH dimana semakin banyak KOH yang diberikan maka arus yang dihasilkan akan semakin besar dan energi yang dihasilkan akan semakin besar juga. Besarnya energi yang dihasilkan selama proses elektrolisis pada setiap variasi konsentrasi KOH adalah sebagai berikut:

- Pada konsentrasi katalis 1 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch dengan arus 1,3 A dan tegangan 12 V yaitu 15,6 Watt.

- Pada konsentrasi katalis 2 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch dengan arus 2,5 A dan tegangan 12 V yaitu 30 Watt.
- Pada konsentrasi katalis 3 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch dengan arus 3,7 A dan tegangan 12 V yaitu 44,4 Watt.
- Pada konsentrasi katalis 5 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch dengan arus 5 A dan tegangan 12 V yaitu 60 Watt.
- Pada konsentrasi katalis 10 gram dan variasi selang $\frac{1}{4}$ inch dengan arus 9,8 A dan tegangan 12 V yaitu 117,6 Watt.

Energi terkecil yang didapat dari hasil elektrolisis pada pengujian dengan konsentrasi katalis KOH 1 gram karena dengan konsentrasi KOH yang rendah proses elektrolisis dapat berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama tetapi arus yang dibutuhkan kecil yang mengakibatkan energi yang dihasilkan kecil yaitu sebesar 15,6 Watt. Sedangkan energi terbesar yang didapat dari hasil elektrolisis yaitu dengan konsentrasi katalis KOH 10 gram, di mana proses elektrolisis berlangsung dengan sangat cepat terbukti dengan banyaknya gelembung gas HHO yang dihasilkan tetapi berlangsung sangat cepat dalam jangka waktu yang singkat karena arus yang dibutuhkan besar sehingga energi yang dihasilkan juga besar yaitu sebesar 117,6 Watt. Sementara itu, penggunaan katalis KOH 5 gram yang dapat meningkatkan daya engkol dan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik menghasilkan energi sebesar 60 Watt.

6. Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian lain

Pada beberapa penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan tentang *brown gas* (elektroliser) ini, hasil peningkatannya terhadap performa mesin uji juga berbeda-beda. Hal ini karena ada banyak faktor yang mempengaruhi kecepatan laju produksi gas HHO. Penelitian yang dilakukan oleh Poempida Hidayatullah dan Futung Mustari (Mei 2008) melakukan percobaan penggunaan perangkat *Brown Gas* (Elektroliser) pada mobil Mitsubishi L-300 yang berbahan bakar solar. Pengujian dilakukan dengan *test drive* dari Jakarta Pusat menuju Ciawi-Puncak dengan menempuh jarak sekitar 125,7 km diperoleh efisiensi penggunaan bahan bakar sebesar 93,98% dengan efisiensi standar BBM jenis solar 1:12 setelah dilakukan uji coba dengan menggunakan elektroliser efisiensi BBM meningkat menjadi 1:23,27.

Penelitian Egi Naratama (2011) penggunaan elektroliser pada mesin diesel 4-Langkah dengan variasi arus dan tegangan elektrolisis. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yang pertama pengujian prestasi mesin tanpa elektroliser, kemudian dilanjutkan dengan pengujian prestasi mesin dengan menggunakan elektroliser dengan variasi arus 5 dan 10 Ampere serta variasi tegangannya 3, 6, 9, dan 12 Volt. Hasil yang diperoleh pada penelitian Egi ini yaitu terjadi kenaikan daya engkol yang mencapai 0.11345 kW atau 5,47% pada penggunaan elektroliser dengan besar arus 10 Ampere dan tegangan 12 Volt, dan terjadi penurunan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang mencapai 0,00807 kg/kWh atau 6,32% pada penggunaan elektroliser 5 Ampere 12 Volt.

Penelitian jasiron (2012) menggunakan sepeda motor 4 langkah dengan menganalisis pengaruh katalis pada perangkat *brown gas* diperoleh penurunan

konsumsi terbesar pada pengujian *road test* mencapai 26,2% dengan pemakaian katalisator yang sama yaitu KOH dengan kadar kurang lebih 1% dan hasil pengujian *stasioner* penggunaan KOH 1 gram mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 33,4%.

Sementara itu pada penelitian yang telah penulis lakukan yaitu mengetahui pengaruh penggunaan elektroliser pada mesin diesel 4-Langkah dengan variasi konsentrasi katalis KOH dan saluran penghubung elektroliser. Hasil yang didapat yaitu Peningkatan daya engkol terbaik adalah pada konsentrasi KOH 5 gram dengan ukuran selang penghubung $\frac{1}{2}$ inch sebesar 0,0598 kW (3,775%). Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik adalah pada konsentrasi KOH 5 gram dengan ukuran selang penghubung $\frac{1}{4}$ inch sebesar 0,01564 kg/kWh (10,598 %).

Perbedaan hasil peningkatan prestasi mesin ini disebabkan karena adanya perbedaan beberapa parameter pengujian. Pada penelitian ini naratama elektroliser yang di pakai menggunakan elektroda kawat yang di lilitkan pada glass mika. Sedangkan katalis menggunakan soda kue yang konsentrasinya tidak ditentukan, dan arus listrik bersumber dari adaptor. Sedangkan pada Jasiron, mesin uji yang digunakan yaitu sepeda motor. elektroda menggunakan plat *stainless steel*, dan menggunakan KOH dan H₂O sebagai katalisnya. Dan pengujian di lapangan dalam bentuk aplikatif.

Penelitian yang saya lakukan menggunakan elektroliser 1 tabung dengan plat *stainless steel* sebagai elektrodanya. Konsentrasi KOH yang digunakan 1 gram, 2 gram, 3 gram, 5 gram, dan 10 gram, serta variasi selang vacuum $\frac{1}{4}$ inci, $\frac{5}{16}$ inci, $\frac{3}{8}$ inci, dan $\frac{1}{2}$ inci. Arus listrik berasal dari Accu mobil sebesar 70 Ah

12 Volt. Faktor yang paling mempengaruhi perbedaan hasil penelitian ini kemungkinan adalah perbedaan mesin uji. Karena perbedaan prinsip kerja dari motor diesel dibandingkan dengan motor bensin.

7. Analisis sifat fisik air elektrolisis

Parameter-parameter fisika yang digunakan untuk menentukan kualitas air elektrolisis meliputi warna, kekeruhan, konduktivitas, dan derajat keasaman (PH). Air hasil elektrolisis yang dilakukan pengujian di ambil dari pengujian elektroliser dengan konsentrasi KOH 5 gram dengan arus 5 Ampere dan tegangan 12 Volt. Dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium biomassa terhadap air elektrolisis diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 9. Parameter fisika air

Nama Air	Warna	Daya Hantar Listrik (DHL), mS/cm	Kekeruhan (turbiditas)	Derajat Keasaman (PH)
Air Biasa (Air sumur)	Tidak berwarna, (bening)	30-200	15 NTU	6,97
Air Hasil Elektrolisis	Tidak berwarna, (bening)	32,56	250 ppm atau 5-10 NTU	10
Aquades	Tidak berwarna, (bening)	0,5-5	5-10 NTU	7

a. Warna

Air elektrolisis merupakan campuran antara *aquades* dengan KOH. Setelah melalui proses pengujian air elektrolisis tidak mengalami perubahan warna. Warna yang dihasilkannya tetap sama dengan warna awal sebelum pengujian. Jika

dibandingkan dengan air biasa dan *aquades* warnanya sama yaitu tidak berwarna (bening). Seperti pada gambar 44 berikut:



Gambar 39. Warna air elektrolisis

b. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik merupakan ukuran kemampuan suatu zat penghantar arus listrik dalam temperatur tertentu. Untuk menghantarkan arus listrik, ion-ion bergerak dalam larutan memindahkan muatan listriknya yang bergantung pada ukuran interaksi antar ion dalam larutan. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Daya hantar listrik yang dihasilkan air elektrolisis yaitu 32,56 mS/cm yaitu kemampuan air tersebut untuk menghantarkan listrik sebesar 32,56 mili siemens per centimeternya angka ini cukup tinggi untuk menghantarkan aliran listrik. Hal ini dikarenakan air hasil elektrolisis mengandung banyak ion-ion yang bisa menghantarkan listrik dengan baik. Daya hantar listrik air elektrolisis lebih besar dari *aquades* yang mungkin disebabkan pada air air elektrolisis ada campuran KOH dan dialiri arus listrik. Nilai konduktivitas merupakan fungsi antara temperatur jenis ion-ion terlarut, dan konsentrasi ion terlarut. Peningkatan ion-ion yang terlarut menyebabkan nilai konduktivitas air juga meningkat. sehingga dapat

dikatakan nilai konduktivitas yang terukur merefleksikan konsentrasi ion terlarut dalam air.

c. Turbiditas (kekeruhan)

Kekeruhan menggambarkan sifat air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang di serap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan amoniak dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Turbiditas yang dihasilkan pada air elektrolisis yaitu 250 ppm (5-10 NTU), ini menunjukkan air sample tidak memiliki kekeruhan yang tinggi, dan lebih cenderung jernih seperti warna air elektrolisis. Air elektrolisis memiliki turbiditas yang hampir sama dengan aquades. Sementara air biasa memiliki turbiditas yang cukup tinggi yaitu 15 NTU.

d. Derajat keasaman (pH)

pH adalah suatu ukuran untuk mengetahui berapa kadar asam atau tidak berkadar asam (basis) air itu. Jarak itu mulai dari 0 ke 14 dengan angka 7 sebagai netral. pH yang kurang dari 7 menyatakan berkadar asam, sebaliknya yang lebih besar dari 7 menyatakan tidak berkadar asam. Karena pH dapat dipengaruhi oleh zat kimia dalam air, maka pH merupakan petunjuk penting untuk air yang zat kimianya berubah. Air elektrolisis memiliki pH sebesar 10 yang artinya air elektrolisis yang merupakan campuran antara aquades dan KOH bersifat basa, hal ini dipengaruhi oleh katalis KOH. Air biasa dan aquades memiliki PH sebesar 6,97 dan 7 yang bersifat netral.