

## RANCANG BANGUN *MULTY CELL WATER ELECTROLYZER* MODEL PLAT DENGAN KATALIS KOH PADA MESIN ISUZU C190

Gilang Putra Harywardhana Irsyad  
D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [gilangirsyad7@yahoo.com](mailto:gilangirsyad7@yahoo.com)

Warju  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [warju\\_mesin@yahoo.com](mailto:warju_mesin@yahoo.com)

### ABSTRAK

Berkembangnya sektor transportasi yang semakin meningkat mengakibatkan cadangan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menurun sehingga berdampak pada berbagai sektor. Sektor yang terkena dampak langsung adalah sektor transportasi. Jumlah kendaraan yang semakin meningkat akan memberikan dampak buruk pada lingkungan sekitar. Gas buang yang dihasilkan kendaraan, seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, SO<sub>x</sub>, Pb, dan PM (*particulate matter*) akan menyebabkan polusi udara yang membahayakan bagi makhluk hidup. Oleh karena itu, diperlukan alat yang berfungsi untuk mereduksi konsumsi bahan bakar mesin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsumsi bahan bakar, opasitas, dan tingkat kebisingan mesin Isuzu C190 dengan *multy cell water electrolyzer* model plat dengan katalis KOH.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Obyek penelitian adalah mesin Isuzu C190. Standar pengujian konsumsi bahan bakar mesin diesel menggunakan metode pengujian kecepatan berubah dengan katup *throttle* terbuka penuh yang berpedoman pada SNI 7554:2010, pengujian kepekatan asap berdasarkan SNI 19-7118.2-2005 yang berpedoman SAE-J1167, dan standar pengujian tingkat kebisingan berdasarkan SNI 09-1825-2002 yang berpedoman ISO/FDIS 5130. Peralatan dan instrumen penelitian yang digunakan adalah *fuel meter*, *smoke opacity meter*, *sound level meter*, *digital tachometer*, *manometer*, *electronic control temperature*, *stopwatch* dan *blower*. Analisis data menggunakan metode deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *multy cell water electrolyzer* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, opasitas dan meningkatkan tingkat kebisingan pada mesin Isuzu C190. Dengan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) disalurkan ke dalam *intake* dan *filter* dihasilkan reduksi konsumsi bahan bakar terbaik. Dimana, dihasilkan reduksi konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 18,41%. Sedangkan gas hidrogen dan oksigen yang disalurkan ke dalam *filter*, *intake* dapat mereduksi konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 8,57% dan 10,69%. Selain itu, gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) yang disalurkan ke dalam *filter*, *intake* maupun *intake* dan *filter* dapat mereduksi opasitas masing-masing sebesar 62%, 69% dan 85%. Namun, gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) yang disalurkan ke dalam *filter*, *intake* maupun *intake* dan *filter* cenderung meningkatkan tingkat kebisingan masing-masing sebesar 1,4%, 3,3% dan 5,1%.

**Kata Kunci:** *Multy cell water electrolyzer*, KOH, konsumsi bahan bakar, opasitas, kebisingan

### ABSTRACT

*The development of the transport sector, resulting in an ever increasing oil reserves from year to year is decreased so that the impact on the various sectors. Sectors that are directly affected by the transportation sector. Increasing number of vehicles will have a negative impact on the surrounding environment. The resulting vehicle exhaust gas, such as CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, SO<sub>x</sub>, Pb, and PM (particulate matter) will cause air pollution harmful to living beings. It is therefore, necessary tool that serves to reduce engine fuel consumption. The purpose of this study was to determine the fuel consumption, opacity, and the Isuzu C190 engine noise levels with multy water electrolyzer cell plate models with KOH catalyst.*

*This research is an experimental study. Object of research is Isuzu C190 engine. Standard testing of diesel engine fuel consumption testing using speed changes with the throttle valve fully open is based on the ISO 7554: 2010, smoke density test based on ISO19-7118.2-2005 SAE-J1167 guided, and the noise level testing standards based on ISO 09-1825-2002 is guided by ISO/FDIS 5130. Equipment and instruments used in this research is the fuel meter, smoke opacity meter, sound level meter, digital tachometer, manometers, electronic temperature control, a stopwatch hand a blower. Data were analyzed using descriptive methods.*

*The results showed that the use of water electrolyzer cell multy effect on fuel consumption, opacity and increase the noise level in the Isuzu C190 engine. With hydrogen gas (H<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>) is channeled into the intake and filter produced the best fuel consumption reduction. Where, resulting reduction of fuel consumption on average by 18.41%. While hydrogen and oxygen gas esare channeled into the filter, intake can reduce fuel consumption by an average of 8.57% and 10.69%. In addition, hydrogen gas (H<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>) that is channeled into the filter, and the filter intake or intake can reduce the opacity of respectively 62%, 69% and 85%. However, hydrogen gas(H<sub>2</sub>) and*

oxygen (O<sub>2</sub>) that is channeled into the filter, and the filter intake or intake ends to increase the noise level respectively by 1.4%, 3.3% and 5.1%.

**Keywords:** *Multy cell water electrolyzer, KOH, fuel consumption, opacity, noise.*

## PENDAHULUAN

Berkembangnya sektor transportasi yang semakin meningkat mengakibatkan cadangan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menurun sehingga berdampak pada berbagai sektor. Sektor yang terkena dampak langsung adalah sektor transportasi. Dimana kebutuhan alat transportasi di berbagai negara terus meningkat.

Kendaraan yang semakin meningkat dan tak terkendali mengakibatkan berbagai masalah di kota-kota besar. Jumlah mobil yang semakin meningkat setiap tahun akan memberikan dampak buruk pada lingkungan sekitar. Gas buang yang dihasilkan mobil, seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, SO<sub>x</sub>, Pb, dan PM (*particulate matter*) akan menyebabkan polusi udara yang sangat membahayakan bagi makhluk hidup.

Selain itu, gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh gas buang jika terurai di udara bebas akan menyebabkan pemanasan *global (global warming)*. Gas CO<sub>2</sub> tersebut mempunyai sifat yang menyerap dan memantulkan panas yang dipantulkan bumi, sehingga panas tersebut akan tetap berada di permukaan bumi dan menyebabkan temperatur suhu di bumi semakin meningkat (<http://id.wikipedia.org/wiki/pemanasan-global>, diakses 24 Februari 2014).

Di bawah ini adalah data jumlah kendaraan bermotor menurut jenis tahun 2003-2012.

**Tabel 1.**  
**Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 2003 s.d. 2012**

Tahun	Mobil Penumpang	Bis	Truk	Sepeda Motor	Jumlah
2003	3.792.510	798.079	2.047.022	19.976.376	26.613.987
2004	4.231.901	933.251	2.315.781	23.061.021	30.541.954
2005	5.076.230	1.110.255	2.875.116	28.531.831	37.623.432
2006	6.035.291	1.350.047	3.398.956	32.528.758	43.313.052
2007	6.877.229	1.736.087	4.234.236	41.955.128	54.802.680
2008	7.489.852	2.059.187	4.452.343	47.683.681	61.685.063
2009	7.910.407	2.160.937	4.452.343	52.767.093	67.336.644
2010	8.891.041	2.250.109	4.687.789	61.078.188	76.907.127
2011	9.548.866	2.254.406	4.958.738	68.839.341	85.601.351
2012	10.273.821	2.273.821	5.283.821	76.381.183	94.373.324

Sumber :Badan Pusat Statistik 1999.

Berdasarkan tabel 1 di atas menunjukkan bahwa permintaan alat transportasi setiap tahun terus mengalami peningkatan. Mobil penumpang mengalami kenaikan 3,792,510 juta unit pada tahun 2003 menjadi 10,432,259 unit pada tahun 2012. Bis mengalami kenaikan 798,079 ribu unit pada tahun 2003 menjadi 2,273,821 unit pada tahun 2012. Truk mengalami kenaikan 2,047,022 unit pada tahun 2003 menjadi 5,286,061 unit pada tahun 2012. Sedangkan untuk sepeda motor mengalami kenaikan 19,976,376 juta unit pada tahun 2003 menjadi 73,381,183 juta unit pada tahun 2012. Indonesia menjadi pangsa besar bagi sektor transportasi pribadi maupun massal. Dari data di atas masyarakat Indonesia banyak melakukan proses memilih dalam membeli kendaraan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Boediono (2011), disimpulkan bahwa penggunaan *water electrolyzer* model spiral dengan katalis KOH berpengaruh terhadap performa mesin dan emisi gas buang sepeda motor Yamaha Vega R tahun perakitan 2006. Dengan menggunakan *water electrolyzer* dapat meningkatkan torsi dan daya efektif masing-masing sebesar 44,44% dan 34,48%. Selain itu, dihasilkan penurunan tertinggi kadar emisi CO, HC masing-masing sebesar 55,16% dan 76,66% serta dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 98,30%. Di samping itu, juga dapat meningkatkan kadar emisi CO<sub>2</sub> sebesar 37,38%. Namun, pada penelitian tersebut hanya menggunakan *single water electrolyzer* dengan model spiral dan *single water trap*.

Sedangkan pengujian pada temperatur gas buang telah dilakukan oleh mahasiswa Universitas Padjajaran pada mesin Isuzu Panther model C230 dengan bahan bakar solar dengan menggunakan alat thermocouple. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa bahan bakar solar dengan penambahan alat penghemat elektroliser HHO, cenderung menurunkan temperatur gas buang sekitar 2,9 % sampai 13,3 % dan terjadipenghematan bahan bakar sebesar 2,99 % sampai 16,87 %.

Berdasarkan penelitian diatas maka peneliti berinisiatif untuk menggunakan *multy cell water electrolyzer* dengan model plat dan *multy water trap* pada mesin Isuzu C190.

Perbandingan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Boediono dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada 4 aspek, yakni jenis kendaraan, jenis elektroda, jumlah *water electrolyzer*, dan jumlah *water trap*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Boediono menggunakan *single water electrolyzer* dengan menggunakan elektroda jenis spiral dan *single water trap* dipasang pada sepeda motor Yamaha Vega R tahun perakitan 2006. Namun dalam penelitian ini akan menggunakan *multy cell water electrolyzer* dengan model plat, *multy water trap*, dan pada mobil diesel *multy silinder*.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH terhadap konsumsi bahan bakar mesin, tingkat kepekatan asap, dan tingkat kebisingan Isuzu C190.

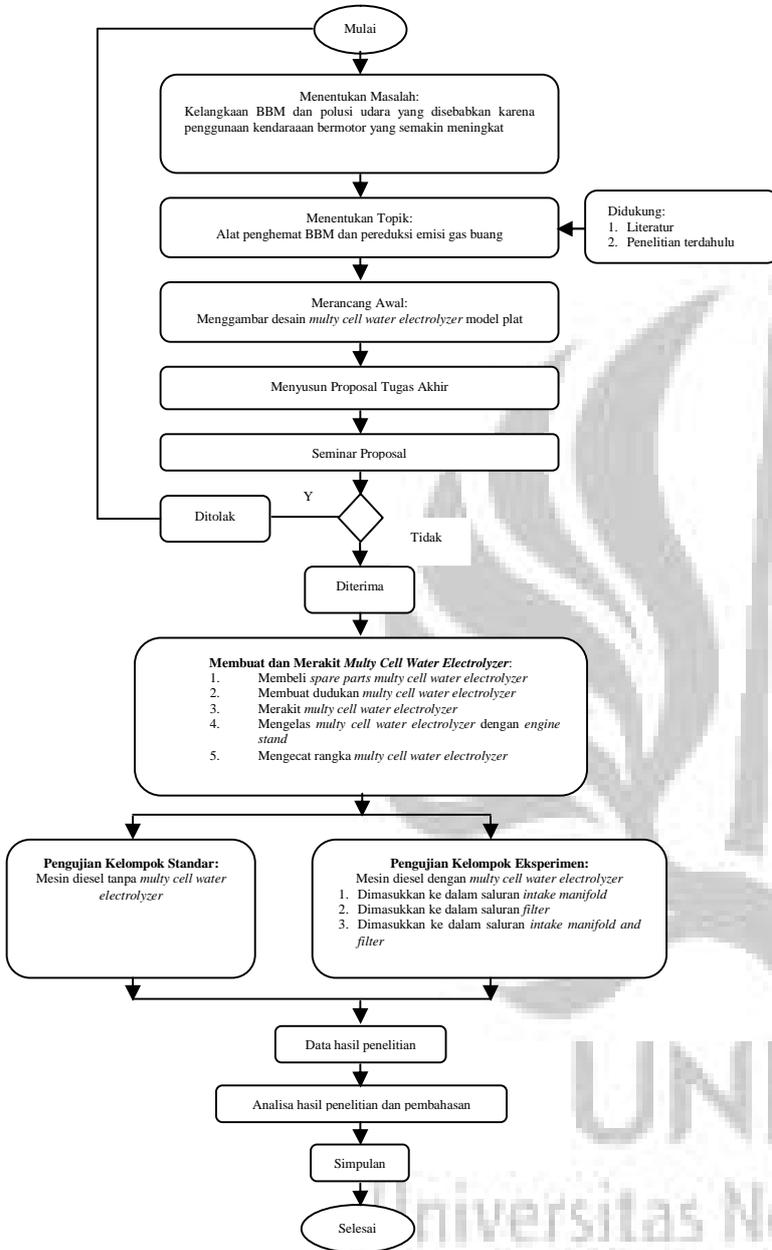
Manfaat dari penelitian ini dihasilkan teknologi yang dapat menghemat pemakaian bahan bakar solar pada kendaraan bermotor. Mendukung pemerintah dalam melaksanakan program Kebijakan Energi Nasional (KEN) khususnya bahan bakar alternatif dan program langit biru (*blue sky program*). Memberikan wawasan kepada masyarakat tentang proses pembuatan dan aplikasi *multy cell water electrolyzer* pada kendaraan berbahan bakar solar. Ditemukannya solusi alternatif

# Rancang Bangun *Multy Cell Water Electrolyzer* Model Plat Dengan Katalis KOH Pada Mesin Isuzu C190

tentang pengendalian polusi udara khususnya yang berasal dari gas buang motor diesel.

## METODE

### Rancangan Penelitian

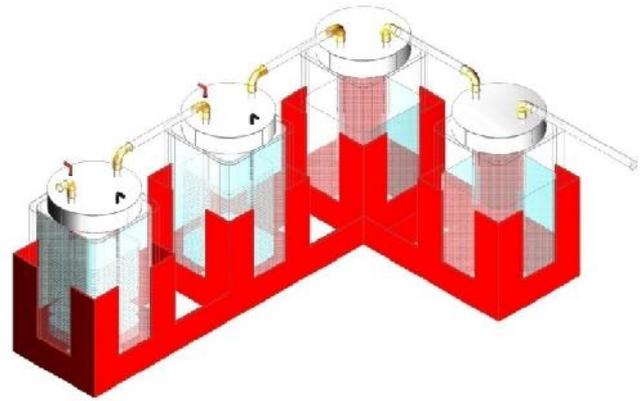


Gambar 1. Rancangan Penelitian

## Desain Penelitian

### Perancangan *Multy Cell Water Electrolyzer*

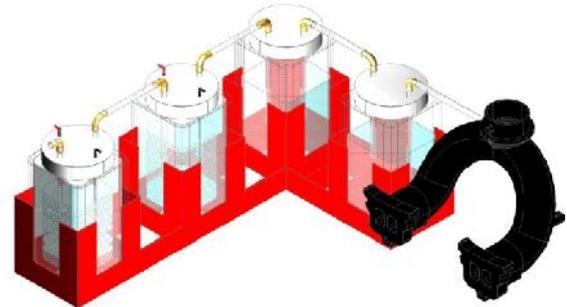
Perancangan bentuk tabung *electrolyzer* dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



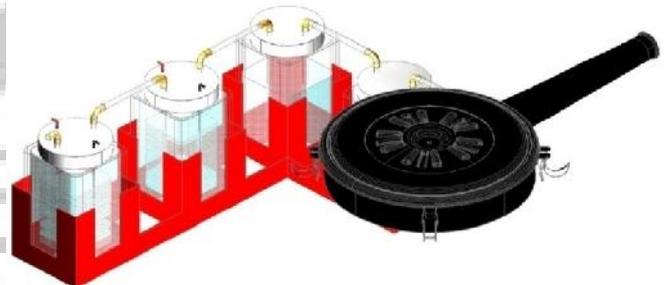
Gambar 2. Rancangan *multy cell water electrolyzer*

### Perancangan Penempatan Tabung *Electrolyzer* pada Mesin Diesel

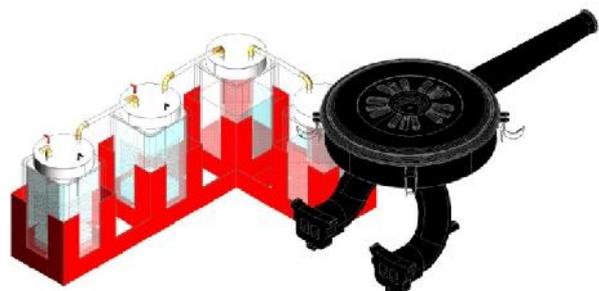
Tabung *electrolyzer* diujicobakan pada *trainer diesel engine* diesel Isuzu C190 tahun 1981 dengan 3 posisi penempatan yang ditunjukkan pada gambar 3, 4, dan 5 sebagai berikut ini.



Gambar 3. Penyaluran gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) melalui *intake manifold*



Gambar 4. Penyaluran gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) melalui *air filter*



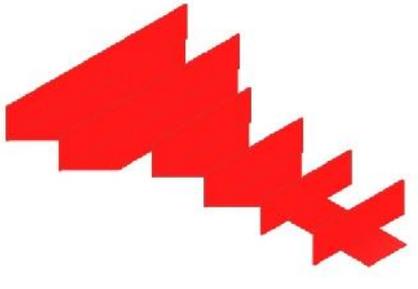
Gambar 5. Penyaluran gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) melalui *intake manifold* dan *filter*

### Perancangan Rangka Penyangga Tabung *Electrolyzer*

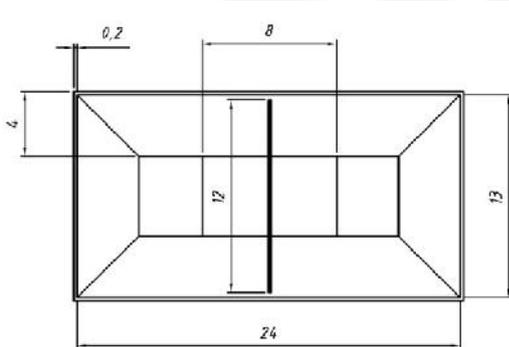
Membuat dudukan rangka penyangga tabung *electrolyzer* dilakukan dengan memotong bahan dasar besi siku menjadi 590 mm sebanyak dua potong, 130 mm sebanyak delapan potong, dan 120 mm sebanyak 16 potong sebagai pemisah antara tabung *electrolyzer*. Hasil potongan besi tersebut kemudian dilas. Proses pemotongan besi tersebut dilakukan dengan mesin gerinda dan proses pengelasannya dengan menggunakan las listrik.

Bahan dari dudukan rangka penyangga tabung *electrolyzer* dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini.

Untuk memperjelas dimensi dari rangka penyangga tabung *electrolyzer* di bawah ini ditunjukkan gambar dan ukurannya.

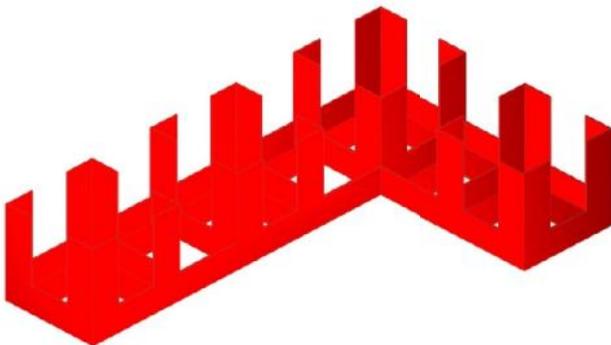


Gambar 6. Besi siku dudukan rangka dudukan *multy cell water electrolyzer*



Gambar 7. Dimensi rangka dudukan *multy cell water electrolyzer*

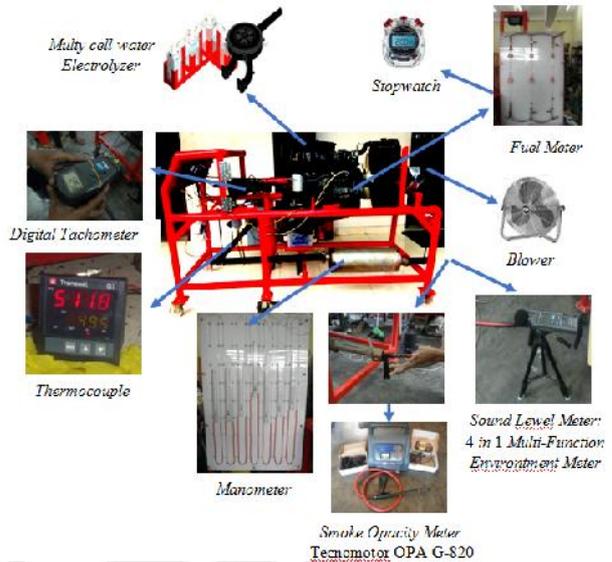
Hasil pengelasan dari potongan besi yang telah dilas dapat dilihat seperti pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil pengelasan dudukan *multy cell water electrolyzer*

### Peralatan dan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapat data penelitian. Skema instrumen penelitian dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Skema instrumen penelitian

### Metode Pengujian

Untuk mendapatkan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan metode pengujian kecepatan berubah dengan katup *throttle* terbuka penuh.

Sedangkan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini terhadap kepekatan asap kendaraan berbahan bakar solar yang dilakukan dengan metode pengujian SAE-J1167 (*Snap Acceleration Test Procedure*) dimana putaran mesin diakselerasi tanpa beban (*free running acceleration*) yang berpedoman pada standard SNI 19/7118.2/2005 dengan menggunakan sebuah alat yang disebut *opacimeter*. Di Indonesia khususnya, sesuai dengan peraturan dirjen perhubungan darat khususnya surat keputusan nomor: SK.1076/KP.108/DRJD/2005 tentang kompetensi pengujian kendaraan bermotor, opasitas atau tingkat kepekatan asap termasuk ke dalam salah satu item yang harus diuji dalam pengujian berkala kendaraan bermotor.

Sedangkan untuk pengukuran tingkat kebisingan berdasarkan standar pengujian ISO/FDIS 5130 dengan transmisi kendaraan harus dalam posisi netral.

### Prosedur pengujian

- Persiapan Pengujian Konsumsi Bahan Bakar
  - Melakukan *tune up* pada mesin.
  - Membersihkan tangki dan filter bahan bakar.
  - Memeriksa persediaan bahan bakar yang ada dalam tangki.
  - Menyiapkan dan memasang peralatan pengukuran.
  - Mempersiapkan instrumen tambahan seperti *fuel meter*, *digital tachometer*, dan *stopwatch*.

- Pengujian Konsumsi Bahan Bakar
  - Menghidupkan mesin dan *blower*.
  - Memastikan kendaraan bekerja pada temperatur kerja ( $\geq 60^{\circ}\text{C}$ ).
  - Memasukkan bahan bakar pada *pipet volume*.
  - Mengatur bukaan katup gas sesuai dengan putaran mesin yang diinginkan.
  - Menaikkan (akselerasi) putaran mesin setiap rpm dimulai dari 750 rpm sampai dengan 5250 rpm dengan interval 500, kemudian tahan selama 30 detik.
  - Mencatat data hasil pengukuran waktu konsumsi bahan bakar (detik) dengan menggunakan *stopwatch*/50 ml.
- Akhir Pengujian
  - Menurunkan putaran mesin (rpm) hingga putaran *idle*.
  - Membiarkan mesin untuk sesaat hingga putaran *idle*.
  - Mematikan mesin.
  - Mematikan *blower*.

#### **Prosedur Pengujian Opasitas Gas Buang**

- Prinsip
 

Pengujian akselerasi bebas dilakukan dengan cara melewati gas buang kendaraan bermotor kedalam suatu tabung asap pada alat *smoke opacity meter* kemudian nilai opasitas asap dibaca pada alat dengan metoda penyerapan cahaya (*light absorption*).
- Peralatan
  - *Smoke opacimeter*
  - Alat ukur temperatur oli mesin.
  - Alat ukur putaran mesin (*digital tachometer*).
  - Alat ukur temperatur lingkungan.
- Persiapan Kendaraan Uji
  - Kendaraan yang akan diukur harus diparkir pada posisi datar.
  - Pipa gas buang (*knalpot*) tidak bocor;
  - Temperatur oli mesin normal  $60^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $70^{\circ}\text{C}$  atau sesuai dengan rekomendasi manufaktur;
  - Kondisi temperatur tempat kerja pada  $20^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $35^{\circ}\text{C}$ .
- Persiapan Peralatan
  - Memastikan bahwa alat dalam kondisi telah terkalibrasi.
  - Menghidupkan sesuai prosedur pengoperasian (sesuai dengan rekomendasi manufaktur alat uji).
- Pengukuran dan Pencatatan
  - Mempersiapkan kendaraan uji sesuai langkah 3 (persiapan kendaraan uji).
  - Menyiapkan alat uji sesuai langkah 4 (persiapan peralatan).
  - Menaikkan (akselerasi) putaran mesin setiap rpm dimulai dari 750 rpm sampai dengan 5250 rpm dengan interval 500, kemudian tahan selama 60 detik dan selanjutnya mengembalikan pada kondisi *idle*.

- Memasukkan *probe* alat uji ke *tail pipe*, bila kurang dari 30 cm, maka memasang pipa tambahan.
- Menarik *hand gas* maksimum (*full throttle*) secepatnya hingga mencapai putaran mesin maksimum, selanjutnya tahan. Lepas *hand gas* dan tunggu hingga putaran mesin kembali *stationer*. Catat nilai opasitas asap.
- Mengulangi proses 5 (pengukuran dan pencatatan) butir (e) ini minimal tiga kali.
- Mencatat nilai persentase rata-rata opasitas asap dari langkah 5 (pengukuran dan pencatatan) butir (f) dalam satuan persen (%) yang terukur pada alat uji.
- Jaminan mutu dan pengendalian mutu
  - Memastikan pipa gas buang (*knalpot*) tidak bocor.
  - Memeriksa alat ukur siap untuk digunakan sebagaimana instruksi dari manufaktur dalam bentuk tercatat (terdokumentasi).
  - Melakukan kalibrasi alat ukur sesuai rekomendasi manufaktur dalam bentuk tercatat (terdokumentasi).

#### **Prosedur Pengujian Tingkat Kebisingan**

- Persiapan Pengujian Tingkat Kebisingan
  - *Sound level meter* harus memenuhi standar pengujian.
  - Memastikan bahwa alat ukur dalam kondisi telah terkalibrasi sesuai dengan sertifikasi kalibrasi ANSI S1 40-1984.
  - Memposisikan *engine diesel stand* pada area datar.
  - *Sound level meter* ditempatkan minimal 20 cm dari bagian terdekat dari kendaraan tetapi tidak kurang dari 50 cm dari *knalpot*, ketinggiannya 20 cm, dengan sudut  $45^{\circ}$ .
  - Untuk kendaraan bermesin diesel pilih mode *high respon* (HI).
  - Pemilihan mode *high respon* (HI) dikarenakan untuk melakukan pengujian pada kendaraan mesin diesel.
- Pelaksanaan Pengujian Tingkat Kebisingan
  - Menghidupkan *blower*.
  - Memastikan mesin kendaraan yang diuji harus pada suhu operasi normal selama pengujian ( $\geq 60^{\circ}\text{C}$ ).
  - Memastikan keadaan transmisi dalam keadaan netral.
  - *Throttle* dibuka sebesar  $3/4$  dari putaran maksimum. Jika putaran maksimum 6000 rpm, pengukuran dilakukan pada 3750 rpm.
  - Untuk mendapatkan tren tingkat kebisingan, maka dilakukan pengujian di setiap rpm.
  - Mencatat data hasil pengujian.
- Akhir Pengujian
  - Putaran mesin diturunkan secara perlahan sampai putaran *idle*.
  - Membiarkan mesin pada putaran langsam (*idle*) untuk beberapa saat.
  - Mematikan mesin dan *blower*.

**Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data tersebut menggunakan metode deksriptif. Metode deskriptif adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat atau hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nazir,1999:63). Data hasil pengujian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk konsumsi bahan bakar (liter/jam) VS putaran mesin (rpm), diagram batang untuk opasitas, dan grafik tingkat kebisingan (dBA) VS putaran mesin (rpm) pada *padatrainer diesel engine* Isuzu C190.

Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan data dalam tabel dan grafik tersebut dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan yang pada intinya sebagai upaya mencari jawaban atas permasalahan yang diteliti.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian**

Secara lengkap, data hasil pengujian mesin standar dan pengujian mesin menggunakan *multy cell water electrolyzer* pada mesin diesel Isuzu C190 tahun perakitan 1981 dengan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) yang dimasukkan ke saluran *single supply (intake manifold, filter)*, dan *dual supply (intake manifold dan filter)* dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 – 7 di bawah ini.

Tabel 2.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (50 ml/s)

Putaran Mesin (RPM)	Standar (50ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter (50 ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake (50 ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter (50 ml/s)
750	9,50	10,92	11,44	11,64
1250	9,06	10,06	10,33	11,09
1750	8,04	8,97	9,78	10,12
2250	7,48	8,12	8,14	9,06
2750	6,45	7,49	7,60	8,55
3250	6,25	6,99	7,10	7,98
3750	5,98	6,77	6,80	7,12
4250	5,71	5,96	6,13	6,80
4750	5,18	5,26	5,31	6,13
5250	4,48	4,60	4,63	5,31

Tabel 3.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Liter/Jam)

Putaran Mesin (RPM)	Standar (50 ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter (50 ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake (50 ml/s)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter (50 ml/s)
750	18,95	16,48	15,73	15,46
1250	19,87	17,89	17,42	16,23
1750	22,39	20,07	18,40	17,79
2250	24,06	22,17	22,11	19,87
2750	27,91	24,03	23,68	21,05
3250	28,80	25,75	25,35	22,56
3750	30,10	26,59	26,47	25,28
4250	31,52	30,20	29,36	26,47
4750	34,75	34,22	33,90	29,36
5250	40,18	39,13	38,88	33,90

Tabel 4.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Opasitas

Eksperimen	Tahap Pengujian	Nilai Opasitas (%HSU)	Nilai Rata-rata Opasitas
Standar	1	76,6	75,5
	2	75,3	
	3	74,6	
Multy Cell Water Electrolyzer to Filter	1	25,6	28,7
	2	30,1	
	3	30,5	
Multy Cell Water Electrolyzer to Intake	1	22,5	23,2
	2	22,5	
	3	24,7	
Multy Cell Water Electrolyzer to intake dan filter	1	11,4	11,2
	2	10,9	
	3	11,2	

Tabel 5.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan

Putaran Mesin (rpm)	Standar (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter (dBA)
750	83,0	83,1	83,3	83,5
1250	86,2	86,8	87,1	88,7
1750	90,6	91,2	93,3	93,9
2250	93,4	93,9	94,1	94,8
2750	95,0	95,3	96,7	98,1
3250	97,6	97,9	98,7	99,3
3750	99,4	99,9	100,1	100,7
4250	101,2	101,4	102,8	104,3
4750	103,6	103,9	104,1	105,5
5250	103,8	103,9	105,3	105,8

Tabel 6.

Data Rata-rata Hasil Pengujian Temperatur

Putaran Mesin (RPM)	Standar (°C)	Multy Cell Water Electrolyzer to filter (°C)	Multy Cell Water Electrolyzer to intake (°C)	Multy Cell Water Electrolyzer to intake and filter (°C)
750	68,7	74	74,8	87,0
1250	72,4	78,8	81,3	91,8
1750	77,8	87,9	90,9	98,0
2250	90,5	94,9	96,9	127,4
2750	95	101,6	117,7	146,2
3250	97,6	124,7	125,8	158,7
3750	99	135,1	146,7	185,8
4250	101,2	158,4	183,8	219,9
4750	103,6	166,3	201,9	232,2
5250	103,8	168,9	234,6	279,8

Tabel 7.  
Data Rata-rata Hasil Pengujian Tekanan Balik Pada Muffler

Putaran Mesin (Rpm)	Tekanan Balik	Standar	Multy Cell Water Electrolyzer to filter	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake	Multy Cell Water Electrolyzer to intake and filter
	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
750	P1	0,96	1,21	1,81	1,93
	P2	1,81	2,05	2,29	3,01
	P3	1,21	2,41	2,05	2,17
	P4	1,81	2,65	3,01	2,29
1250	P1	2,53	2,89	3,13	3,38
	P2	4,82	5,18	5,42	6,39
	P3	2,89	3,50	3,62	5,91
	P4	1,93	3,01	5,06	5,54
1750	P1	3,86	4,22	4,34	4,82
	P2	6,75	7,11	7,84	7,96
	P3	5,54	5,67	6,03	8,08
	P4	4,10	7,23	9,04	11,69
2250	P1	6,15	6,63	8,44	11,45
	P2	9,16	11,45	13,26	13,62
	P3	8,08	8,80	11,45	13,86
	P4	6,39	11,69	12,66	13,98
2750	P1	9,76	11,57	11,93	12,05
	P2	16,88	18,08	18,68	19,29
	P3	13,26	15,07	19,65	20,01
	P4	15,67	17,12	18,08	20,49
3250	P1	11,57	12,05	13,86	15,67
	P2	25,31	26,52	27,12	27,72
	P3	20,01	22,30	22,90	28,09
	P4	19,89	21,70	24,47	29,65
3750	P1	12,05	14,22	15,07	17,00
	P2	27,12	27,72	28,21	28,81
	P3	13,31	15,13	19,70	12,15
	P4	15,73	17,22	19,17	20,57
4250	P1	14,46	15,55	16,27	17,84
	P2	27,72	28,57	29,41	29,89
	P3	13,38	15,19	19,75	12,20
	P4	15,80	17,31	19,23	20,61
4750	P1	17,72	18,20	19,17	19,89
	P2	28,45	29,29	30,01	30,62
	P3	13,45	15,24	19,29	12,26
	P4	15,86	17,37	19,28	20,66
5250	P1	18,44	19,17	20,01	20,85
	P2	29,41	30,01	30,86	31,70
	P3	13,50	15,28	19,35	12,33
	P4	15,93	17,44	19,34	20,74

**Analisa dan Pembahasan**

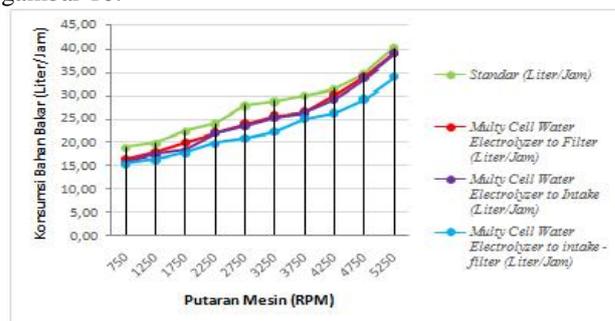
**Analisis Konsumsi Bahan Bakar**

Berdasarkan hasil pengujian konsumsi bahan bakar, data yang diperoleh merupakan jumlah bahan bakar diukur menggunakan pipet volume 50 ml dalam waktu satuan second. Data tersebut kemudian dikonversikan ke dalam rumus konsumsi bahan bakar  $(fc)/\dot{m}_f$  dengan satuan liter/jam. Pengujian menggunakan 4 eksperimen, yaitu: standar, *multy cell water electrolyzer to intake*, *multy cell water electrolyzer to filter*, dan *multy cell water electrolyzer to intake and filter (dual supply)* pada mesin Isuzu C190 dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8.  
Persentase Rata-rata Reduksi Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)

Putaran Mesin (rpm)	Tingkat Kebisingan (dBA)			Persentase Peningkatan Kebisingan (%)		
	Standar (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake-Filter (dBA)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake (%)	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter (%)
750	74,8	78,5	83,3	85,6	4,9%	14,4%
1250	86,2	87,4	90,6	91,8	1,4%	6,5%
1750	86,6	89	91,7	93,9	2,8%	8,4%
2250	93,2	93,7	94,1	96,7	0,5%	3,8%
2750	95	95,4	96,7	98,1	0,4%	3,3%
3250	97,6	98,1	99,9	101,5	0,5%	4,0%
3750	99	100,1	100,7	102,4	1,1%	3,4%
4250	101,2	102,5	102,8	104,3	1,3%	3,1%
4750	103,6	103,8	104,1	105,5	0,2%	1,8%
5250	103,8	104,6	105,8	106,3	0,8%	2,4%
<b>Rata-rata</b>				<b>1,4%</b>	<b>3,3%</b>	<b>5,1%</b>

Dari data pada tabel 8 di atas, apabila ditampilkan dalam diagram grafik akan nampak seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hubungan putaran mesin dengan konsumsi bahan bakar (liter/jam)

Berdasarkan gambar 10, konsumsi bahan bakar cenderung naik mengikuti putaran mesin (rpm). Secara umum penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat mereduksi konsumsi bahan bakar pada mesin Isuzu C190 jika dibandingkan dengan kondisi standar.



Gambar 11. Hubungan temperatur gas buang (°C) dengan putaran mesin (rpm)

Penurunan (reduksi) konsumsi bahan bakar dengan penggunaan *multy cell water electrolyzer* karena menghasilkan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) ke ruang bakar. Hal ini mengakibatkan temperatur udara dalam ruang bakar yang semakin meningkat dan membakar solar yang diinjeksikan mendekati pembakaran sempurna. Dimana, pembakaran sempurna akan terjadi bila bahan bakar yang diinjeksikan tidak langsung keluar menuju *exhaust manifold* namun habis terbakar di dalam ruang bakar yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi. Semakin tinggi temperatur dalam ruang bakar, semakin tinggi pula tekanan yang diterima oleh poros engkol maka kerja poros engkol, untuk menggerakkan piston semakin cepat.

Di samping itu, reduksi konsumsi bahan bakar disebabkan karena meningkatnya efisiensi volumetrik secara keseluruhan yang masuk ke dalam ruang bakar karena adanya penambahan gas hidrogen dan oksigen ke dalam ruang bakar.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat mereduksi konsumsi bahan bakar pada mesin Isuzu C190. Reduksi konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *multy cell water electrolyzer to filter* rata-

rata sebesar 8,57%. Reduksi konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *multy cell water electrolyzer to intake* rata-rata sebesar 10,69%. Reduksi konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *multy cell water electrolyzer to intake and filter (dual supply)* rata-rata sebesar 18,41%.

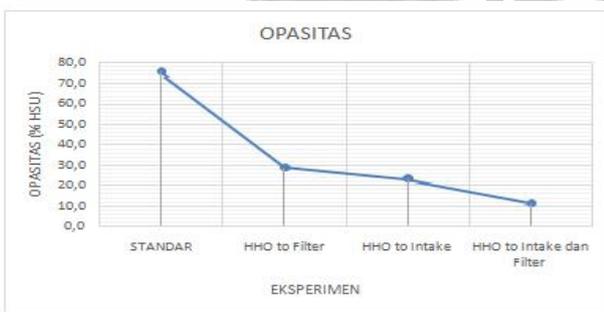
**Analisis Opasitas Gas Buang**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat mereduksi opasitas pada mesin Isuzu C190 secara signifikan. Persentase reduksi opasitas dapat dilihat pada tabel 9.

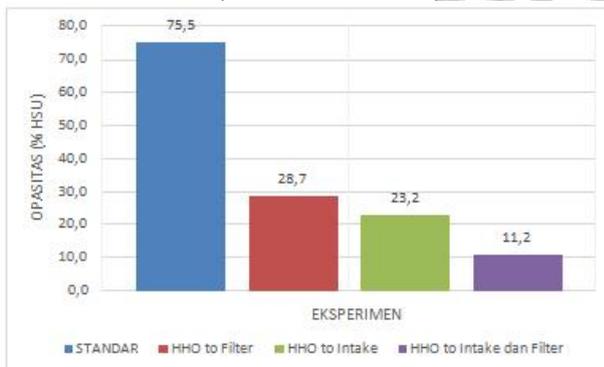
Tabel 9.  
Persentase Rata-rata Reduksi Opasitas

Eksperimen	Opasitas (%HSU)	Reduksi Opasitas (%)
Standar	75,5	
<i>Multy Cell Water Electrolyzer to Filter</i>	28,7	62%
<i>Multy Cell Water Electrolyzer to intake</i>	23,2	69%
<i>Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter</i>	11,2	85%

Dari data pada tabel 9 di atas, apabila ditampilkan dalam diagram grafik dan diagram batang akan nampak seperti terlihat pada gambar 12 dan 13 di bawah ini.



Gambar 12. Grafik hubungan antara opasitas (%HSU) dan *multy cell water electrolyzer*



Gambar 13. Hubungan antara opasitas (%HSU) dan eksperimen

Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat

mereduksi opasitas pada mesin diesel C190 secara signifikan.

Reduksi opasitas pada mesin Isuzu C190 terbesar yaitu pada eksperimen III (*multy cell water electrolyzer*) dengan tingkat reduksi sebesar 85% dari standar. Dalam hal ini yang menjadikan perbedaan adalah saluran yang dilalui oleh gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>).

Hasil analisis yang didapat dari penelitian ini adalah:

- Mesin standar

Mesin standar menghasilkan tingkat opasitas gas buang sebesar 75,5 (%HSU) (*hartridge smoke unit*). Hasil ini diperoleh dari hasil pembakaran yang kurang sempurna dari kinerja mesin yang dipengaruhi oleh bahan bakar yang digunakan.

- Eksperimen I (*multy cell water electrolyzer to filter*)

Eksperimen I menghasilkan tingkat opasitas gas buang sebesar 28,7 (%HSU). Reduksi opasitas sebesar 62%. Opasitas ini lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil dari mesin standar. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan *multy cell water electrolyzer* sebagai penghasil gas hidrogen dan oksigen yang menjadi *supply* udara tambahan yang masuk melalui *filter* menuju ruang bakar. Tujuan dari penambahan gas hidrogen dan oksigen sebagai langkah untuk menjadikan pembakaran yang kurang sempurna menjadi pembakaran sempurna pada solar.

- Eksperimen II (*multy cell water electrolyzer to intake*)

Eksperimen II menghasilkan tingkat opasitas gas buang sebesar 23,2 (%HSU). Reduksi opasitas sebesar 69%. Opasitas ini lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil dari mesin standar. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan *multy cell water electrolyzer* sebagai penghasil gas hidrogen dan oksigen yang menjadi *supply* udara tambahan yang masuk melalui *intake* menuju ruang bakar. Tujuan dari penambahan gas hidrogen dan oksigen sebagai langkah untuk menjadikan pembakaran yang kurang sempurna menjadi pembakaran sempurna pada solar.

- Eksperimen III (*multy cell water electrolyzer to intake and filter*)

Eksperimen III (*multy cell water electrolyzer to intake and filter*) menghasilkan tingkat opasitas gas buang sebesar 11,2 (%HSU). Reduksi opasitas sebesar 85%. Opasitas ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil dari mesin standar. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan *multy cell water electrolyzer* sebagai penghasil gas hidrogen dan oksigen yang menjadi *supply* udara tambahan yang masuk melalui *intake* dan *filter* menuju ruang bakar. Tujuan dari penambahan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) sebagai langkah untuk menjadikan pembakaran yang kurang sempurna menjadi pembakaran sempurna pada solar.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan di atas mengenai tingkat reduksi dari tiap-tiap eksperimen, telah didapatkan hasil reduksi terbesar yaitu pada eksperimen III dengan tingkat reduksi sebesar 85% dari standar. Dalam hal ini yang menjadikan perbedaan adalah saluran yang dilalui oleh gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>).

Pada eksperimen standar nilai opasitasnya tinggi yaitu sebesar 75,5%. Hal ini dikarenakan pada eksperimen standar pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar tidak sempurna. Namun, penggunaan *multy cell water electrolyzer* sebenarnya tidak dapat mereduksi opasitas, sebaliknya penggunaan *multy cell water electrolyzer* hanya mampu meningkatkan kinerja mesin agar pembakaran dalam ruang bakar menjadi pembakaran sempurna.

Berdasarkan perbedaan lokasi saluran gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Perbedaan lokasi saluran gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) menyebabkan perbedaan jumlah gas hidrogen dan oksigen yang masuk ke ruang bakar. Penggunaan *multy cell water electrolyzer* hanya menyebabkan volume ruang bakar yang semula penuh dengan udara bebas akan tercampur dengan gas hidrogen dan oksigen yang menyebabkan ledakan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi standar. Ledakan inilah yang menyebabkan meningkatnya tekanan pada poros engkol dan menggerakkan piston lebih cepat dan temperatur ruang bakar semakin tinggi yang mengakibatkan pembakaran dalam ruang bakar mendekati pembakaran sempurna.

Untuk mengetahui apakah dengan menggunakan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH pada mesin Isuzu C190 tahun 1981 memenuhi standar opasitas yang telah ditentukan sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama, dapat dilihat pada tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Perbandingan Hasil Uji Opasitas Gas Buang

Kategori	Tahun Pembuatan	Opasitas (MESUL)	Metode Uji	Eksperimen			Ketentuan Luas Uji			
				Standar	Filter	Intake	Filter	Standar	Filter	Intake
Empanganak motor bakar pengapalan karapalat (gasol)	<2010	70	Pecobaan bebas	75,5	30,7	21,3	11,2	Tidak Fulat Uj Opasitas	Lulus Uj Opasitas	Lulus Uj Opasitas

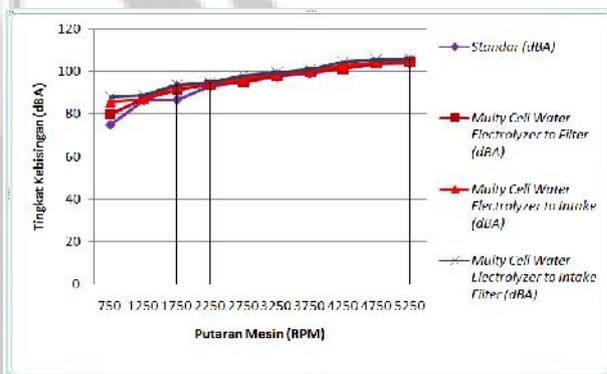
**Analisis Tingkat Kebisingan**

Hasil pengujian tingkat kebisingan pada mesin standar, *multy cell water electrolyzer to filter*, *multy cell water electrolyzer to intake*, dan *multy cell water electrolyzer to intake and filter (dual supply)* pada mesin Isuzu C190, dapat dilihat pada tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Data Rata-rata Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan

Putaran Mesin (rpm)	Tingkat Kebisingan (dBA)				Persentase Peningkatan Kebisingan (%)		
	Standar	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter	Multy Cell Water Electrolyzer to Filter	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake	Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	%	%	%
750	74,8	78,5	83,3	85,6	4,9%	11,4%	14,1%
1250	86,2	87,4	89,6	91,8	1,4%	5,1%	6,9%
1750	86,6	89	91,7	93,9	2,8%	5,9%	8,4%
2250	94,2	94,7	94,1	96,7	0,5%	1,0%	3,8%
2750	95	95,4	96,7	98,1	0,4%	1,8%	3,9%
3250	97,6	98,1	99,9	101,5	0,5%	2,4%	4,0%
3750	99	100,1	100,7	102,4	1,1%	1,7%	3,4%
4250	101,2	102,5	102,8	104,3	1,3%	1,6%	3,1%
4750	103,6	103,8	104,1	105,5	0,2%	0,5%	1,8%
5250	103,8	104,6	105,8	106,3	0,8%	1,9%	2,9%
Rata-rata					1,4%	3,3%	5,1%

Dari data pada tabel 11 di atas, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tingkat kebisingan dengan rpm, seperti terlihat pada gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Hubungan antara tingkat kebisingan (dBA) dengan putaran mesin (rpm)

Sesuai pada gambar 14 di atas, menunjukkan bahwa semakin besar putaran mesin (rpm), tingkat kebisingan yang dihasilkan juga semakin meningkat. Pada penggunaan *multy cell water electrolyzer to filter*, *intake*, serta *intake* dan *filter* rata-rata dapat meningkatkan tingkat kebisingan. Pengaruh peningkatan tingkat kebisingan dipengaruhi oleh kinerja mesin. Ketika pengujian standar, mesin bekerja normal dan pembakaran kurang sempurna, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan *multy cell water electrolyzer* kinerja mesin menjadi lebih baik serta pembakaran mendekati pembakaran sempurna ( =1). Pembakaran dalam ruang bakar mendapat asupan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) dari penggunaan *multy cell water electrolyzer*. Gas tersebut membantu dalam proses pembakaran, ledakan yang ditimbulkan oleh gas hidrogen memberikan suara tambahan pada mesin.

Hasil analisis yang didapat dari penelitian ini adalah:

- Eksperimen I (*Multy Cell Water Electrolyzer to Filter*)  
 Eksperimen I (*multy cell water electrolyzer to filter*) menghasilkan peningkatan tingkat kebisingan rata-rata sebesar 1,4% jika dibandingkan dengan pengujian standar.

- Eksperimen II (*Multy Cell Water Electrolyzer to Intake*)  
Eksperimen II (*multy cell water electrolyzer to filter*) menghasilkan peningkatan tingkat kebisingan rata-rata sebesar 3,3% jika dibandingkan dengan pengujian standar.
- Eksperimen III (*Multy Cell Water Electrolyzer to Intake and Filter*)  
Eksperimen III (*multy cell water electrolyzer to intake and filter*) menghasilkan peningkatan tingkat kebisingan tertinggi rata-rata sebesar 5,1% jika dibandingkan dengan pengujian standar.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil analisis data yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat mereduksi konsumsi bahan bakar pada mesin Isuzu C190. Pengujian *Multy cell water electrolyzer to filter*, *multy cell water electrolyzer to intake* dapat mereduksi konsumsi bahan bakar masing-masing sebesar 8,57%, 10,69%. Tingkat reduksi konsumsi bahan bakar terbaik sebesar 18,41% dengan pengujian *multy cell water electrolyzer to intake and filter*.
- Penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat mereduksi opasitas gas buang pada mesin Isuzu C190. Pengujian *Multy cell water electrolyzer to filter*, *multy cell water electrolyzer to intake* dapat mereduksi opasitas masing-masing sebesar 62%, 69%. Tingkat reduksi opasitas terbaik sebesar 85% dengan pengujian *multy cell water electrolyzer to intake and filter*.
- Penggunaan *multy cell water electrolyzer* dengan katalis KOH dapat meningkatkan tingkat kebisingan pada mesin Isuzu C190. Pengujian *Multy cell water electrolyzer to filter*, *multy cell water electrolyzer to intake* dapat meningkatkan tingkat kebisingan masing-masing sebesar 1,4%, 3,3%. Peningkatan tingkat kebisingan tertinggi sebesar 5,1% dengan pengujian *multy cell water electrolyzer to intake and filter*.

### Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan komposisi elektrolit yang lain, model elektroda yang lain, variasi jenis katalis yang lain, dan penggunaan kation dan anion. Penggunaan *ion exchanger* (kation dan anion) bertujuan untuk menetralkan sifat logam dan garam-garaman pada katalis yang bereaksi dengan pelarut yang menyebabkan timbulnya kerak pada *filter*, *intake* dan ruang bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Tanpa Tahun. *Tabel Penjualan Kendaraan Transportasi Tahun 2003 – 2012*. (<http://www.bps.go.id/tabsub/view.php?tabel=1&dsubyek=17&notab=12>, diakses pada tanggal 7 Februari 2014).
- Anonim. Tanpa Tahun. *Pemanasan Global*. (<http://id.wikipedia.org/wiki/pemanasan-global>, diakses 24 Februari 2014).
- Isuzu. *Workshop Manual Diesel Engine C190GB, C190KE, C240 Models*.
- ISO/FDIS 5130. *Measurement of Sound Pressure Level Emitted by Stationary Road Vehicles*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 04 Tanggal 25 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor Yang Sedang Diproduksi (*Current Production*).
- Moh. Nazir. 1999. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- SAE J1667.1996. *Snap Acceleration Smoke Test Procedure for Heavy-Duty Powered Vehicle*.
- SNI 7554. 2010. *Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Kategori M1 dan N1*.
- SNI 19-7118.2-2005. *Pengujian Kepekatan Asap*.
- SNI 09-1825-2002. *Pengujian Tingkat Kebisingan*.