

# **PENELITIAN**

**PENGARUH PENGGUNAAN  
JENIS BAHAN BAKAR YANG BERBEDA TERHADAP  
PRODUKSI EMISI GAS BUANG PADA GENERATOR  
DENGAN BEBAN KERJA YANG BERVARIASI**



**OLEH :**

**ZEIN MUHAMAD**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**

**2017**



**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jl. Hi. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26 Bandar Lampung. Phone 0721-701979

**SURAT TUGAS**

No. 014/ST/FT-UBL/X/2017

Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung dengan ini memberi tugas kepada:

Nama : Ir. Zein Muhamad, MT

Jabatan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Untuk melaksanakan kegiatan di bidang penelitian " Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Bakar Yang Berbeda Terhadap Produksi Emisi Gas Buang Pada Generator Dengan Beban Kerja Yang Bervariasi ".

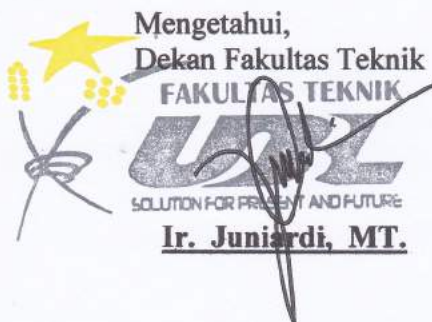
Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya dan setelah dilaksanakan kegiatan tersebut agar melaporkan kepada Dekan

Bandar Lampung, 04 September 2017

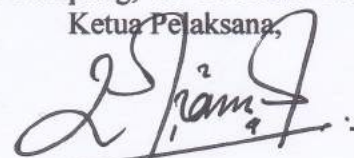
Dekan,  
FAKULTAS TEKNIK  
  
SOLUTION FOR PRESENT AND FUTURE  
**Ir. Junardi, MT.**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : “ Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Bakar Yang Berbeda Terhadap Produksi Emisi Gas Buang Pada Generator Dengan Beban Kerja Yang Bervariasi ”.
- b. Bidang Ilmu : Teknik Mesin
2. Pelaksana :
- a. Nama : Ir. Zein Muhamad, MT.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP / NIDN : 0012096409
- d. Pangkat/Gol. : Penata / IIIc
- e. Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Fakultas/Program Studi: Teknik/Teknik Mesin
- g. Perguruan Tinggi : Universitas Bandar Lampung
- h. Pusat Penelitian : LPPM Universitas Bandar Lampung
- i. Bidang Keahlian : Teknik Mesin
- j. Waktu Pelaksanaan : September 2017 s/d Januari 2018
3. Lokasi Penelitian : Laboratorium Motor Bakar Taknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung
4. Biaya Penelitian. : Rp. 8.000.000.-
5. Sumber Dana : Mandiri

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
FAKULTAS TEKNIK  
  
Ir. Junardi, MT.

Bandar Lampung, 08 Pebruari 2018  
Ketua Pelaksana,

  
Ir. Zein Muhamad, MT

Mengetahui,  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Bandar Lampung (LPPM-UBL)  
Ketua

Ir. Lilies Widodojoko, MT.

## LEMBAR PERNYATAAN PENGESAHAN HASIL VALIDASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini Pimpinan Perguruan Tinggi Universitas Bandar Lampung Menyatakan dengan sebenarnya bahwa **karya ilmiah** sebanyak satu judul yang diajukan sebagai bahan Laporan Beban Kerja Dosen atas nama :

Nama	: Ir. Zein Muhamad, MT
NIP	: 196409121991121001
NIDN	: 0012096409
Pangkat, golongan ruang, TMT	: Penata/ III/c
Jabatan, TMT	: 1 Oktober 1999
Bidang Ilmu/Mata Kuliah	: Teknik Mesin
Jurusan/Program Studi	: Teknik Mesin
Unit Kerja	: Universitas Bandar Lampung Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin

Telah diperiksa dan divalidasi dengan baik, dan kami turut bertanggung jawab bahwa **karya ilmiah** tersebut telah memenuhi syarat kaidah ilmiah, norma akademik, dan norma hukum, sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Pananggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 26 Januari 2018

Validasi :

An. Rektor Universitas Bandar Lampung  
Wakil Rektor I Bidang Akademik,



universitas  
bandar lampung

Dr. Ir. Hi. Hery Riyanto, M.T.



**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT**  
**( LPPM )**

Jl. Z.A. Pagar Alam No : 26 Labuhan Ratu, Bandar Lampung Telp: 701979  
E-mail : [ippm@ubi.ac.id](mailto:ippm@ubi.ac.id)

SURAT KETERANGAN

Nomor : 045 / S.Ket / LPPM-UBL / II / 2018

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat ( LPPM ) Universitas Bandar Lampung dengan ini menerangkan bahwa :

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Nama                         | : Ir. Zein Muhamad.,M.T                      |
| 2. NIDN                         | : 0012096409                                 |
| 3. Tempat, tanggal lahir        | : Bajawa, 12 September 1964                  |
| 4. Pangkat, golongan ruang, TMT | : Penata / III.c                             |
| 5. Jabatan TMT                  | : Lektor                                     |
| 6. Bidang Ilmu / Mata Kuliah    | : Teknik                                     |
| 7. Jurusan / Program Studi      | : Teknik Mesin                               |
| 8. Unit Kerja                   | : Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung |

Tejeh melaksanakan Penelitian dengan judul

**:"Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Bakar Yang Berbeda Terhadap Produksi Emisi Gas Buang Pada Generator Dengan Beban Kerja Yang Bervariasi".**

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 10 Februari 2018  
Ketua LPPM-UBL

  
LPPM  
Ir. Lilies Widojoko, M.T

Tembusan:

1. Bapak Rektor UBL ( sebagai laporan )
2. Yang bersangkutan
3. Arsip

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH PENGGUNAAN JENIS BAHAN BAKAR YANG BERBEDA TERHADAP PRODUKSI EMISI GAS BUANG PADA GENERATOR DENGAN BEBAN KERJA YANG BERVARIASI**

**Oleh,  
ZEIN MUHAMAD**

Minyak bumi dan gas alam kadang saling bersaing dan kadang saling melengkapi dalam memenuhi kebutuhan manusia akan bahan bakar dan mampu memenuhi kebutuhan energi bukan saja kepada instalasi-instalasi industry yang besar namun juga mampu memenuhi keperluan energi pada alat-alat yang kecil seperti motor tempel untuk perahu, alat-alat las, maupun pembangkit listrik berskala rumahan (portable) seperti mesin generator yang mampu menghasilkan daya listrik.

Listrik merupakan energi pokok yang dibutuhkan oleh manusia dan menjadi penopang hampir semua kegiatan ekonomi dan aktifitas manusia. Untuk memenuhi kebutuhan akan listrik telah banyak dibangun sistem pembangkit listrik di dunia, termasuk di Indonesia. Direktur Perencanaan PT PLN (Persero) **Nicke Widyawati** mengatakan, sampai 2017 ini kapasitas **listrik** yang terpasang secara nasional baru memiliki 53.585 MW. Rasio elektrifikasi kita masih sebesar 81,5%, atau ada sekitar 40 juta penduduk yang belum tersentuh fasilitas listrik.

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap sebuah generator portable dengan menggunakan tiga jenis bahan bakar yakni premium, pertalite dan pertamax yang bekerja pada beban yang bervariasi 500 watt, 1000 watt dan 2000 watt, untuk mengetahui performa dan seberapa besar produksi kandungan unsur yang terdapat dalam emisi gas buang yang dihasilkan maka diperoleh hasil bahwa pada beban maksimum (2000 watt) pertalite akan menghasilkan gas CO yang paling besar (0,352%vol.) dan yang paling rendah adalah pertamax (0,216%vol.). Sedangkan untuk gas CO<sub>2</sub> premium dan pertalite memiliki besar yang sama (0,65%vol.) sedangkan pertamax hanya 0,46%vol. Kandungan unsur HC yang paling besar adalah pertalite (18 ppm) dan yang paling rendah pertamax (11 ppm). Penghasil O<sub>2</sub> yang tertinggi adalah pertamax yakni 20,13% sedangkan terendah premium 19,64%. Untuk temperatur pembakarannya yang tertinggi adalah premium 94 °C dan yang terendah adalah pertamax 89 °C.

**Kata kunci** : energi listrik, bahan bakar dan emisi gas buang.

# DAFTAR ISI

Halaman

## ABTRAK

DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi

## BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4. Waktu dan Tempat .....	4

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan .....	5
2.2. Klasifikasi dan Jenis-Jenis Energi .....	6
2.3. Penggunaan Energi Listrik .....	8
2.4. Pembangkit Tenaga Listrik .....	8
2.5. Generator Listrik .....	9
2.5.1 Prinsip Kerja Generator Listrik .....	9
2.5.2 Generator Arus Bolak-Balik ( <i>AC</i> ) .....	10
2.5.2 Prinsip Kerja Generator Arus Bolak-Balik .....	10
2.5.4 Frekuensi dan Putaran .....	11
2.5.5 Rugi-Rugi dan Efisiensi Generator .....	12

2.6. Bahan Bakar Utama Untuk Konversi Energi .....	13
2.6.1. Bahan Bakar Bensin di Indonesia .....	14
2.6.2. Bahan Bakar Batu Bara .....	15
2.6.3. Minyak Bumi ( <i>Petroleum</i> ) .....	15
2.7. Reaksi Pembakaran Bahan Bakar .....	16
2.8. Efisiensi Pembakaran .....	17

### **BAB III. PENGUJIAN DAN ANALISA**

3.1. Pendahuluan .....	18
3.2. Bahan dan Alat .....	18
3.3. Langkah-langkah Pengujian .....	19
3.4. Analisa dan hasil Pengujian .....	21
3.5. Analisa Emisi Gas Buang .....	23
3.5.1 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Premium / Oktana ( $C_8H_{18}$ ) .....	24
3.5.2 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Pertalite / Oktana ( $C_9H_{20}$ ) .....	25
3.5.3 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Pertamax / Oktana ( $C_{10}H_{24}$ ) .....	25
3.6. Perbandingan Karbonmonoksida (CO) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda .....	26
3.7. Perbandingan Karbondioksida ( $CO_2$ ) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda .....	26
3.8. Perbandingan Hidrokarbon (HC) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda.....	27



3.9. Perbandingan Oksigen (O <sub>2</sub> ) Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda .....	28
3.10. Perbandingan Temperatur Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda .....	29
3.11. Perbandingan Waktu (Time) Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda .....	30

#### **BAB IV. PENUTUP**

4.1. Kesimpulan .....	32
4.2. Saran .....	33

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Gambar Ilustrasi Proses Pembangkit Energi Listrik .....	8
2.2. Gambar Kumparan Dengan Beban Lampu .....	10
2.3. Gambar Generator Dengan Jangkar Berputar .....	11
2.4. Gambar Generator Dengan Kumparan Medan Berputar .....	11
2.5. Gambar Diagram Aliran Daya Generator Sinkron .....	12
2.6. Gambar Cooperative Fuels Research Engine (CFR) .....	13
2.7. Gambar Proses Pembakaran Sempurna .....	16
2.8. Gambar Efisiensi Pembakaran Sebagai Fungsi Rasio Kesetaraan BB .....	17
3.1. Gambar Spesifikasi Generator .....	18
3.2. Gambar Mesin analyzer (Stargas 898) .....	21
3.3. Gambar Grafik Perbandingan Kadar Persentase Karbonmonoksida (CO) .....	26
3.4. Gambar Grafik Perbandingan Kadar Persentase Karbonmonoksida (CO <sub>2</sub> ) .....	26
3.5. Gambar Grafik Perbandingan Kadar Persentase Hidrokarbon (HC) .....	27
3.6. Gambar Grafik Perbandingan Kadar Persentase Oksigen (O <sub>2</sub> ) .....	28
3.7. Gambar Grafik Perbandingan Tingkat Temperatur (°C) .....	29
3.8. Gambar Grafik Perbandingan Tingkat Waktu (Time) .....	30

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Tabel Emisi Gas Buang Bahan Bakar Pertamina .....	22
3.2. Tabel Emisi Gas Buang Bahan Bakar Pertalite .....	22
<u>3.3. Tabel emisi gas buang bahan bakar Premium .....</u>	<u>23</u>
<u>3.4. Tabel Kondisi mesin berdasarkan kombinasi emisi gas buang .....</u>	<u>24</u>
<u>3.5. Tabel Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Premium .....</u>	<u>25</u>
<u>3.6. Tabel Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Pertalite .....</u>	<u>25</u>
<u>3.7. Tabel Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Pertamina .....</u>	<u>25</u>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Tabel Komposisi Udara .....	35
Lampiran 2. Tabel Spesifikasi Premium .....	36
Lampiran 3. Tabel Spesifikasi Pertamina .....	37
Lampiran 4. Tabel Spesifikasi Pertalite .....	38

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Negara-negara maju tidak akan mungkin mencapai tingkat kemajuannya tanpa menggunakan energi secara luas. Di negara-negara tersebut orang cukup menekan tombol di pabrik, di rumah, di jaringan telekomunikasi, di jaringan transportasi maka bereslah semuanya. Dengan sendirinya banyak sekali perencanaan, baik di waktu lalu maupun sekarang yang dilakukan untuk mencari dan memanfaatkan energi secara besar-besaran.

Pada akhir abad ke-19 energi listrik ditemukan sebagai energi sekunder, yang semula menggunakan bahan bakar batu bara sebagai pembangkitnya. Namun sejak awal abad ke-20 sumber energi lain sebagai pembangkit listrik ditemukan, seperti minyak bumi, gas bumi serta energi air. Energi listrik yang semula dipakai untuk penerangan dan untuk menggerakkan motor-motor dalam industri, kini semakin penting dan luas penggunaannya seperti penggunaan energi listrik dalam proses pengolahan logam, dalam proses pemanasan, memasak dan lainnya. Listrik merupakan energi pokok yang dibutuhkan oleh manusia dan menjadi penopang hampir semua kegiatan ekonomi dan aktifitas manusia. Untuk memenuhi kebutuhan akan listrik telah banyak dibangun sistem pembangkit listrik di dunia, termasuk di Indonesia.

Potensi energi nasional yang melimpah ruah memang tidak diragukan, terutama energi terbarukan yang sangat bervariasi. Namun, sejauh ini belum dimanfaatkan secara optimal. Besaran energi terbarukan di Indonesia dipetakan sebagai berikut : Tenaga air diperkirakan: 75,67 Giga Watt (GW); Panas bumi: 28,00 GW; Biomassa: 49,81 GW; Energi laut

(*Hydrokinetic Energi*): 240,00GW dan Matahari (6-8 jam/hari): 1200,00 GW. Disisi lain juga terdapat potensi energi fosil, seperti batubara (104 Miliar Ton) dan gas bumi (384,7 TSCF) yang cenderung produksinya saat ini diekspor sebagai sumber pendapatan negara. Disamping itu, Indonesia juga dikenal sebagai penghasil minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil/CPO*) terbesar di dunia, dimana CPO dapat dijadikan sebagai *Biofuel*.<sup>1</sup>

Faktanya adalah kapasitas pembangkit listrik terpasang di Indonesia pada tahun 2013 adalah 47.128 MW. Sampai dengan bulan Maret 2014 kapasitas total terpasang mencapai 47.788 MW dengan peta bahwa 74 persen dipasok oleh PLN. Direktur Perencanaan PT PLN (Persero) **Nicke Widyawati** mengatakan, sampai 2017 ini kapasitas listrik yang terpasang secara nasional baru memiliki 53.585 MW kapasitas listrik. Rasio elektrifikasi kita masih sebesar 81,5%, atau ada sekitar 40 juta penduduk yang belum tersentuh fasilitas listrik. Tidak hanya di wilayah pelosok, kota-kota besar di Pulau Sumatera dan Kalimantan juga kerap mengalami defisit listrik.<sup>2)</sup>

Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia yang masih belum terpenuhi kebutuhan akan listrik sudah diciptakanya alat pembangkit listrik *portable*. Beberapa jenis pembangkit listrik *portable* diantaranya yakni generator, inverter, diesel, dan masih banyak lagi. Generator merupakan sebuah mesin yang mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik sehingga bisa digunakan untuk berbagai keperluan manusia. Energi yang menggerakkan generator sendiri sumbernya bermacam-macam.

Pada pembangkit listrik tenaga angin misalnya generator bergerak karena adanya kincir yang diputar oleh angin, demikian pula pada pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi gerak dari air dan lainnya.

Prinsip kerja generator berdasarkan *hukum faraday* yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbul garis gaya listrik/gaya gerak listrik (GGL). Berdasarkan jenis arus yang digunakan generator dibagi menjadi 2 jenis, yaitu : Generator Arus Searah (Direct Current/DC) dan Generator Arus Bolak Balik (Alternating Current/AC). Bahan bakar yang digunakan pada generator umumnya adalah bahan bakar premium, pertalite, pertamax dan bahan bakar diesel (solar); yang masing-masingnya memiliki tingkat kualitas yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan pada jenis generator portable yang digunakan untuk keperluan rumah tangga untuk melihat sejauh mana pengaruh penggunaan jenis bahan bakar yang berbeda terhadap emisi gas buang yang dihasilkan pada beban yang bervariasi.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan jenis bahan bakar yang berbeda (premium, pertalite dan pertamax) terhadap emisi gas buang yang dihasilkan dengan kondisi beban generator yang bervariasi. Beban generator yang ditentukan adalah sebesar *500, 1500 dan 2000 WATT*.

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian dilakukan terhadap mesin pembangkit listrik jenis generator dengan menggunakan tiga (3) bahan bakar yang berbeda yakni; premium, pertalite dan pertamax pada beban generator yang bervariasi guna melihat tingkat emisi yang dihasilkan.

Beberapa batasan perlu diberikan agar penelitian menjadi lebih terarah, yaitu:

1. Penelitian dilakukan terhadap jenis bahan bakar premium, pertalite dan pertamax
2. Variasi beban generator yang ditentukan adalah 500; 1500 dan 200 Watt.
3. Menentukan tingkat emisi yang dihasilkan oleh masing-masing bahan bakar (premium, pertalite dan pertamax) dengan beban masing-masing 500; 1500 dan 2000 Watt.

#### **1.4. Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan mulai dari bulan September 2017 sampai dengan bulan Januari 2018, di Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Laboratorium Motor Bakar Universitas Bandar Lampung.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Pendahuluan**

Dalam banyak kasus, tersedianya energi dengan harga murah telah mengakibatkan pemakaian energi yang tidak efisien dan di beberapa tempat menyebabkan terjadinya kerusakan ekologi. Namun, adalah jelas bahwa untuk menaikkan tingkat kehidupan sebagian terbesar penduduk dunia konsumsi energi sekarang ini mestilah betul-betul ditingkatkan. Oleh karena penduduk dari negara – negara yang mempunyai ketergantungan pada energi menjadi semakin sadar akan perlunya konversi, konservasi, dan pengembangan sumber-sumber energi yang terbarukan.

Upaya pencarian, pengembangan, dan penggalian sumber-sumber baru ini adalah tanggung jawab para ilmuwan, insinyur-insinyur ketenagaan serta para teknisi. Untuk memenuhi hal ini, tentulah mereka harus mempunyai pengetahuan yang cukup tentang berbagai bentuk, sumber-sumber, teknik pengkonversian serta metode-metode konservasi energi tersebut.

Pada pertengahan pertama abad kedupuluh, sumber-sumber energi digali dengan pertimbangan utama adalah faktor ekonomi biaya rendah. Sekarang, para insinyur ketenagaan harus juga memperhatikan hubungan antara energi, ekonomi, dan ekologi. Jadi, insinyur modern harus mengembangkan sistem-sistem yang dapat memproduksi energi dalam jumlah yang besar dengan biaya yang rendah serta mempunyai dampak minimal terhadap lingkungan.

## 2.2. Klasifikasi Dan Jenis-Jenis Energi

Terdapat dua jenis energi, yakni energi transisional (*transitional energy*) dan energi tersimpan (*stored energi*). “Energi transisional adalah energi yang sedang bergerak dan dapat berpindah melintasi suatu batas sistem.

Energi tersimpan sebagaimana yang ditunjukkan oleh namanya adalah energi yang mewujudkan sebagai massa, posisi dalam medan gaya, dan lain-lain. Bentuk tersimpan ini biasanya dapat dengan mudah dikonversi ke dalam bentuk energi transisional.”<sup>4</sup>

Namun secara umum terdapat enam (6) kategori energi yakni :

### 1) Energi Mekanik

Energi mekanik didefinisikan sebagai suatu energi yang dimiliki oleh sebuah benda yang dapat membuat benda tersebut diam ataupun bergerak.

Dalam Sistem Internasional (SI) satuan untuk energi adalah Joule; N.m; dan watt. Sedangkan untuk satuan daya adalah kJoule atau kWatt.

### 2) Energi Listrik

Energi listrik adalah jenis energi yang berkaitan dengan arus dan akumulasi elektron. Energi jenis ini umumnya dinyatakan dalam satuan daya dan waktu, misalnya watt-jam atau kilowatt-jam. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan elektrostatik atau sebagai energi medan induksi.

### 3) Energi Elektromagnetik

Energi elektromagnetik adalah suatu bentuk energi yang berkaitan dengan radiasi elektromagnetik. Energi radiasi biasanya dinyatakan dalam satuan energi yang sangat kecil seperti elektronvolt (eV) atau mega-elektronvolt (MeV). Satuan energi ini juga biasa dipakai pada evaluasi energi nuklir.

#### 4) Energi Kimia

Energi kimia adalah energi yang ke luar sebagai hasil interaksi elektron dimana dua atau lebih atom dan/atau molekul-molekul berkombinasi menghasilkan senyawa kimia yang stabil. Energi kimia hanya dapat terjadi dalam bentuk energi tersimpan. Jika energi dilepaskan dalam suatu reaksi kimia, reaksi tersebut dinamakan reaksi eksotermis. Pada beberapa reaksi kimia energi diserap dan reaksi ini dinamakan reaksi endotermis.

#### 5) Energi Nuklir

Energi nuklir adalah bentuk energi lain yang ada hanya sebagai energi tersimpan yang bisa lepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Reaksi nuklir secara umum dapat dibagi atas tiga jenis yakni peluruhan radioaktif, fisi dan fusi.

#### 6) Energi Termal

Energi termal adalah bentuk energi dasar dengan arti kata, semua bentuk energi lain dapat dikonversi secara penuh ke energi ini, tetapi pengkonversian energi termal menjadi bentuk energi lain sangatlah terbatas kemampuannya. Energi termal dapat disimpan hampir pada semua media sebagai *panas sensibel* maupun *panas laten*. Penyimpanan panas sensibel diikuti dengan kenaikan temperatur, sementara penyimpanan panas laten diikuti dengan perubahan fase dan bersifat isotermis.

Disamping itu sumber energi dapat dikelompokkan sebagai energi *celestial* atau energi perolehan (*income energy*) yakni energi yang mencapai bumi dari angkasa luar (energi matahari dan energi bulan) dan energi modal (*capital energy*) yakni energi yang telah ada pada atau di dalam bumi (energi atom dan energi geothermal).

### 2.3. Penggunaan Energi Listrik

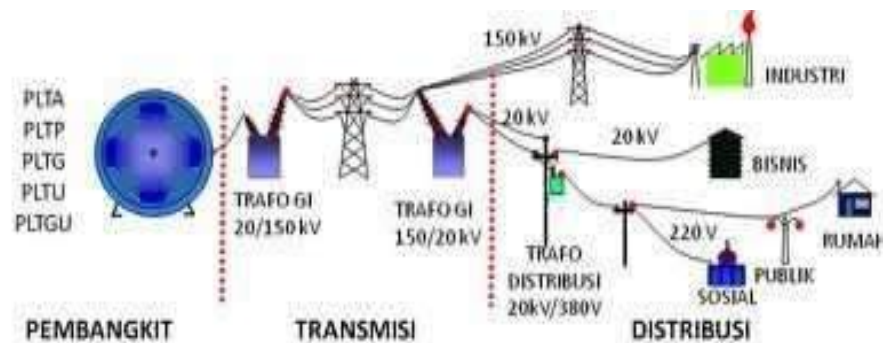
Sebenarnya listrik itu sendiri merupakan suatu bentuk tenaga atau energi yaitu : panas, cahaya, tenaga mekanik, dan tenaga kimiawi.

Energi listrik mempunyai beberapa kelebihan dibanding energi yang lain diantaranya adalah :

1. Lebih mudah disalurkan.
2. Lebih mudah didistribusikan ke daerah yang lebih luas
3. Lebih mudah diubah ke dalam bentuk energi yang lain. Misalnya menjadi energi panas, cahaya, atau energi tenaga mekanik.

### 2.4. Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pada pembangkit tenaga listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi listrik.



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Pembangkit Energi Listrik.

Energi listrik yang dihasilkan disalurkan ke gardu induk (travo) melalui jaringan transmisi, kemudian langsung di distribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

Sampai saat ini sudah terbilang banyak jenis pembangkit tenaga listrik yang sudah diciptakan oleh manusia, diantaranya :

- 1). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)
- 2). Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
- 3). Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)
- 4). Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)
- 5). Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)
- 6). Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)
- 7). Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
- 8). Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

## **2.5. Generator Listrik**

Generator listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkitan energi listrik. Walaupun generator dan motor mempunyai banyak kesamaan, tetapi motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Generator menggunakan prinsip elektrostatis yakni yang berkaitan dengan gaya yang dikeluarkan oleh medan listrik statis (tidak berubah/bergerak) terhadap objek bermuatan yang lain.

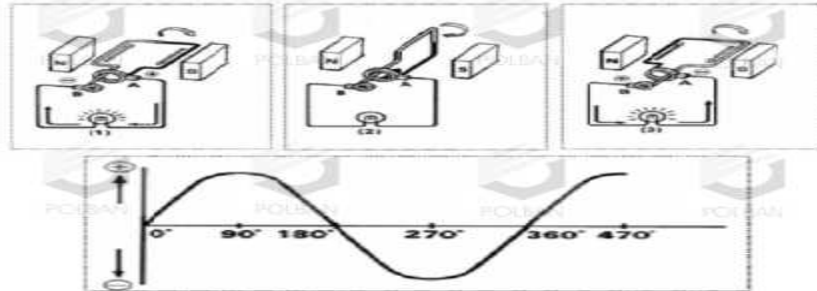
### **2.5.1 Prinsip Kerja Generator Listrik**

Apabila dua buah penghantar disambung ujung ke ujung, maka akan timbul gaya gerak listrik pada keduanya. Jadi semakin banyak penghantar yang berputar dalam medan magnet semakin besar pula gaya gerak listrik yang dihasilkan.

Generator menghasilkan tenaga listrik dengan jalan memutar sebuah kumparan di dalam medan magnet. Ada dua macam listrik, arus searah (*DC*) dan arus bolak-balik (*AC*) dan tergantung pada cara menghasilkan listrik generator juga dibedakan dalam generator jenis arus searah (*DC*) dan generator arus bolak-balik (*AC*).

### 2.5.2 Generator Arus Bolak-Balik (AC)

Bila arus listrik yang dibangkitkan oleh kumparan diberikan melalui cincin gesek dan sikat (jadi kumparan dapat berputar), besarnya arus yang mengalir ke lampu akan berubah pada saat yang sama demikian juga arah alirannya.



Gambar 2.2 Kumparan dengan beban lampu.

Pada saat kumparan berputar, arus yang dihasilkan pada setengah putaran pertama akan dikeluarkan dari brush pada sisi A, mengalir melalui lampu dan kembali ke brush pada sisi B. Pada setengah putaran selanjutnya, arus akan mengalir dari B dan kembali ke A.

### 2.5.3 Prinsip Kerja Generator Arus Bolak-Balik

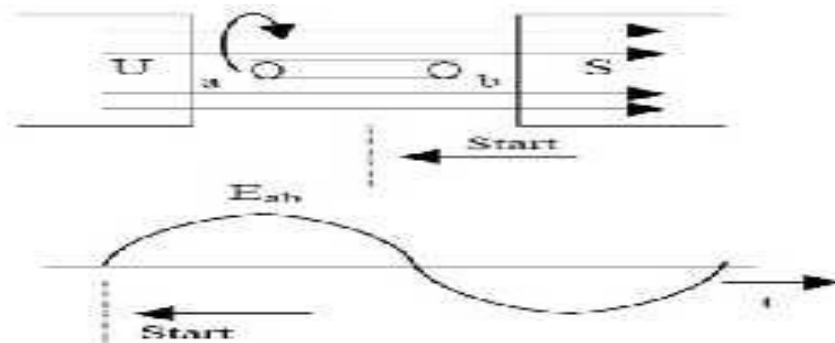
Generator sinkron adalah generator arus bolak-balik dan sering disebut alternator yang berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi daya listrik. Prinsip kerja mesin ini adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik seperti halnya pada transformator; tetapi alternator dilengkapi dengan komponen yang bergerak.

Pada mesin yang bertenaga kecil (dengan rating kurang dari 50 kW) kumparan pembangkit (jangkar) terletak pada rotor dan kumparan medan pada stator. Tetapi pada mesin dengan rating yang besar (sampai 800 MW atau lebih), jangkar terletak pada stator dan kumparan pada rotor.

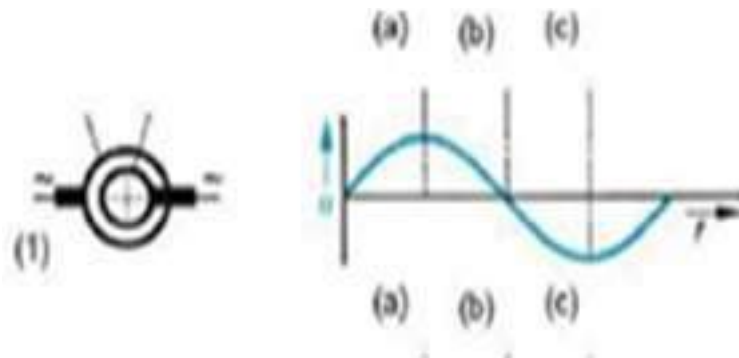
Generator sinkron adalah generator arus bolak-balik dan sering disebut alternator yang berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi daya listrik. Prinsip kerja mesin ini adalah

berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik seperti halnya pada transformator; tetapi alternator dilengkapi dengan komponen yang bergerak.

Pada mesin yang bertenaga kecil (dengan rating kurang dari 50 kW) kumparan pembangkit (jangkar) terletak pada rotor dan kumparan medan pada stator. Tetapi pada mesin dengan rating yang besar (sampai 800 MW atau lebih), jangkar terletak pada stator dan kumparan pada rotor.



Gambar 2.3 Generator dengan jangkar berputar.



Gambar 2.4 Generator dengan kumparan medan berputar.

#### 2.5.4 Frekuensi dan Putaran

Frekuensi adalah jumlah getaran listrik setiap detik yang dinyatakan adalah satuan Herz atau Cycle (disingkat Hz atau c/s). Apabila dikatakan frekuensi  $f = 1$  Hz, hal ini berarti rotor bergerak mengitari dua buah kutub selama satu kali putaran penuh; oleh karena itu frekuensi tergantung pada putaran dan jumlah kutub. Jadi sebuah alternator

yang mempunyai jumlah kutub P untuk menghasilkan tegangan induksi dengan frekuensi f, harus membuat putaran “f/(p/2)” perdetik atau “60f/(p/2) rpm.

Sehingga untuk putaran “n” berlaku hubungan :

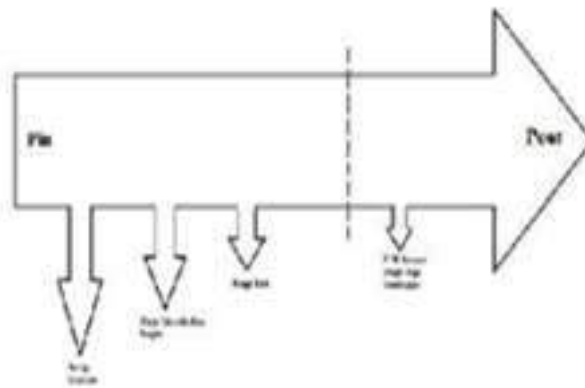
$$n(60f)/(p/2) = 120/p \text{ (rpm)}$$

$$f = n.p/120 \text{ (Hz)}$$

dimana, “P” adalah jumlah kutup (U + S)

### 2.5.5 Rugi-Rugi dan Efisiensi Generator

Secara teori dikatakan bahwa daya mekanis yang dihasilkan oleh penggerak mula generator sinkron (daya output penggerak mula juga sebagai daya input generator sinkron) diubah menjadi daya elektrik (daya output generator). Perbedaan antara daya output dengan daya input generator sinkron disebut sebagai rugi-rugi (*losses*) generator sinkron.



Gambar 2.5 Diagram aliran daya generator sinkron.

Seperti halnya dengan mesin-mesin listrik lainnya, maupun transformator, maka efisiensi generator sinkron dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta = (P_{in} / P_{out}) \times 100 \% \text{ (%)}$$

Dimana;

$$P_{in} = P_{out} + \text{Berbagai Kerugian}$$



## 2.6. Bahan Bakar Utama Untuk Konversi Energi

Terdapat sejumlah senyawa hidrokarbon dasar yang digunakan sebagai bahan bakar standar bagi motor bakar. Bahan bakar untuk motor bakar bensin di golongan berdasarkan bilangan oktannya. Sedangkan bahan bakar standar motor bakar diesel digolongkan berdasarkan bilangan cetananya.

Bahan bakar standar oktana 100 adalah 2,2,4-*trimetilpentana* (isooktana), sementara bahan bakar standar oktana 0 adalah *n-heptana*. Bilangan oktana dari suatu bahan bakar yang tidak diketahui dihitung dengan bantuan mesin CFR (*Cooperative Fuels Research Engine*). Mesin ini adalah sebuah mesin silinder tunggal dengan perbandingan kompresi yang dapat diukur dari sekitar 4 : 1. Besar bilangan oktana bahan bakar gasoline yang paling banyak dipakai antara 85 hingga 95.



Gambar 2.6 Cooperative Fuels Research Engine (CFR).

Beberapa jenis gasoline premium mempunyai bilangan oktana yang lebih besar dari 100, yang diperoleh dengan menggunakan hidrokarbon yang lebih ringan dan/ atau menambahkan bahan tambahan (*additif*), seperti *tetraetil lead* (TEL) ke dalam bahan bakar dasar.

Cetana 100 untuk bahan bakar diesel standar adalah *n-heksadekana* ( $C_{16}H_{34}$ ), kadang-kadang disebut *n-cetana*. Standar cetana 0 adalah *alfa-metilnaftalena* ( $C_{11}H_{10}$ ), yang serupa dengan molekul naftalena. Kebanyakan bahan bakar diesel mempunyai bilangan cetana antara 30 sampai 60.

### **2.6.1. Bahan Bakar Bensin di Indonesia**

Di Indonesia, ada beberapa jenis bahan bakar motor bensin yang paling digemari karena sering digunakan kendaraan bermotor maupun mobil, seperti premium (RON 88), Peralite (RON 90), pertamax (RON 92). Dari ketiga jenis ini ada beberapa perbedaan yang cukup jauh mengenai kualitas, cara penggunaan, maupun dalam harganya. Berikut adalah perbedaan dari ketiga jenis bahan bakar tersebut :

#### **1. Premium (RON 88)**

- Penggunaan premium pada mesin kompresi tinggi akan menyebabkan knocking. Knocking menyebabkan tenaga mesin berkurang sehingga terjadi pemborosan atau inefisiensi.
- Knocking berkepanjangan mengakibatkan kerusakan pada piston.
- Premium tidak memiliki zat aditif
- Premium menggunakan tambahan pewarna
- Menghasilkan Nox dan Cox dalam jumlah besar
- Harga premium yakni mencapai Rp.6.450,-/Liter.

#### **2. Peralite (RON 90)**

- Membuat mesin kendaraan awet dan terawat.
- Nilai oktan lebih tinggi membuat tingkat pembakarannya lebih baik dari RON 88.
- Peralite memiliki zat aditif yang bersifat detergency atau pembersih.
- Terdapat kandungan anti oksidan dan anti korosi serta pemisah air.
- Ramah lingkungan karena kadar gas emisi yang dikeluarkan lebih sedikit.
- Harga pertalite yakni mencapai Rp.7.400,- sampai dengan Rp.7.800,-/Liter, berbeda-beda disetiap pulau di Indonesia.

#### **3. Pertamax (RON 92)**

- Mampu menerima tekanan pada mesin kompresi tinggi
- Bahan bakar bebas timbal.
- Pertamax memiliki zat aditif seperti halnya pertalite.

- Cocok untuk kendaraan yang menggunakan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal.
- Menghasilkan Nox dan Cox dalam jumlah yang sangat sedikit dibanding premium.
- Harga pertamax yakni mencapai Rp.8.150,- sampai dengan Rp.11.100 berbeda-beda disetiap pulau di Indonesia.

Harga premium memang sangat terjangkau daripada pertalite dan pertamax. Namun, jika menginginkan mesin kendaraan agar tetap awet, pikirkanlah kembali beda kualitas setiap jenis bahan bakar yang ada.

### **2.6.2. Bahan Bakar Batu Bara**

Batubara merupakan bahan bakar fosil yang terbanyak, diperkirakan merupakan hasil dari tumbuhan-tumbuhan yang memfossil. Tumbuhan yang dipadatkan ini, tanpa adanya udara dan dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang tinggi selanjutnya akan berubah menjadi *turg* (tumbuhan lapuk) yang merupakan jenis bahan bakar yang mempunyai grade sangat rendah; kemudian menjadi *batubara coklat, lignite, subumin, bitumin*, dan akhirnya menjadi batubara *antrasitik*. Dengan berlangsungnya proses “*aging*”, batubara menjadi semakin keras, kandungan hidrogen dan oksigen berkurang, kandungan kebasahan menurun namun kandungan karbonnya meningkat.

### **2.6.3. Minyak Bumi (*Petroleum*)**

Sementara batubara dianggap berasal dari tumbuhan yang memfossil, maka minyak bumi dianggap berasal dari kehidupan laut yang membusuk sebagian. Minyak bumi atau minyak mentah biasanya ditemukan dalam kubah karang berpori besar. Tergantung pada jenis residu yang tertinggal setelah fraksi yang lebih ringan didestilasi dari

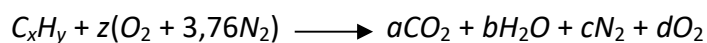
minyak mentah tersebut maka minyak mentah diklasifikasikan ke dalam jenis *minyak mentah basis parafin, basis aspal, dan berbasis campuran*.

## 2.7. Reaksi Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran merupakan sebuah reaksi kimia antara elemen tertentu dari bahan bakar dengan oksigen (dari atmosfer) dan melepaskan sejumlah besar energi yang menyebabkan peningkatan suhu gas.

Udara atmosfer berisi sekitar 21% volume oksigen (O<sub>2</sub>) dan 79% merupakan gas-gas lain dan sebagian besar adalah nitrogen (N<sub>2</sub>). Jadi kita dapat menganggap udara terdiri dari 21% dan nitrogen 79% volume. Kerapatan udara atmosfer dipengaruhi oleh suhu dan ketinggian lokasi suatu tempat diatas permukaan laut, sehingga berpengaruh juga terhadap proses pembakaran.

Dalam proses pembakaran sempurna, yang dikenal sebagai pembakaran stoikiometri, semua karbon dalam bahan bakar membentuk karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan semua hidrogen membentuk air (H<sub>2</sub>O) di dalam produk, seperti reaksi berikut:



Gambar 2.7 Proses Pembakaran Sempurna.

## 2.8. Efisiensi Pembakaran

Dalam praktik, gas buang dari motor pembakaran dalam menghasilkan produk pembakaran yang tidak sempurna (karbon monoksida/CO; hidrokarbon tidak terbakar/ HC dan jelaga) serta produk- produk pembakaran sempurna (CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O).



Gambar 2.8 Efisiensi Pembakaran sebagai fungsi rasio kesetaraan BB

Efisiensi pembakaran untuk motor bensin dengan campuran miskin berada pada kisaran 95% sampai 98%. Untuk campuran kaya di mana udara tidak cukup untuk bereaksi dengan semua bahan bakar, efisiensi pembakaran terus menurun ketika campuran semakin kaya. Kriteria utama yang harus di penuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah :

1. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus terjadi secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi
2. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau kotoran setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
3. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

## BAB III

### PENGUJIAN DAN ANALISA

#### 3.1. Pendahuluan

Penelitian dilakukan mulai dari bulan September 2017 sampai dengan bulan Januari tahun 2018, di Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Laboratorium Motor Bakar Universitas Bandar Lampung. Pengujian emisi gas buang pada generator menggunakan tiga jenis bahan bakar yang berbeda yaitu *premium*, *pertalite*, dan *pertamax*.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang dibutuhkan dalam pengujian ini berupa :

1. Bahan bakar premium (5 liter)
2. Bahan bakar pertalite (5 liter)
3. Bahan bakar pertamax (5 liter)

Alat – alat yang digunakan adalah :

1. Analyzer (Stargas 898)
2. Generator listrik (electric generator)



Gambar 3.1. Spesifikasi generator

3. Tachometer, Stopwatch, Multitester, Ampermeter, Tools, Kabel konektor
4. Beban daya (500 W, 1000 W, dan 2000 W)

5. Gelas ukur, Corong, Masker
6. Ember dan Baskom

### 3.3. Langkah-langkah Pengujian

1. Mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan.
2. Menghidupkan mesin uji analyzer dengan menekan tombol on/off yang ada pada mesin analyzer.
3. Lalu keluar layar analyzer "*press any key to continue*", tekan sembarang tombol (Gambar. 3.2)
4. Lalu ada pilihan menu pengujian dalam mesin analyzer, yaitu "*Gas analysis*" , "*Smoke analysis*" , dan "*Scope/multimeter*". Pilih menu "*Gas analysis*" , tekan tombol enter. (Gambar 3.3)
5. Ketika sudah tekan tombol enter, keluarlah pilihan menu "*Measurement*", "*Curves*", "*Histogram*", dan "*Exit*". Pilih menu "*Measurment*" lalu tekan tombol enter.(Gambar 3.4)
6. Lalu keluar pilihan menu "*Official test*", "*Standart test*", "*a probe test*". Pilih menu "*official test*" lalu tekan tombol enter.(Gambar 3.5)
7. kemudian keluarlah layar data pengujian emisi gas buang berupa data RPM, CO, CO<sub>2</sub>, Temp, HC, O<sub>2</sub> , CO<sub>cor</sub>, NO.(Gambar 3.8)
8. Mempersiapkan mesin generator, lalu panaskan mesin generator, karena jika mesin generator tidak dipanaskan terlebih dahulu, suhu tidak mencapai beberapa derajat, maka pembakarannya tidak normal.
9. Setelah pemanasan generator telah selesai, matikan mesin generator. Lalu kosongkan terlebih dahulu isi bahan bakar yang ada di dalam tabung bahan bakar generator, dan juga kosongkan bahan bakar yang masih terdapat di dalam karbu mesin generator.
10. Setelah tabung bahan bakar dan karbu generator kosong, isi kembali tabung bahan bakar generator dengan bahan bakar pertamax dengan mengisinya sebanyak 1 liter.
11. Hubungkan beban daya dengan menggunakan kabel konektor ke mesin generator dengan beban 500 watt. Hubungkan beban daya dengan menggunakan kabel konektor ke mesin generator dengan beban 500 watt.
12. Mempersiapkan stopwatch untuk mengukur waktu pemakaian generator.

13. Setelah generator terhubung dengan beban daya, dan stopwatch sudah siap digunakan, masukkan alat deteksi yang ada pada mesin uji analyzer ke dalam knalpot generator.
14. Hidupkan mesin generator, ketika mesin generator sudah hidup, langsung hidupkan stopwatch.
15. Ketika mesin uji analyzer sudah selesai mendata , Tekan tombol menupada mesin uji analyzer, keluarlah pilihan menu “*print out*”. Pilih menu “*print out*” lalu tekan tombol enter. Maka print hasil data uji emisi gas buang pada mesin analyzer keluar.
16. Setelah kertas print keluar, tekan tombol “*esc*” , lalu tunggu generator hingga mati untuk mengukur waktu pemakaian generator.
17. Setelah generator mati dengan sendirinya, matikan stopwatch, maka data pada stopwatch menunjukkan hasil data waktu pemakaian generator pada pemakaian bahan bakar sebanyak 1 liter.
18. Lakukan kembali pengujian ini dengan beban daya yang berbeda yakni 1000 Watt dan kemudian 2000 Watt.
19. Setelah beban daya 500,1000, dan 2000 watt telah selesai di uji, lakukan kembali dengan bahan bakar yang berbeda yaitu bahan bakar pertalite dan premium dengan mengikuti langkah- langkah yang ada di atas. Setelah beban daya 500,1000, dan 2000 watt telah selesai di uji, lakukan kembali dengan bahan bakar yang berbeda yaitu bahan bakar pertalite dan premium dengan mengikuti langkah- langkah yang ada di atas.



Gambar 3.2a



Gambar 3.2b



Gambar 3.2c



Gambar 3.2d

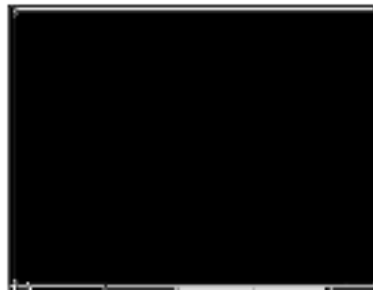




Gambar 3.2e



Gambar 3.2f



Gambar 3.2g

### 3.4. Analisa dan hasil Pengujian

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data-data sebagai berikut:

#### 1. Bahan Bakar Pertamina

Bahan bakar yang digunakan	: Pertamina
Rated Speed	: 3000 rpm
Volume bahan bakar	: 1 Liter/beban pengujian
Model Generator	: MX 4800DXE
Voltage	: 220 volt
Current	: 10.5 A
Frequency	: 50 Hz
Rated power COP	: 2,3 kW
Max AC output	: 2,5 kW

Hasil data sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tabel Emisi Gas Buang Bahan Bakar Pertamax

	500 watt	1000 watt	2000 watt
CO	0.137 (% vol)	0.224 (% vol)	0.216 (% vol)
CO <sub>2</sub>	0.32 (% vol)	0.44 (% vol)	0.46 (% vol)
HC	6 (ppm vol)	8 (ppm vol)	11 (ppm vol)
O <sub>2</sub>	20.21 (% vol)	20.10 (% vol)	20.13 (% vol)
Temp.	67 (°C)	79 (°C)	87 (°C)
Time	02:17:27.83	01:09:05.50	00:37:47.33

2. Bahan Bakar Pertalite

Bahan Bakar yang digunakan : Pertalite  
 Rated Speed : 3000 rpm  
 Volume bahan bakar : 1 Liter/beban pengujian  
 Model Generator : MX 4800DXE  
 Voltage : 220 volt  
 Current : 10.5 A  
 Frequency : 50 Hz  
 Rated power COP : 2,3 kW  
 Max AC output : 2,5 kW

Hasil data sebagai berikut :

Tabel 3.2 Emisi Gas Buang Bahan Bakar Pertalite

	500 watt	1000 watt	2000 watt
CO	0.213 (% vol)	0.301 (% vol)	0.352 (% vol)
CO <sub>2</sub>	0.45 (% vol)	0.58 (% vol)	0.65 (% vol)
HC	9 (ppm vol)	11 (ppm vol)	18 (ppm vol)
O <sub>2</sub>	20.03 (% vol)	19.89 (% vol)	19.74 (% vol)
Temp.	77 (°C)	82 (°C)	89 (°C)
Time	02:00:19.32	01:00:35.92	00:30:15.26

### 3. Bahan Bakar Premium

Bahan bakar yang digunakan	: Bahan bakar Premium
Rated Speed	: 3000 rpm
Volume bahan bakar	: 1 Liter/beban pengujian
Model Generator	: MX 4800DXE
Voltage	: 220 volt
Current	: 10.5 A
Frequency	: 50 Hz
Rated power COP	: 2,3 kW
Max AC output	: 2,5 kW

Hasil data sebagai berikut :

Tabel 3.3 Tabel emisi gas buang bahan bakar premium.

	500 watt	1000 watt	2000 watt
CO	0.297 (% vol)	0.323 (% vol)	0.345 (% vol)
CO <sub>2</sub>	0.47 (% vol)	0.57 (% vol)	0.65 (% vol)
HC	10 (ppm vol)	15 (ppm vol)	14 (ppm vol)
O <sub>2</sub>	19.93 (% vol)	19.81 (% vol)	19.64 (% vol)
Temp.	81 (°C)	86 (°C)	94 (°C)
Time	01:32:08.13	00:47:02.14	00:23:50.82

### 3.5. Analisa Emisi Gas Buang

Pembakaran adalah merupakan suatu proses secara kimiawi yang berlangsung dengan cepat antara oksigen dengan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar pada suhu dan tekanan tertentu. Tentunya pada proses pembakaran memerlukan oksigen, dan oksigen ini didapat dari udara bebas. Ikatan Hydrrcarbon (HC) pada bahan bakar akan hanya bereaksi dengan oksigen pada saat proses pembakaran sempurna, dan menghasilkan air (H<sub>2</sub>O) serta karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sedangkan nitrogen akan keluar sebagai N<sub>2</sub>.

Sayangnya pada kondisi-kondisi tertentu pembakaran menjadi tidak sempurna dan hal ini menghasilkan gas-gas buang yang berbahaya bagi kehidupan, seperti terbentuknya karbonmonoksida (CO) dan juga nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>).

Nilai gas buang yang menjadi baku mutu emisi adalah :

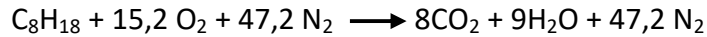
1. CO maksimal 2,5%
2. HC < 300 ppm
3. CO<sub>2</sub> harus lebih besar dari 12% dan maximum teoritis adalah 15,5%
4. O<sub>2</sub> < 2%

Tabel 3.4 Kondisi mesin berdasarkan kombinasi emisi gas buang.

CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	PENYEBAB
H	L	H	H	AFR terlalu kaya dan pengapian mengalami mistire
H	L	H	L	AFR terlalu kaya dan kerusakan pada thermostat atau coolant sensor
L	L	L	H	Kebocoran pada exhaust system
L	H	L	H	Kegagalan pada injector
H	L	H	H	AFR terlalu kaya
H	H	H	H	Kegagalan pada injector, kombinasi antara AFR terlalu kaya dan kebocoran pada saluran intake
L	L	H	L	Kegagalan pada sistem pengapian, AFR terlalu kurus, kebocoran udara pada saluran antara air flow sensor dan throttle body
L	H	L	H	Kondisi yang tepat

### 3.5.1 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Premium / Oktana (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>).

Dengan menggunakan persamaan reaksi pembakaran sempurna terhadap bahan bakar premium (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), yakni :



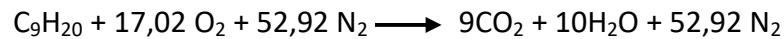
Maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

**Tabel 3.5 Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Premium**

	Jumlah Mole	Mole/100 mole	Volume/100%
CO <sub>2</sub>	8	$8/64,2 \times 100 = 12,3$	12,5
H <sub>2</sub> O	9	$9/64,2 \times 100 = 14$	14
N <sub>2</sub>	47,2	$47,2/64,2 \times 100 = 73,3$	73,5
Total	64,2		

### 3.5.2 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Peralite / Oktana (C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>).

Persamaan reaksi pembakaran sempurna yang digunakan terhadap bahan bakar premium (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), adalah :



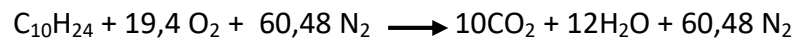
Maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

**Tabel 3.6 Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Peralite**

	Jumlah Mole	Mole/100 mole	Volume/100%
CO <sub>2</sub>	9	$9/71,92 \times 100 = 12,5$	12,5
H <sub>2</sub> O	10	$10/71,92 \times 100 = 13,9$	13,9
N <sub>2</sub>	52,92	$52,92/71,92 \times 100 = 73,58$	73,58
Total	71,92		

### 3.5.3 Analisa Volumetrik Pada Pembakaran Sempurna Bahan Bakar Pertamina / Oktana (C<sub>10</sub>H<sub>24</sub>).

Persamaan reaksi pembakaran sempurna yang digunakan terhadap bahan bakar premium (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), adalah :



Maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

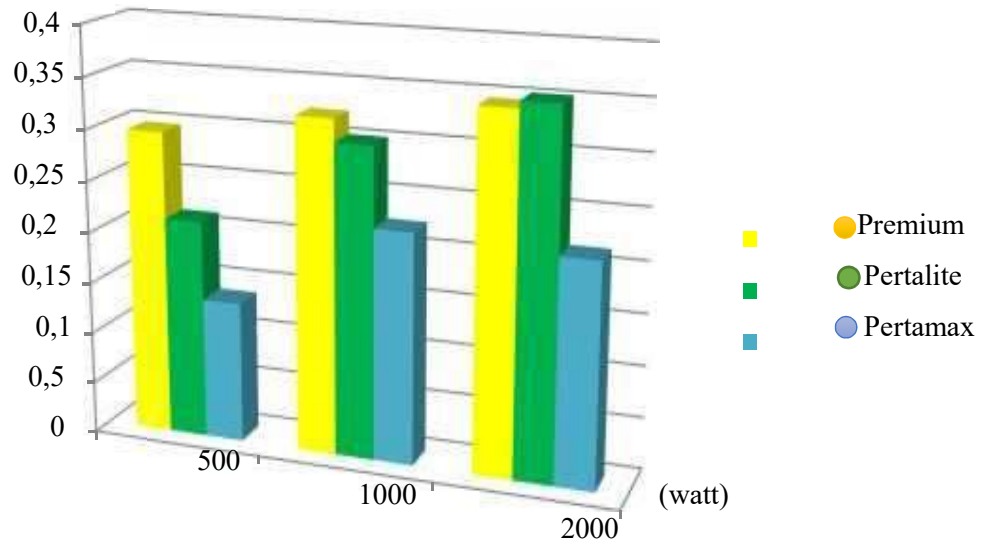
**Tabel 3.7 Analisa Volumetrik Hasil Pembakaran Bahan Bakar Pertamina.**

	Jumlah Mole	Mole/100 mole	Volume/100%
CO <sub>2</sub>	10	$10/82,48 \times 100 = 12,1$	12,1
H <sub>2</sub> O	12	$12/82,48 \times 100 = 13,9$	14,5
N <sub>2</sub>	60,48	$60,48/82,48 \times 100 = 73,58$	73,3
Total	82,48		

### 3.6. Perbandingan Karbonmonoksida (CO) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda

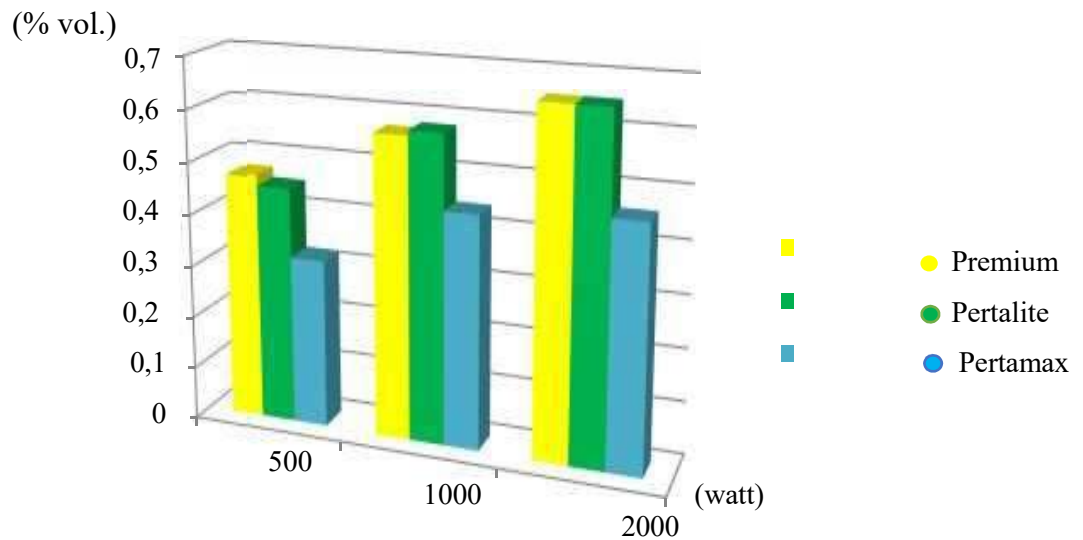
Perbandingan kadar karbonmonoksida (CO) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax yakni :

1. Bahan bakar premium menghasilkan nilai CO 0,345 % vol
  2. Bahan bakar pertalite menghasilkan nilai CO 0,352 % vol.
  3. Bahan bakar pertamax menghasilkan nilai CO 0,216 % vol.
- (% vol.)



Gambar 3.3. Grafik perbandingan kadar persentase karbonmonoksida (CO).

### 3.7. Perbandingan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda



Gambar 3.4. Grafik perbandingan kadar persentase karbonmonoksida (CO<sub>2</sub>).

Perbandingan kadar karbondioksida (CO<sub>2</sub>) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax yaitu:

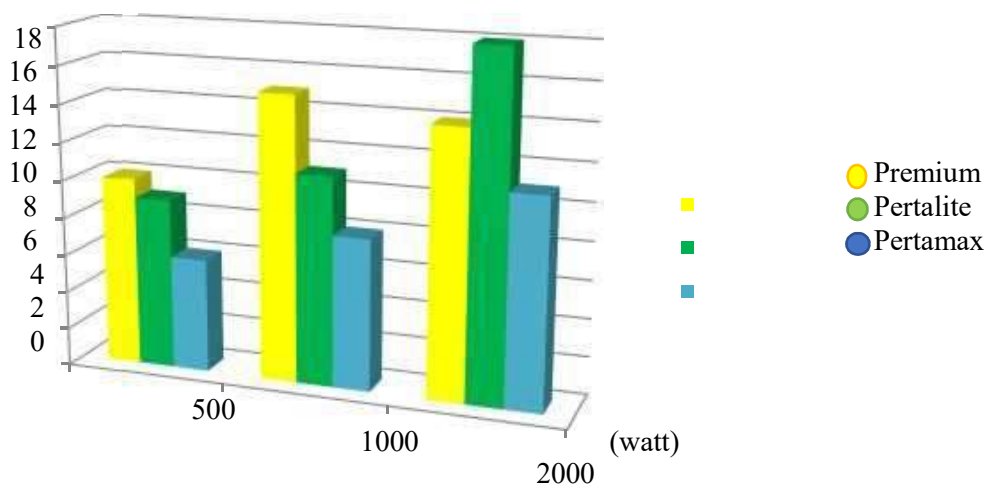
1. Bahan bakar premium menghasilkan nilai CO<sub>2</sub> 0,65 % vol.
2. Bahan bakar pertalite menghasilkan nilai CO<sub>2</sub> 0,65 % vol.
3. Bahan bakar pertamax menghasilkan nilai CO<sub>2</sub> 0,46 % vol.

Dari hasil pengujian, dimana tingkat kadar emisi gas buang karbondioksida (CO<sub>2</sub>) tertinggi dimiliki oleh bahan bakar premium dan pertalite dimana mencapai 0,65% vol. Berdasarkan tingkat minimum kadar CO<sub>2</sub> untuk kualitas mesin, tingkat kadar karbondioksida pada ketiga jenis bahan bakar diatas dalam keadaan tidak normal (CO<sub>2</sub> < 12%). Konsentrasi CO<sub>2</sub> menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik.

Tingkat CO<sub>2</sub> yang baik ada pada premium dan pertalite dibandingkan dengan kadar CO<sub>2</sub> pertamax dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar.

### 3.8. Perbandingan Hidrokarbon (HC) Pada Generator dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar dan Beban Daya yang Berbeda

(ppm.vol.)



Gambar 3.5. Grafik perbandingan kadar persentase hidrokarbon (HC).

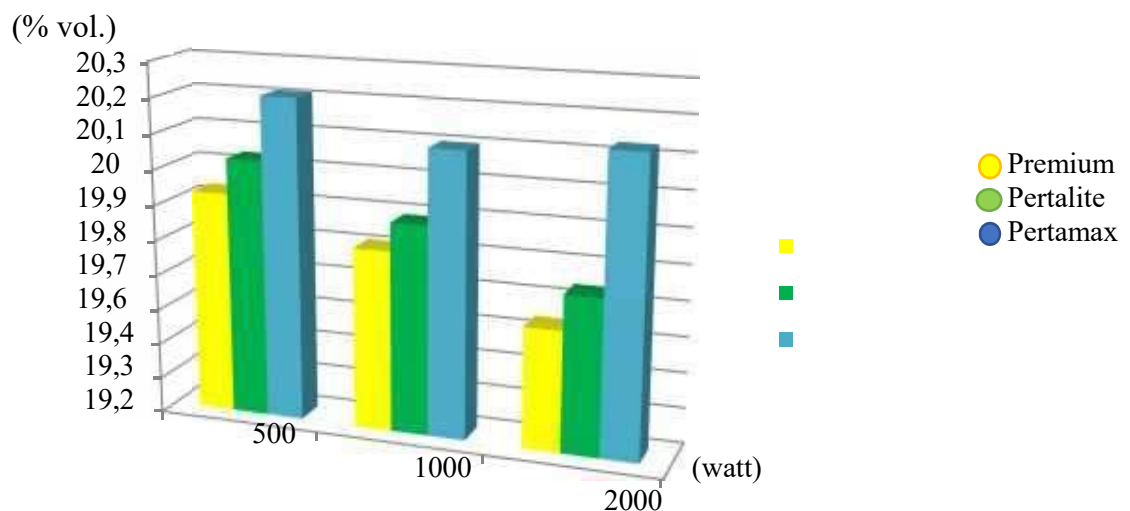
Perbandingan kadar hidrokarbon (HC) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax yakni:

1. Bahan bakar premium menghasilkan nilai HC 14 ppm vol.
2. Bahan bakar pertalite menghasilkan nilai HC 18 ppm vol.
3. Bahan bakar pertamax menghasilkan nilai HC 11 ppm vol.

Berdasarkan tingkat maksimal kadar HC untuk kualitas mesin, tingkat kadar hidrokarbon dari ketiga jenis bahan bakar tersebut masih berada pada ambang batas normal ( $HC < 300$  ppm).

Semakin kecil kadar HC nya semakin sempurna proses pembakaran di ruang bakar, atau paling sedikit sisa bahan bakar mentah (gas yang tidak terbakar setelah pengapian) pada saat proses pembakaran terjadi.

### 3.9. Perbandingan Oksigen ( $O_2$ ) Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda.



Gambar 3.6. Grafik perbandingan kadar persentase oksigen ( $O_2$ ).

Perbandingan kadar oksigen ( $O_2$ ) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax adalah :

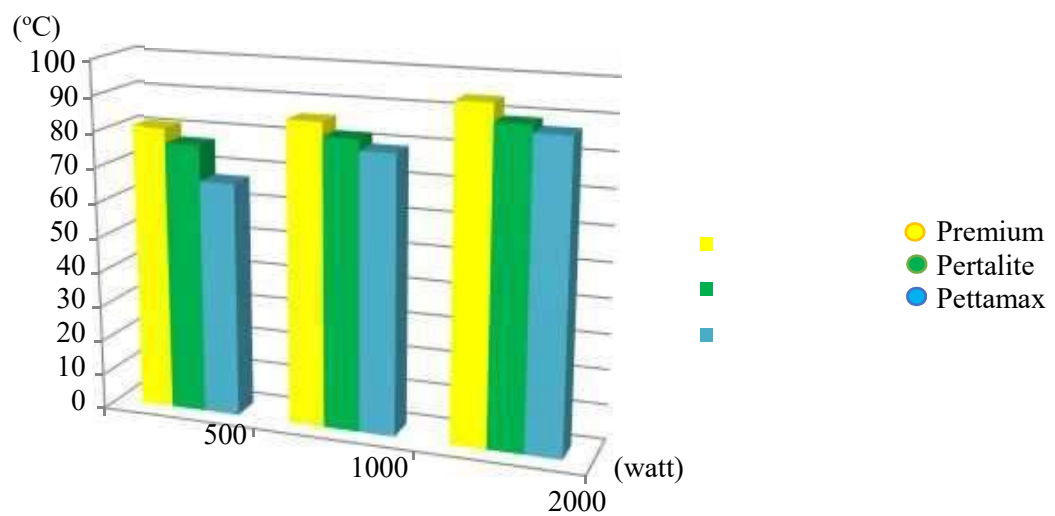
1. Bahan bakar premium menghasilkan nilai  $O_2$  19,64% vol
2. Bahan bakar pertalite menghasilkan nilai  $O_2$  19,74% vol.
3. Bahan bakar pertamax menghasilkan nilai  $O_2$  20,13% vol.



Konsentrasi dari oksigen di gas buang berbanding terbalik dengan konsentrasi CO<sub>2</sub>.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa pertamax memiliki kadar oksigen tertinggi yaitu mencapai 20,13% vol. Kadar O<sub>2</sub> terendah adalah premium mencapai 19,64% vol, ketiga bahan bakar memiliki nilai kadar oksigen yang tidak normal (O<sub>2</sub> > 2%). Yang harus dimiliki adalah konsentrasi oksigen gas buangnya 1,2% atau lebih kecil.

### 3.10. Perbandingan Temperatur Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda.



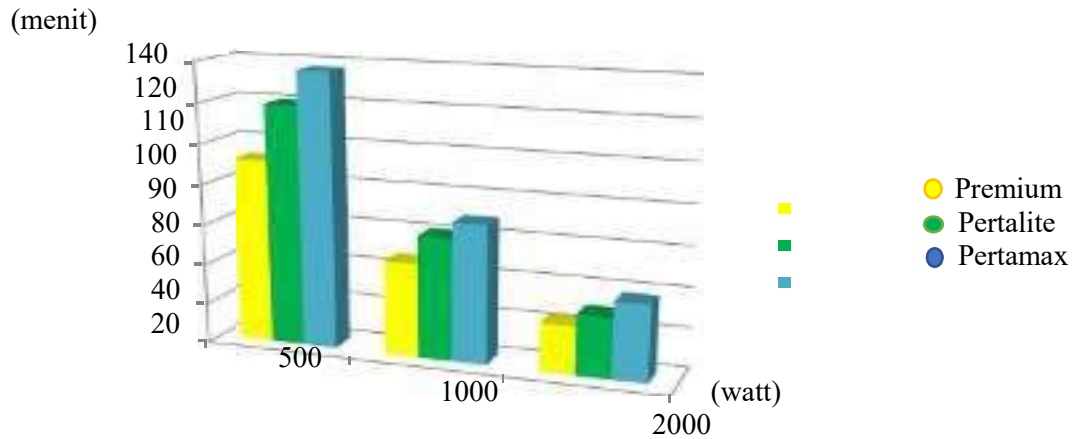
Gambar 3.7. Grafik perbandingan tingkat temperatur (°C).

Perbandingan temperature (T) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax adalah :

1. Bahan bakar premium menghasilkan nilai temperature 94<sup>o</sup>C
2. Bahan bakar pertalite menghasilkan nilai temperature 89<sup>o</sup>C .
3. Bahan bakar pertamax menghasilkan nilai temperature 87<sup>o</sup>C.

Terlihat bahwa premium memiliki tingkat temperatur tertinggi mencapai 94<sup>o</sup>C; dan yang terendah adalah pertamax 87<sup>o</sup>C.

### 3.11. Perbandingan Waktu (Time) Pada Generator Dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Dan Beban Daya Yang Berbeda.



Gambar 3.8. Grafik perbandingan tingkat waktu (time).

Perbandingan waktu (t) pada daya 500 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax adalah :

1. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar premium adalah 01:32:08.13 (92 minute).
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertalite adalah 02:00:19.32 (120 minute).
3. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertamax adalah 02:17:27.83 (137 minute).

Perbandingan waktu (t) pada daya 1000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax adalah :

1. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar premium adalah 00:47:02.14 (47 minute).
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertalite adalah 01:00:35.92 (60 minute).
3. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertamax adalah 01:09:05.50 (69 minute).

Perbandingan waktu (t) pada daya 2000 watt antara bahan bakar premium, pertalite dan pertamax adalah :

1. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar premium adalah 00:23:50.82 (24 minute).
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertalite adalah 00:30:15.26 (30 minute).
3. Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar pertamax adalah 00:37:47.33 (38 minute).

Pertamax merupakan bahan bakar yang memiliki waktu penggunaan terlama, sedangkan premium memiliki waktu penggunaan yang tercepat. Jika dilihat dari lamanya waktu penggunaan, disarankan untuk menggunakan bahan bakar pertamax. Lama waktu penggunaan juga dipengaruhi oleh tingginya nilai RON dari masing-masing bahan bakar. Pertamax memiliki nilai yang tertinggi yaitu RON 92, pertalite RON 90, dan premium RON 88.



## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian terhadap emisi gas buang dengan menggunakan tiga macam bahan bakar yakni premium, pertalite dan pertamax pada sebuah generator listrik maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin kecil kadar CO semakin sempurna proses pembakarannya dan semakin irit penggunaan bahan bakarnya, begitu pula sebaliknya semakin besar kadar CO menunjukkan pembakaran terjadi secara tidak sempurna dan semakin boros bahan bakarnya. Dimana pada beban 2000 watt kadar CO yang tertinggi adalah pertalite yakni 0,352 % vol. dan yang paling rendah adalah pertamax 0,216 % vol.
2. Semakin besar kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan menunjukkan bahwa proses pembakarannya semakin baik. Pada beban 2000 watt premium dan pertalite memiliki kadar CO<sub>2</sub> tertinggi yakni 0,65%vol. sedangkan pertamax hanya 0,46% vol.
3. Berdasarkan tingkat maksimum kadar HC (hydrocarbon), maka ketiga bahan bakar tersebut berada dalam kondisi normal (HC<300 ppm). Kadar HC tertinggi adalah Pertalite (18 ppm) dan yang terendah adalah pertamax (11 ppm) pada beban generator 2000 watt. Semakin kecil kadar HC dalam emisi gas buang berarti semakin sempurna proses pembakaran bahan bakar yang terjadi dalam ruang pembakaran.
4. Kadar Oksigen (O<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh ketiga bahan bakar tersebut berada pada level yang tidak normal (diatas 2%). Yang tertinggi adalah pertamax 20,13% dan yang terendah adalah premium 19,64%.
5. Temperatur pembakaran yang tertinggi adalah premium (94 °C) dan yang terendah adalah pertamax (87 °C). Tingkat temperatur dipengaruhi oleh baban kerja mesin generator.
6. Pertamax lebih irit jika dibandingkan dengan premium dan pertalite dengan volume bahan bakar yang sama pertamax lebih lama terbakarinya (38 menit) sedangkan yang tercepat adalah premium (24 menit).

## 2. Saran

Dari pengujian terhadap emisi gas buang terhadap bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax pada generator listrik, maka sangat disarankan untuk menggunakan bahan bakar pertamax. Baik dari segi tingkat emisi gas buang maupun dari segi lamanya waktu pemakaian, bahan bakar pertamax lebih unggul (baik). Walaupun pertamax dari segi ekonomi dapat dikatakan cukup mahal, namun jika kita lihat dari hasil analisa umur mesin akan lebih lama jika menggunakan bahan bakar pertamax karena pertamax memiliki kandungan zat aditif yang berfungsi sebagai *detergency* atau pembersih yang memberikan efek kebersihan mesin yang lebih terjaga.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aditya, Pradana 26 September 2012, [http://eprints.undip.ac.id/41573/4/BAB\\_II\\_.pdf](http://eprints.undip.ac.id/41573/4/BAB_II_.pdf) . 13 Agustus 2017.00.54.
2. ASUS. 27 APIR 2016. [http://erepo.unud.ac.id/11923/3/c0b49958acb\\_10bcbee54280e7b75b157.pdf](http://erepo.unud.ac.id/11923/3/c0b49958acb_10bcbee54280e7b75b157.pdf) . 13 AGUSTUS 2017.01.15.
3. Abdul Kadir; Energi “*Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*”, edisi kedua Universitas Indonesia (UI-Press), 1995.
4. <http://jdih.menlh.go.id/pdf/ind/IND-PUU-7-2012 - Permen%20LH%2010%20th%202012%20baku%20mutu%20emisi%20kategori %20L3.pdf> .19 Agustus 2017.01.45.
5. [http://www.presidentri.go.id/program-prioritas-2/ "mengejar-target-kapasitas-terpasang-75-000-megawatt"](http://www.presidentri.go.id/program-prioritas-2/ ) .html.20 Juli 2017.
6. Culp, Archie W., Jr.1989. “*Prinsip-Prinsip Konversi Energi*”.Jakarta:Erlangga.
7. [http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/75/jbptppolban-gdl-dikysyahru-3712-3- "Analisa Generator" bab2--3.pdf](http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/75/jbptppolban-gdl-dikysyahru-3712-3- ).3 Agustus 2017.
8. Insyansori.2012.[Http://Insyansori.Blogspot.Co.Id/2013/09/ "Pembangkit-Tenaga- Listrik". html](Http://Insyansori.Blogspot.Co.Id/2013/09/ ).29 Juli 2017.
9. Ir Kristianto, Philip.2014.”*Motor Bakar Torak*”.Yogyakarta:Andi.
10. Mahargian, Hendra.17 Desember 014..[http://whyzo.blogspot.co.id/2014 /12/ "Fakta-Unik-Energi-Listrik- Indonesia" html](http://whyzo.blogspot.co.id/2014 /12/ ).20 Juli 2017.
11. Pudjanarso, Astu&Nursuhud, Djati.2006.*Mesin Konversi Energi*.Yogyakarta:Andi
12. Pertamina.21 Maret 2017.”*Daftar Harga BBM*”.<http://www.pertamina.com/news- room/info-pertamina/pengumuman/daftar-harga-bbk-tmt-21-maret-2017/.3> Agustus 2017.
13. Suryatmo,F.Febuari,2014. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Komposisi Udara.

Nama	Simbol	Mol Berat	Analisa Persen (%)		Relatif Terhadap O <sub>2</sub>		Mol Berat per Mol Udara
			Volume	Berat	Volume	Berat	
Oksigen	O <sub>2</sub>	32,0	20,99	23,2	1	1	6,717
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28,02	78,03				21,848
Argon	A	40,0	0,94		3,76	3,31	0,376
Karbondioksida	CO <sub>2</sub>	44,0	0,03	76,8			0,013
Gas Lain	-	-	0,01				-
Total Udara	-	28,95	100,0	100,0	4,76	4,311	28,95



**Lampiran 2. Tabel Spesifikasi Premium.**

No	Karakteristik	Satuan	Batasan			
			Tanpa Timbal		Bertimbal	
			Min	Max	M	Max
1	Bilangan Oktan Angka Oktan Riset (RON) Angka Oktan Motor (MON)	RON	88	-	8	-
		MON	dilaporkan		dilapork	
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-	3	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	-	0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,01 3	-	0,3
5	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7	-	2,7
6	Distilasi :  10% vol. Penguapan  50% vol. Penguapan	°C	-	74	-	74
		°C	88	125	8	125
		°C	-	180	-	180
		°C	-	215	-	205
		% vol	-	2	-	2
		mg/100ml	-	5	-	5
7	Washed gum	mg/100ml	-	5	-	5
8	Tekanan uap	kPa	-	60	-	60
9	Berat Jenis (15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	780	7	780
10	Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1		Kelas 1	
11	Sulfur mercaptan	% massa	-	0,00 2	-	0,00 2
12	Penampilan Visual		Jernih & Terang		Jernih & Terang	
13	Warna		Merah		Merah	
14	Kandungan Pewarna	gr/100 l	0,13		0,13	
15	Bau		Dapat dirasakan		Dapat dirasakan	
16	Uji Doktor		Negatif		Negatif	

**Lampiran 3. Tabel Spesifikasi Pertamax.**

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)	RON	92	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
5	Kandungan Logam (mangan(Mn),Besi(Fe))	mg/l	-	-
6	Kandungan Silikon	mg/kg	-	2,
7	Kandungan Oksigen	% m/m	-	-
8	Kandungan Olefin	% v/v	-	5
9	Kandungan Aromatic	% v/v	-	5
10	Kandungan Benzena	% v/v	-	
11	Distilasi :			
	10% vol. Penguapan	°C	-	7
	50% vol. Penguapan	°C	-	110
	90% vol. Penguapan	°C	-	180
	Titik didih akhir	°C	-	215
	Residu	% vol	-	2
12	Sedimen	mg/l	-	1
13	unwashed gum	mg/100 ml	-	7
14	Washed gum	mg/100 ml	-	5
15	Tekanan Uap	kPa	45	6
16	Berat Jenis (15oC)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
17	Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1	
18	sulfur mercaptan	% massa	-	0,002
19	Penampilan visual		Jernih&terang	
20	Warna		Biru	
21	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13
22	Kandungan Pospor	mg/l	-	-

**Lampiran 4. Tabel Spesifikasi Pertalite**

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Mi	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)	RON	9 0	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	36	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	Dilaporkan (injeksi timbal tidak terdeteksi)	
5	Kandungan Logam (Mangan(Mn), Besi(Fe))	mg/l	Tidak terdeteksi	
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	-
8	Kandungan Aromatic	% v/v	-	-
9	Kandungan Benzena	% v/v	-	-
10	Distilasi : 10% vol. Penguapan 50% vol. Penguapan 90% vol. Penguapan Titik didih akhir Residu	°C	-	74
		°C	8	125
		°C	-	180
		°C	-	215
		% vol	-	2
11	Sedimen	mg/l	-	1
12	unwashed gum	mg/100 ml	-	70
13	Washed gum	mg/100 ml	-	5
14	Tekanan Uap	kPa	4	60
15	Berat Jenis (15oC)	kg/m <sup>3</sup>	71	770
16	Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1	
17	sulfur mercaptan	% massa	-	0,002
18	Penampilan visual		Jernih & terang	
19	Warna		Hijau	
20	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13