

Pembuatan Pola Tingkat Pembakaran Melalui Deteksi Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin Karburator Sistem 4-Tak Menggunakan Sensor Gas Dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT)

Loli Olivia Ersan¹, Andrizal, M.T², Dodon Yendri, M.Kom³

Jurusan Sistem Komputer FTI Universitas Andalas
Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 25163 INDONESIA

lolioliviaersan@gmail.com¹, andrizal@polinpdg.ac.id², Dodon_y@yahoo.com³

Intisari— Penelitian ini bertujuan untuk membuat pola tingkat pembakaran melalui deteksi emisi gas buang yang dapat digunakan sebagai input untuk pengambilan keputusan tingkat pembakaran dengan klasifikasi pola tingkat pembakaran sempurna dan pola tingkat pembakaran tidak sempurna. Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor gas KE-50 dan MG-811 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar gas oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂) yang terkandung pada emisi gas buang kendaraan. Dimana sensor ini memiliki respon yang berbeda ketika mendeteksi adanya gas CO₂ dan O₂. Gas CO₂ dan O₂ menunjukkan hasil pembakaran di dalam mesin. Semakin tinggi nilai CO₂ maka semakin baik pembakaran yang terjadi. Sedangkan jika O₂ terlalu banyak keluar dari sisa gas buang menandakan proses pembakaran di mesin tidak optimal. Untuk pembuatan pola tingkat pembakaran digunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*) sehingga sinyal analog yang didapat dari sensor bisa terpolakan. Hasil akhir yang didapat dari 10 kali pengujian adalah dari 1 mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna dan 10 sampel acak dari mobil karburator yang belum diketahui tingkat pembakarannya. Diharapkan dengan adanya sistem ini dapat diketahui pola tingkat pembakaran mobil karburator sistem 4-tak yang berbahan bakar bensin dan dapat dijadikan sebagai input pengambilan keputusan tingkat pembakaran.

Keywords— Mesin bensin karburator, Emisi gas buang, Sensor Gas, FFT (*Fast Fourier Transform*), Pola tingkat pembakaran, Sempurna, Tidak sempurna

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi komputer dan otomotif, dimungkinkan menggabungkan kedua teknologi ini pada suatu rancangan. Misalnya, teknologi komputer digunakan untuk sistem kontrol pada *engine* kendaraan terutama mobil. Teknologi ini dikenalkan pada sekitar tahun 2005 yang disebut juga dengan sistem injeksi atau sistem modern. Sebagai contoh mulai dari teknologi EFI (*Electronic Fuel Injection*), VVTI (*Variable valve Timing with Intelligence*) dari Toyota, VTEC (*Variable Valve Timing and Lift Electronic Control*) dari Honda.

Pada sistem ECU sangat banyak sensor yang digunakan. Salah satunya adalah sensor untuk mendeteksi emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Sensor ini mendeteksi kadar gas *Oksigen* (O₂) dan *Karbondioksida* (CO₂) untuk mengetahui tingkat pembakaran bahan bakar. Gas CO₂ dan O₂ menunjukkan hasil pembakaran di dalam mesin.^[9] Semakin tinggi nilainya, maka semakin baik pembakaran yang terjadi. Sedangkan jika O₂ terlalu banyak keluar dari sisa gas buang menandakan proses pembakaran di mesin tidak efisien atau tidak optimal.

Namun pada saat sekarang ini masih banyak masyarakat yang menggunakan kendaraan dengan sistem karburator atau sistem konvensional. Mobil dengan sistem konvensional ini belum dilengkapi dengan unit pengontrol elektronik dan juga belum dilengkapi dengan sensor-sensor, baik sensor untuk pengapian, tekanan kompresi maupun sensor pada

bagian saluran gas buang seperti halnya pada sistem injeksi atau sistem modern.

Untuk itu penulis ingin merancang suatu alat yang dirancang sedemikian rupa dengan menggunakan sensor gas agar dapat mendeteksi kadar gas CO₂ dan O₂ dari gas buang kendaraan. Data hasil deteksi sensor diolah dengan metoda FFT (*Fast Fourier Transform*) sehingga sinyal analog yang didapat dari sensor bisa terpolakan dan dapat dijadikan sebagai input pengambilan keputusan tingkat pembakaran.

II. LANDASAN TEORI

A. Defenisi Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis.

B. Motor Bensin

Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut *spark ignition engine*.

C. Karburator

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam.

D. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin.

1. Emisi Karbon monoksida (CO)

CO akan dihasilkan pada saat terjadi pembakaran yang diakibatkan oleh kurangnya oksigen pada proses pembakaran (campuran bensin dan udara kaya). Emisi CO diukur dalam satuan % volume. Rata-rata emisi CO pada mesin 4 tak dalam kondisi normal : 1,5–3,5% untuk mesin dengan karburator , 0,5–1,5% pada mesin dengan sistem injeksi (EFI) dan 0,0–0,2% pada mesin EFI dengan *Catalis*.

2. Emisi senyawa hidrokarbon (HC)

Emisi HC diukur dalam satuan ppm (*part per milion*). Rata-rata emisi HC pada mesin 4 tak dalam kondisi normal adalah 200 – 400 ppm untuk mesin karburator, 50 – 200 untuk mesin dengan EFI dan 0 – 50 ppm untuk mesin EFI dengan katalisator.

3. Emisi Karbon dioksida (CO₂)

Semakin tinggi gas CO₂ dalam gas buang mengindikasikan bahwa semakin baik pembakaran dalam mesin. Sebaliknya, semakin rendah kadar CO₂ dalam gas buang menandakan bahwa efisiensi pembakaran tidak bagus dan berarti pula kinerja mesin tidak bagus. Rata-rata substansi CO₂ pada mesin 4 tak dalam kondisi normal untuk mesin Karburator adalah 12–15%, Mesin EFI 12–16% dan Mesin EFI dengan katalis 12–17% .

4. Emisi Oksigen (O₂)

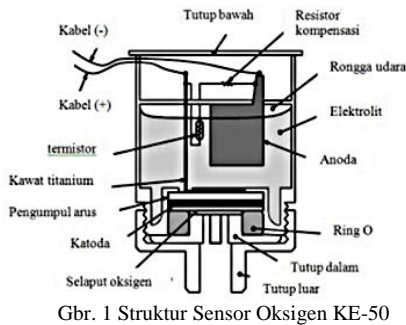
Kadar O₂ yan berlebihan dalam gas buang mengindikasikan bahwa pembakaran terjadi dengan miskin. Berarti hanya sebagian kecil dari oksigen yang terbakar dan sebagian kecil pula bahan bakar yang terbakar. Keadaan seperti ini menyebabkan hal yang sama sebagaimana jika CO₂ rendah. Rata-rata substansi O₂ pada mesin 4 tak dalam kondisi normal : Mesin Karburator 0,5 -2 % , Mesin EFI 0,5 - 2% dan Mesin EFI dengan katalis 0% .

E. Sensor

Sensor sering didefenisikan sebagai suatu perangkat yang dapat menerima dan merespon terhadap sinyal atau stimulus. Sensor banyak juga macamnya, sensor yang di gunakan pada Tugas Akhir ini yaitu sensor gas.

1. Sensor Gas *Oxygen* KE-50

Sensor oksigen jenis KE mempunyai struktur sama dengan baterai yang terdiri dari elektroda dan elektrolit. Elektroda dibagi menjadi anoda berupa Pb (timbal) dan katoda yang terbuat dari emas serta elektrolit berupa asam lemah atau *alkaline*.

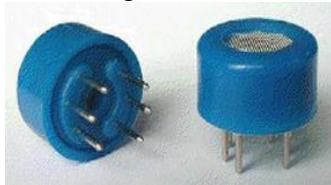


Gbr. 1 Struktur Sensor Oksigen KE-50



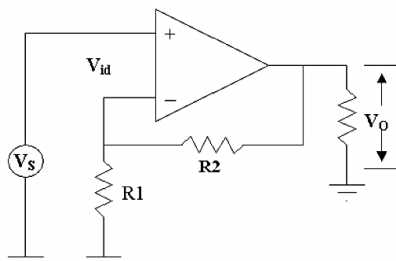
Gbr. 2 Sensor Oksigen KE-50

2. Sensor Gas MG-811 CO2 Gas Sensor
 Sensor Gas MG-811 merupakan Sensor Gas Semikonduktor yang memiliki kemampuan dalam mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂).



Gbr. 3 Sensor Gas KE-50 O₂ Gas Sensor

F. Penguat Noninverting



Gbr. 4 Penguat Noninverting Sederhana

Penguat tersebut dinamakan penguat noninverting karena masukan dari penguat tersebut adalah masukan noninverting dari Op Amp. Sinyal keluaran penguat jenis ini sefase dengan sinyal keluarannya.

G. Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP header dan sebuah

tombol *reset*. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler dan mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan kabel USB.



Gbr. 5 Board Arduino Uno



Gbr. 6 Kabel USB Board Arduino Uno

H. ADC (Analog to Digital Converter)

ADC merupakan alat yang digunakan untuk mengubah data analog menjadi data digital.

I. Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data satu per satu pada satuan waktu. Transmisi data pada komunikasi serial dilakukan per bit.

J. Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform adalah suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. [4] Transformasi Fourier Diskret didefinisikan oleh rumus:

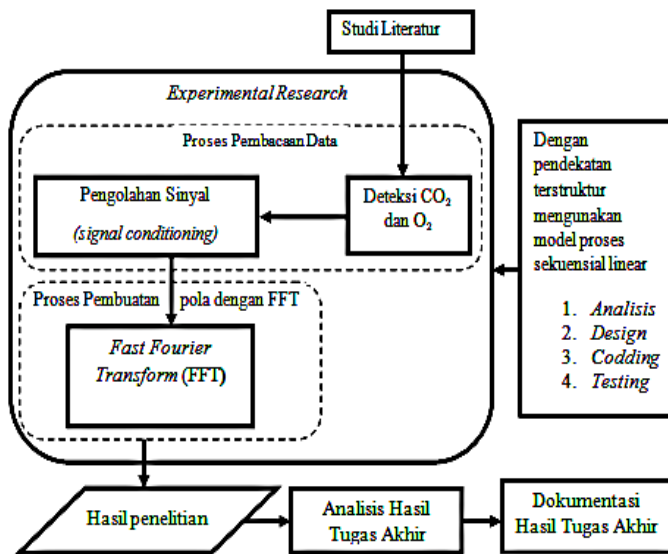
$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}nk} \quad k = 0, \dots, N - 1 \dots \dots \dots (2.1)$$

K. Sekilas tentang Borland Delphi 7

Borland Delphi 7.0 merupakan sebuah bahasa pemrograman yang bersifat objek (*Object Oriented Programming*). Artinya Delphi adalah sebuah program yang mempunyai objek-objek tertentu dalam pemrogramannya. Selain itu Delphi adalah sebuah program yang bersifat visual artinya mempunyai tampilan grafik-grafik yang mudah dimengerti oleh pemula sekalipun dengan GUI (*Graphical User Interface*) sistem.

III. METODOLOGI

A. Rancang Penelitian



Gbr.7 Rancangan Penelitian

Gambar diatas merupakan rancang penelitian secara umum, dimana akan dilakukan studi literatur untuk memahami teori-teori yang akan digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya akan dilakukan analisis, *design*, *coding* dan *testing*. Sensor akan mendeteksi gas CO₂ dan O₂ dari gas buang kendaraan. Data analog yang terbaca dari sensor akan diubah menjadi data digital oleh ADC pada Arduino Uno. Untuk mendapatkan pola tingkat pembakaran diproses dengan menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*).

Pola tingkat pembakaran merupakan hasil dari sistem ini. Setelah hasil didapatkan, akan dilakukan analisa hasil kemudian dilakukan dokumentasi terhadap hasil tugas akhir ini.

B. Alat dan Bahan Penelitian

1) Alat Penelitian:

- Hardware

1. PC atau Laptop
2. Sensor gas KE-50 dan MG-811
3. Arduino Uno berbasis Mikrokontroler Atmega328
4. Pipa inputan
5. Kabel USB Board Arduino Uno
6. Power supply

- Software

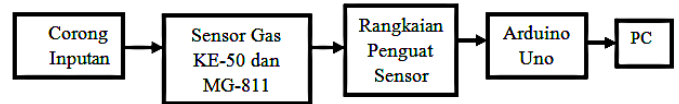
1. Delphi 7
2. Aplikasi Program Arduino Uno

2) Bahan Penelitian

Pada pembuatan tugas akhir ini emisi gas buang dari saluran gas buang kendaraan merupakan objek yang akan diteliti. Gas buang yang akan diteliti yaitu gas O₂ (Oksigen) dan gas CO₂ (Karbon dioksida).

C. Perancangan Sistem

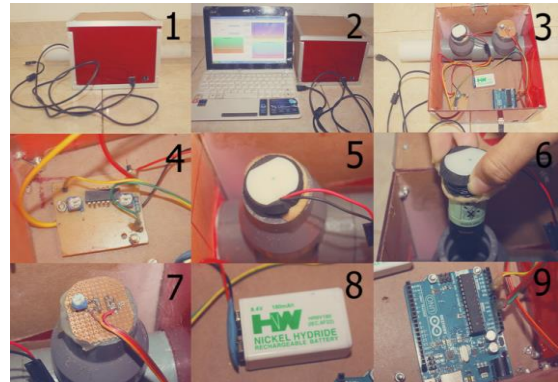
1) Blok Diagram Sistem:



Gbr. 8 Blok Diagram Sistem

Corong inputan merupakan media yang digunakan untuk mengalirkan gas buang dari kendaraan. Sensor gas akan mendeteksi gas CO₂ dan O₂. Karena keluaran dari sensor masih dalam skala milivolt maka sensor ditambahkan rangkaian penguat. Sinyal analog dari sensor akan diubah menjadi sinyal digital oleh ADC pada Arduino Uno. Kemudian untuk mendapatkan pola tingkat pembakaran, data tersebut diolah di PC dengan menggunakan metode FFT.

2) Mekanik Sistem



Gbr. 9 Mekanik Sistem Deteksi Tingkat Pembakaran

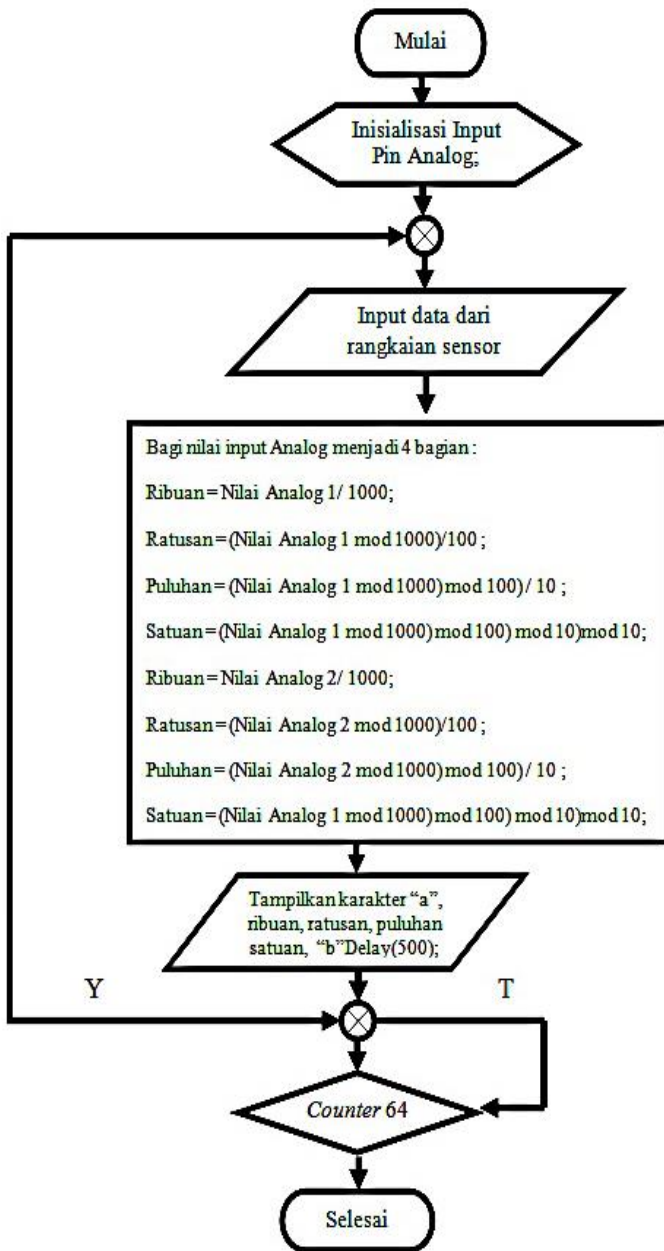
Keterangan:

1. Rancangan Mekanik Sistem
2. Mekanik yang telah dihubungkan dengan PC/Laptop menggunakan kabel USB Arduino Uno
3. Pipa inputan yang telah terhubung dengan rangkaian sensor
4. Rangkaian *op-amp* sensor KE-50
5. Sensor KE-50
6. Sensor KE-50
7. Rangkaian sensor MG-811

- 8. Power Supply (baterai 9 V)
- 9. Mikrokontroler Arduino Uno

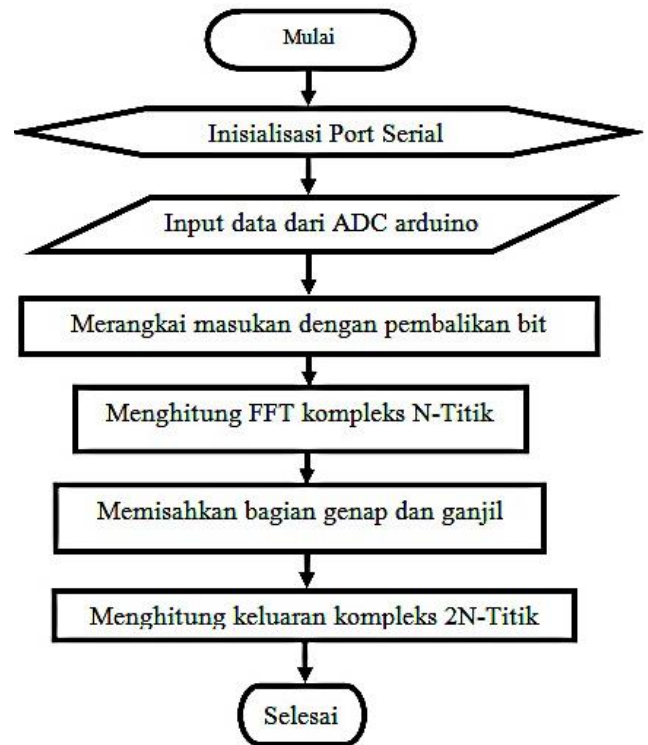
D. Perancangan Software

1) Algoritma Pengkondisi Sinyal



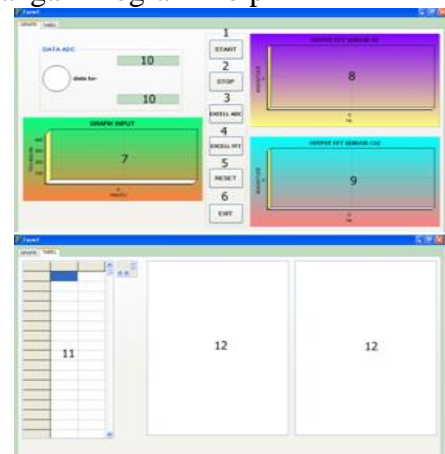
Gbr. 10 Diagram Alir Algoritma Pengkondisi Sinyal

2) Perancangan Algoritma FFT



Gbr. 11 Diagram Alir Program Utama Algoritma FFT

3) Rancangan Program Delphi



Gbr. 12 Rancangan Program Delphi

Keterangan:

1. Button start berfungsi untuk memulai pengambilan data
2. Button stop berfungsi untuk menghentikan proses pengambilan data
3. Button excel ADC berfungsi untuk menyimpan data input ke dalam file.xls
4. Button excel FFT berfungsi untuk menyimpan data *output* ke dalam file.xls

5. Button Reset berfungsi untuk me-reset data yang telah diambil
6. Button Exit berfungsi untuk keluar dari program
7. Chart grafik input berfungsi untuk menampilkan grafik input
8. Chart output FFT sensor O₂ berfungsi untuk menampilkan grafik output FFT sensor O₂
9. Chart output FFT sensor CO₂ berfungsi untuk menampilkan grafik output FFT sensor O₂
10. Edit Berfungsi untuk menampilkan tegangan yang dibaca
11. Stringgrid Berfungsi untuk menampilkan data input dalam bentuk table
12. Listbox Berfungsi untuk menampilkan data output dalam bentuk list

4) Program Arduino Uno

```

programribuan2 | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help
programribuan2
SoftwareSerial mySerial(13, 12); // RX, TX

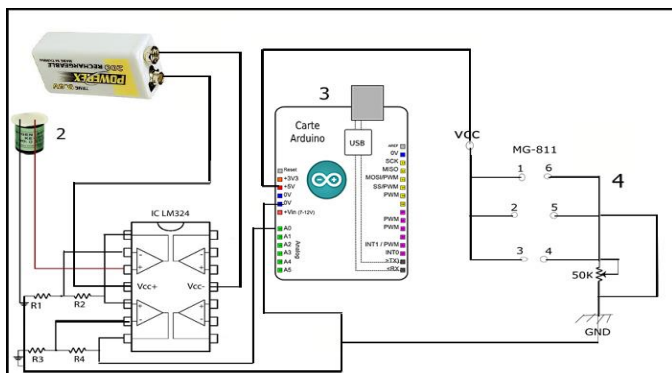
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(38400);
}

void loop()
{
  int NilaiSensor1 = analogRead(A0);
  int NilaiSensor2 = analogRead (A1);
  int TeganganRb1 = NilaiSensor1/1000;
  int TeganganR1 = (NilaiSensor1*1000)/100;
  int TeganganP1 = ((NilaiSensor1*1000)*100)/10;
  int TeganganS1 = (((NilaiSensor1*1000)*100)*10)*10 ;

  int TeganganRb2 = NilaiSensor2/1000;
  int TeganganR2 = (NilaiSensor2*1000)/100;
  
```

Gbr. 13 Tampilan Software Arduino Uno

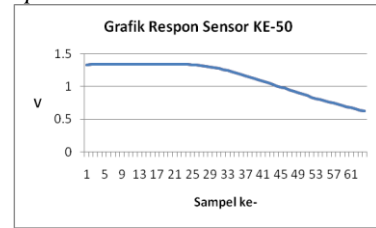
E. Rangkaian Lengkap Sistem



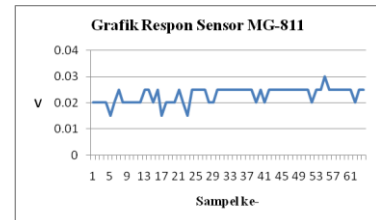
Gbr. 14 Rangkaian Lengkap Sistem

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Uji Respon Sensor



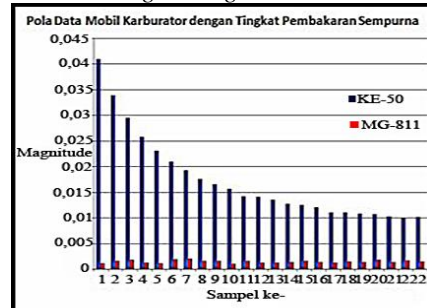
Gbr. 15 Grafik Respon Sensor KE-50



Gbr. 16 Grafik Respon Sensor MG-811

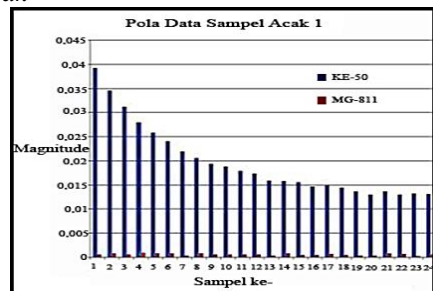
B. Hasil Pola Data Respon Sensor

1) Hasil Pola Data Respon Sensor terhadap Mobil Karburator dengan Tingkat Pembakaran Sempurna

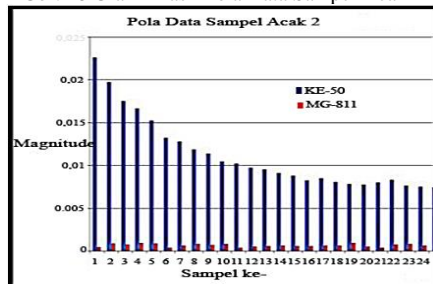


Gbr. 17 Grafik Hasil Pola Data dengan Tingkat Pembakaran Sempurna

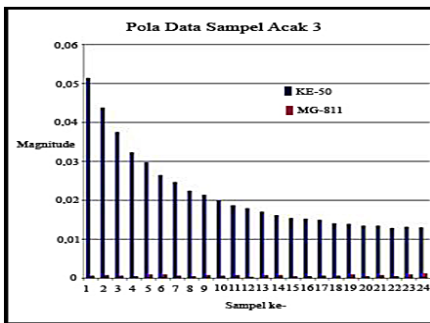
2) Hasil Pola Data Respon Sensor Terhadap Sampel Acak



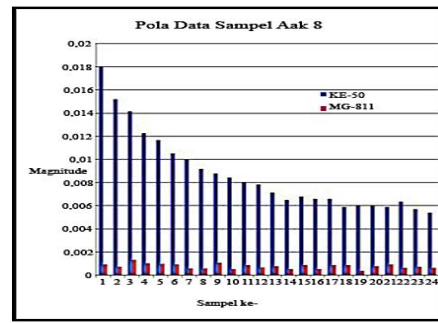
Gbr. 18 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 1



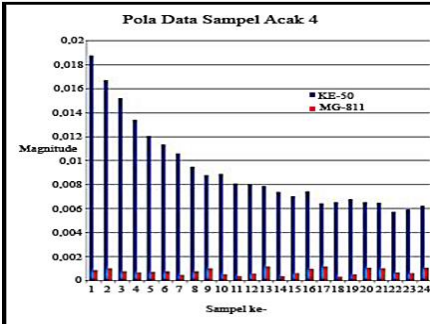
Gbr.19 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 2



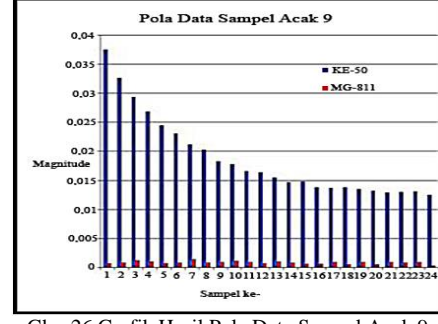
Gbr.20 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 3



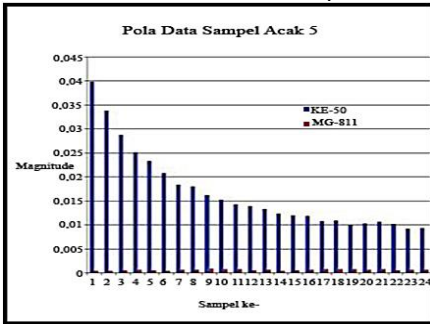
Gbr. 25 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 8



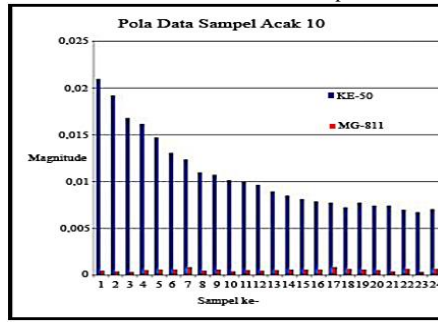
Gbr. 21 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 4



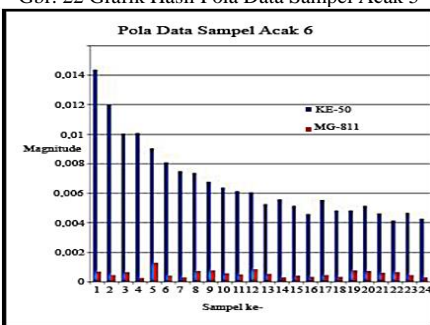
Gbr. 26 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 9



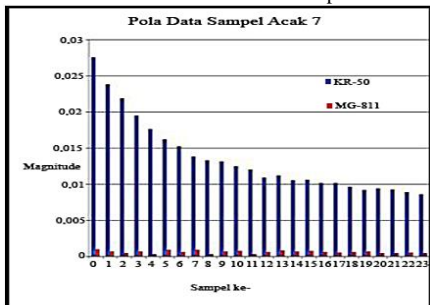
Gbr. 22 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 5



Gbr. 27 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 10



Gbr. 23 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 6

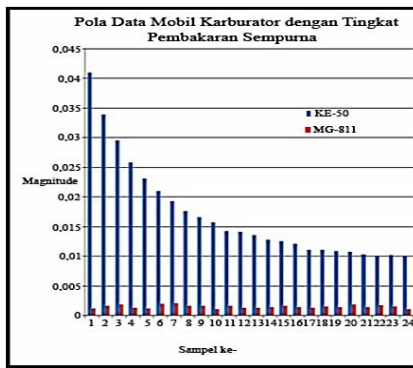


Gbr. 24 Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak 7

C. Analisa Hasil Pola Data

1) Analisa Grafik Hasil Pola Data Mobil Karburator dengan Tingkat Pembakaran Sempurna

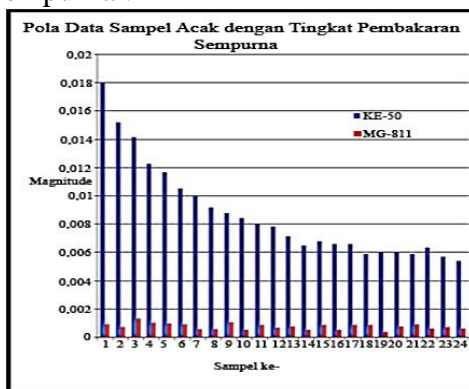
Setelah melakukan 5 kali percobaan pada sampel mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna, maka diperoleh nilai rata-rata *magnitude* sensor KE-50 dan MG-811. Pada Gambar 28 dapat dilihat nilai *magnitude* paling tinggi pada sampel ke-1. Nilai *magnitude* gas O₂ adalah 0,013 sedangkan gas CO₂ adalah 0,0014. Berikut dibawah ini adalah Grafik hasil pola data dengan tingkat pembakaran sempurna :



Gbr. 28 Grafik Hasil Pola Data Mobil Karburator dengan Tingkat Pembakaran Sempurna

2) *Analisa Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat Pembakaran Sempurna*

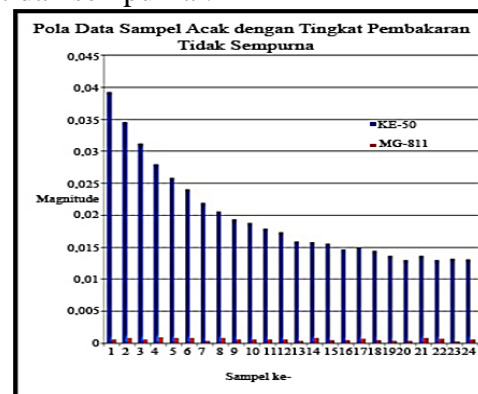
Setelah melakukan 3 kali percobaan pada sampel acak dengan tingkat pembakaran sempurna, maka diperoleh nilai rata-rata *magnitude* yang ditampilkan pada grafik. Pembakaran dikatakan sempurna jika nilai *magnitude* $O_2 \leq 0,013$ dan *magnitude* $CO_2 \geq 0,0014$. Nilai tersebut adalah nilai dari *magnitude* mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna yang dijadikan sebagai acuan dalam pengujian pada sampel acak. Pada Gambar 29 dapat dilihat nilai *magnitude* O_2 sampel acak adalah 0,008 dan *magnitude* CO_2 adalah 0,007. Nilai *magnitude* O_2 sampel acak ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai *magnitude* mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna. Sedangkan nilai *magnitude* CO_2 sampel acak ini juga mempunyai nilai *magnitude* yang lebih tinggi. Oleh karena itu, sampel acak ini dikatakan sampel acak dengan tingkat pembakaran sempurna. Berikut di bawah ini adalah Grafik hasil pola data sampel acak dengan tingkat pembakaran sempurna :



Gbr. 29 Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat pembakaran Sempurna

3) *Analisa Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat Pembakaran Tidak Sempurna*

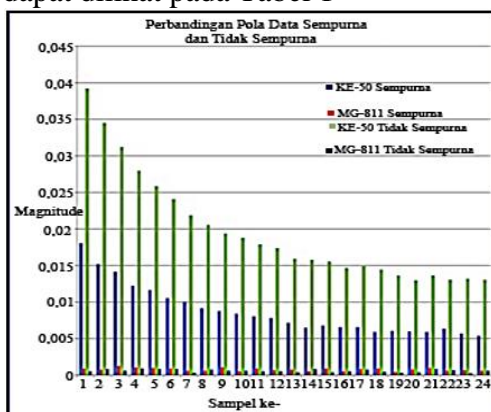
Setelah melakukan 3 kali percobaan pada sampel acak dengan tingkat pembakaran sempurna, maka diperoleh nilai rata-rata *magnitude* yang ditampilkan pada grafik. Pembakaran dikatakan sempurna jika nilai *magnitude* $O_2 \leq 0,013$ dan *magnitude* $CO_2 \geq 0,0014$. Nilai tersebut adalah nilai dari *magnitude* mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna yang dijadikan sebagai acuan dalam pengujian pada sampel acak. Pada Gambar 30 dapat dilihat nilai *magnitude* O_2 sampel acak adalah 0,018 dan *magnitude* CO_2 adalah 0,0005. Nilai *magnitude* O_2 sampel acak ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *magnitude* mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna. Sedangkan nilai *magnitude* CO_2 sampel acak ini juga mempunyai nilai *magnitude* yang lebih rendah. Oleh karena itu, sampel acak ini dikatakan sampel acak dengan tingkat pembakaran tidak sempurna. Berikut di bawah ini adalah Grafik hasil pola data sampel acak dengan tingkat pembakaran tidak sempurna :



Gbr. 30 Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat pembakaran Tidak Sempurna

4) *Analisa Grafik Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat Pembakaran Sempurna dan Tidak Sempurna*
 Gas CO_2 dan O_2 menunjukkan hasil pembakaran di dalam mesin. Semakin tinggi nilai CO_2 , maka semakin baik pembakaran yang terjadi. Sedangkan jika O_2 terlalu banyak keluar dari sisa gas buang menandakan proses pembakaran di mesin tidak optimal. Pada Gambar 31 dapat dilihat nilai *magnitude* O_2 dan CO_2 pembakaran

sempurna serta nilai *magnitude* O₂ dan CO₂ pembakaran tidak sempurna. Nilai *magnitude* O₂ pembakaran sempurna jauh lebih rendah dibandingkan nilai *magnitude* O₂ pembakaran tidak sempurna. Sedangkan nilai *magnitude* CO₂ pembakaran sempurna jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *magnitude* CO₂ pembakaran tidak sempurna. Nilai *magnitude* O₂ dan CO₂ serta tingkat pembakaran masing-masing sampel acak dapat dilihat pada Tabel 1



Gbr. 31 Grafik Perbandingan Hasil Pola Data Sampel Acak dengan Tingkat Pembakaran Sempurna dan Tidak Sempurna

No	Sampel Acak	Magnitudo		Tingkat Pembakaran	
		O ₂	CO ₂	Sempurna	Tidak Sempurna
1	Sampel Acak 1	0,018	0,0005		√
2	Sampel Acak 2	0,010	0,0006		√
3	Sampel Acak 3	0,017	0,0006		√
4	Sampel Acak 4	0,008	0,0007		√
5	Sampel Acak 5	0,013	0,0006		√
6	Sampel Acak 6	0,006	0,0005		√
7	Sampel Acak 7	0,012	0,0006		√
8	Sampel Acak 8	0,008	0,007	√	
9	Sampel Acak 9	0,017	0,0007		√
10	Sampel Acak 10	0,009	0,0005		√

Tbl. 1 Tabel Perbandingan Nilai Magnitude O₂ dan CO₂ Sampel Acak dengan Tingkat Pembakaran Sempurna dan Tidak Sempurna

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian setelah mengumpulkan beberapa sampel, melakukan pengujian dan analisa pada tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Sensor gas KE-50 memiliki sensitifas yang tinggi terhadap unsur gas O₂ sedangkan sensor MG-811 memiliki sensitifas yang kurang baik terhadap deteksi emisi gas buang tingkat pembakaran pada mobil berbahan bakar bensin

- Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dapat digunakan untuk memisahkan sinyal acak menjadi beberapa komponen frekuensi sehingga dapat diketahui nilai *magnitude* O₂ dan CO₂ terhadap deteksi tingkat pembakaran
- Sampel acak yang mempunyai hasil pola data dengan tingkat pembakaran sempurna mempunyai nilai *magnitude* O₂ ≤ 0,013 dan nilai *magnitude* CO₂ ≥ 0,0014 sedangkan Sampel acak yang mempunyai hasil pola data dengan tingkat pembakaran tidak sempurna mempunyai nilai *magnitude* O₂ > 0,013 dan nilai *magnitude* CO₂ < 0,0014
- Berdasarkan perbandingan pola data 10 sampel acak dengan 1 sampel mobil karburator dengan tingkat pembakaran sempurna dapat dinyatakan 1 sampel acak yaitu sampel acak 8 yang memiliki hasil pola data dengan tingkat pembakaran sempurna. Sedangkan 9 sampel acak yaitu sampel acak 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 dan 10 yang memiliki hasil pola data dengan tingkat pembakaran tidak sempurna.

B. Saran

Karena masih banyak terdapat kekurangan pada penulisan tugas akhir ini, maka penulis memberikan beberapa saran agar penelitian ini dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- Untuk memperoleh data yang lebih akurat hendaknya dilakukan penelitian atau pengujian lebih dari 10 kali.
- Penelitian tidak hanya difokuskan pada gas O₂ dan CO₂ saja, tetapi juga meneliti kadar gas lain yang terkandung dalam asap kendaraan berbahan bakar bensin seperti Hc, CO, dan No.
- Untuk melihat perubahan nilai tegangan sensor dengan jelas sebaiknya *delay* diperbesar sehingga dapat diambil data yang valid dari grafik yang ditampilkan.
- Disarankan untuk mengganti sensor MG-811 dengan sensor gas CO₂ yang lain karena sensor MG-811 kurang sensitif untuk memperoleh tegangan yang lebih akurat terhadap deteksi tingkat pembakaran pada mobil berbahan bakar bensin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Selanjutnya penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang tak lelah-lelahnya memberikan semangat dan dorongan baik dari segi materi maupun non materi. Seterusnya penulis ucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan dan kepada teman-teman yang masih berjuang untuk menyelesaikan tugas akhir, penulis doakan agar teman-teman diberikan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Husni Mubarak. Tanpa Tahun. Landasan teori. [http://comes.umy.ac.id/file.php/1/arsip/Arsip%20Konsultasi%20TA/BAB II_husni_mubarak_C2_1_.doc](http://comes.umy.ac.id/file.php/1/arsip/Arsip%20Konsultasi%20TA/BAB%20II_husni_mubarak_C2_1_.doc). (Diakses pada 16 april 2013)
- [2] Daryanto. 2003. Dasar-dasar Teknik Mobil. Jakarta. Bumi Aksara
- [3] Wahyudi, Cahyono. dkk. 2002. Bahan Ajar Pengetahuan Dasar Teknologi. Jakarta. Rineka Cipta
- [4] URL: <http://id.wikipedia.org/wiki/Karburator>. (Diakses pada 22 April 2013)
- [5] Anonim. Tanpa tahun. Proses pembakaran pada mesin. <http://www.majalahpendidikan.com/2011/10/proses-pembakaran-pada-mesin.html> (Diakses pada 23 April 2013)
- [6] URL:http://id.wikipedia.org/wiki/Emisi_gas_buang. (Diakses pada 2 April 2013)
- [7] Sutiman. 2004. *Upaya Pengendalian Pencemaran Udara Melalui Pengembangan Teknologi Motor Bensin dan EMS*. Universitas Negeri Yogyakarta. http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Bahan%20Seminar%20Nasional%20KPRN_1.pdf. Diakses tanggal 14 Mei 2013
- [8] Fraden, Jacob. 2010. Handbook of Sensors. Fourth Edition. Springer science+Business Media. USA
- [9] Figaro Group. 2006. Technical Information for KE-Series. http://www.figaro_sensor.com/products/O2.pdf. (Diakses pada 30 Maret 2013)
- [10] Anonymous. 2012. Mengenal Arduino Uno. <http://www.sahabat-informasi.com/2012/07/mengenal-arduino-uno.html>. (Diakses pada 9 April 2013)
- [11] Anonim. 2013. Membaca Tegangan Analog dengan Arduino. <http://rpprastio.wordpress.com/2013/02/09/membaca-tegangan-analog-dengan-arduino/>. (Diakses pada 27 Oktober 2013)
- [12] Tanudjaja, Harlianto. 2007. Pengolahan Sinyal Digital dan Sistem Pemrosesan Sinyal. Yogyakarta. Andi
- [13] Anonim. 2010. Mengenal FFT dan IFFT. <http://deeto88.wordpress.com/2010/09/28/mengenal-fft-iff/>. (Diakses pada 22 April 2013)
- [14] Hanwei electronics, mg-811 data sheet, <http://www.hwsensor.com>. (Diakses pada 20 Maret 2013)
- [15] Jans Hendry. Tanpa tahun. Mengapa kita membutuhkan FFT. <http://www.scribd.com/doc/60100313/Mengapa-Kita-Membutuhkan-FFT-dan-Contoh-Aplikasinya>. (Diakses pada 14 Mei 2013)
- [16] Pradipta, Nandra. Tanpa tahun. Implementasi Algoritma FFT (*Fast Fourier Transform*) pada Digital Signal Processor (DSP) TMS320C542. Makalah Seminar Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang
- [17] Darmayanti, Amalia Rizka. Tanpa tahun. Perancangan dan Sintesis Arsitektur Hardware IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) 32 Titik berbasis Bahasa Pemrograman VHDL. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang