

Rancang Bangun Diagnosa Trouble Engine Gasoline Dengan Sistem Fuel Injeksi Menggunakan Arduino Dan Visual Basic

Moch Baharuddin Yusup , Anang Widiatoro, ST., MT., IPM , Eddo Mahardika, S.ST., M.MT.
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Surabaya
rudiautobasrah@gmail.com, anangwidiatoro@yahoo.com, eddo.hutama@gmail.com

Abstract - The Otto motor with the Spark Ignition system is the basis of the gasoline engine process which consists of 3 main elements in its operation, namely the right compression pressure, the appropriate fuel-air mixture and strong and precise ignition. In general, the gasoline engine used today is a gasoline engine with an Electronic Fuel Injection (EFI) system.

In detecting the three main elements of the gasoline engine, using a variety of tools, including: compression tester to detect compression pressure, fuel pressure tester to detect fuel pressure, Special Service Tools for injector performance tests, Global Tech Stream for balance processes test and Spark Test on the spark plug and ignition coil by starting the engine for 5 seconds.

The design of this tool is made in order to detect disturbances in the three main elements, test the performance of the actuator in the form of the ignition coil and the injector using a 2 channel relay module with a time of 0.5 seconds and balance test through a cut off ignition coil for each engine cylinder using a 4 channel relay module with a time of 10. seconds of each relay. This trouble engine diagnostic tool uses Arduino Mega 2560 to manage data with displays in the form of a 0.96 "OLED module and Visual Basic 6.0 which can be processed into a PDF file. In addition, data is also stored by the Micro SD Card module in Csv format.

This research produces a tool that can detect the EFI gasoline engine trouble engine. At the pressure transmitter gauge, this tool can produce an accuracy percentage and an error percentage of 97.71% and 2.29% at a pressure of 0 - 1.2 MPa and 99.58% and 0.42% at a pressure of 0 - 1200 KPa on the detection of compression pressure and fuel pressure.

Keywords — Gasoline Engine, Electronic Fuel Injection System (EFI), Pressure Transmitter, Arduino Mega 2560, Visual Basic

Abstrak - Motor Otto dengan sistem Spark Ignition adalah dasar dari proses mesin bensin yang terdiri dari 3 unsur utama dalam pengoperasiannya yaitu tekanan kompresi yang tepat, campuran bahan bakar – udara yang sesuai dan pengapian yang kuat dan tepat. Pada umumnya, mesin bensin yang digunakan saat ini adalah mesin bensin dengan sistem Electronic Fuel Injection (EFI).

Dalam mendeteksi ketiga unsur utama mesin bensin tersebut, menggunakan alat yang bermacam – macam antara lain : *compression tester* untuk mendeteksi tekanan kompresi, *fuel pressure tester* untuk mendeteksi tekanan bahan bakar, *Special Service Tools* untuk tes kinerja injektor, *Global Tech*

Stream untuk proses *Balance Test* dan *Spark Test* pada busi dan *ignition coil* dengan cara start mesin selama 5 detik.

Perancangan alat ini dibuat agar dapat mendeteksi gangguan pada ketiga unsur utama tersebut, menguji kinerja aktuator berupa *ignition coil* dan *injektor* menggunakan modul relay 2 channel dengan waktu 0.5 sekon dan *balance test* melalui *cut off ignition coil* tiap cylinder mesin menggunakan modul relay 4 channel dengan waktu 10 detik tiap relay. Alat diagnosa *trouble engine* ini menggunakan *arduino mega 2560* untuk mengelolah data dengan display berupa modul OLED 0.96" dan *Visual Basic 6.0* yang dapat diolah menjadi file pdf. Selain itu data juga disimpan oleh modul *Micro SD Card* dengan format Csv.

Penelitian ini menghasilkan alat yang dapat mendeteksi *trouble engine* mesin bensin sistem *EFI*. Pada *pressure transmitter gauge* alat ini dapat menghasilkan persentase akurasi dan persentase error sebesar 97.71% dan 2.29% pada tekanan 0 – 1.2 MPa dan 99.58% dan 0.42% pada tekanan 0 – 1200 KPa pada pendeteksiian tekanan kompresi dan tekanan bahan bakar.

Kata Kunci — Mesin Bensin, Sistem Electronic Fuel Injection (EFI), Pressure Transmitter, Arduino Mega 2560, Visual Basic

I. PENDAHULUAN

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup[1].

Motor Otto dengan sistem *Spark Ignition* menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar – udara [1]. Bunga api yang digunakan berasal dari busi. Busi akan menyala saat campuran bahan bakar - udara mencapai rasio kompresi, temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong piston bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan *siklus Otto* dengan mempergunakan bahan bakar bensin[1].

Berdasarkan hal tersebut, maka terdapat tiga unsur utama yang menyebabkan mesin bensin dapat hidup yaitu tekanan kompresi silinder yang memadai, campuran udara - bahan

bakar yang cukup dan pengapian yang sesuai dengan timingnya. Jika salah satu dari ketiga unsur tersebut tidak tercapai atau tidak bekerja secara maksimal maka dapat dipastikan bahwa mesin bensin akan bermasalah bahkan mogok.

Untuk mengetahui tekanan kompresi mesin bensin menggunakan alat *compression tester*, mengetahui tekanan bahan bakar menggunakan *fuel pressure gauge* dan mengetahui problem pengapian menggunakan *balance test dan spark test* secara manual. Permasalahan yang sering timbul dari proses pemeriksaan ini adalah alat yang digunakan masih bersifat analog dan harus menggunakan beberapa alat yang berbeda, bahkan untuk spark test dilakukan dengan cara *starting* sekitar 5 detik.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat sekaligus memeriksa ketiga unsur utama mesin bensin dapat hidup tersebut secara bersamaan dan dapat memeriksa kondisi kinerja *ignition coil* dan *injektor*, sebagai alat diagnosa bagi teknisi dalam melakukan pemeriksaan dan menentukan sumber masalah dari mesin bensin secara cepat, tepat, efisien dan aman bagi benda kerja maupun teknisi.

Pada penelitian ini akan dirancang suatu alat yang dapat mendeteksi ketiga unsur utama mesin bensin dapat hidup sekaligus dalam satu alat yang elektronik yaitu pengukur tekanan kompresi digital, pengukur tekanan bahan bakar digital karena sistem mesin bensin saat ini menggunakan injeksi dan sistem *cut off* pengapian untuk menentukan silinder yang bermasalah serta dilengkapi dengan alat penguji kinerja aktuator *ignition coil dan injektor*.

A. Mesin Bensin

Mesin bensin atau *mesin Otto* yang ditemukan oleh *Nikolaus Otto* adalah mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis dengan bantuan percikan bunga api busi dalam proses pembakarannya.[1]

Pada mesin bensin, pencampuran bahan bakar dan udara terjadi sebelum masuk ke ruang bakar yang kemudian dikompresikan oleh piston di dalam ruang bakar dan dipercikkan bunga api listrik yang berasal dari busi. Hal ini yang menyebabkan mesin bensin disebut juga sebagai *spark ignition engine* [1]. Proses pembakaran tersebut menghasilkan ledakan di dalam ruang bakar sehingga mendorong piston untuk menggerakkan poros engkol dan terjadi perubahan gerak naik – turun piston menjadi gerak putar untuk didistribusikan ke roda – roda.

Pada mesin bensin, terdapat 3 syarat utama supaya mesin bensin dapat bekerja yaitu :[1]

1. Tekanan kompresi ruang bakar yang cukup
2. Pencampuran bahan bakar dan udara yang sesuai dengan kondisi mesin
3. Waktu penyalan (*timing ignition*) yang tepat dengan percikan bunga api listrik yang kuat.

B. Tekanan Kompresi Pada Mesin Bensin

Tekanan kompresi adalah tekanan efektif rata – rata yang dihasilkan dari dorongan piston di dalam ruang bakar. Terdapat dua tekanan kompresi yaitu tekanan kompresi motorik dan tekanan kompresi pembakaran.[1]

Tekanan kompresi motorik adalah tekanan yang diukur melalui lubang busi dengan menggunakan *compression tester* dan membuka katup *throttle* gas secara penuh dan menstarter mesin selama 5 – 10 detik hingga mendapatkan angka penunjukan tertinggi pada skala pembacaan di *compression tester* dengan satuan MPa . Tekanan kompresi motorik pada mesin bensin umumnya berada di kisaran 900 – 1200 KPa atau 0.9 – 1.2 MPa.

C. Sistem Bahan Bakar EFI Pada Mesin Bensin

Sistem bahan bakar yang banyak diterapkan pada mesin saat ini adalah sistem bahan bakar dengan sistem *Electronic Fuel Injection (EFI)* sebagai penyempurna dari sistem bahan bakar konvensional (karburator).

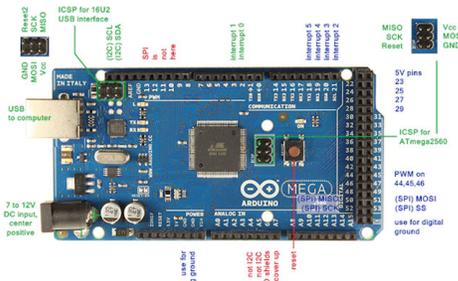
EFI (Electronic Fuel Injection) adalah suatu sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol oleh *ECU (Engine Control Unit)* agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan motor bakar, sehingga didapatkan daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan.[2]

D. Sistem Pengapian Pada Mesin Bensin

Sistem pengapian kendaraan merupakan sistem yang berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat dan tepat pada busi untuk memulai proses pembakaran [3]. Waktu penyalan bunga api listrik harus tepat pada akhir langkah kompresi supaya mendapatkan hasil pembakaran yang baik dan efektif sesuai dengan kecepatan dan kondisi mesin yang berubah – ubah. Sistem pengapian ini terdiri dari peralatan yang menghasilkan tegangan tinggi (*ignition coil*) supaya mendapatkan percikan bunga api listrik yang kuat pada busi dan dapat membakar campuran bahan bakar – udara yang terkompresi di dalam ruang bakar [4].

E. Arduino Mega 2560

Arduino Mega adalah salah satu jenis arduino yang menggunakan *processor Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital I/O (15 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART, 2 x 3 pin ICSP (untuk memprogram arduino dengan software lain) dan kabel USB komputer yang sekaligus digunakan sebagai sumber tegangan [5] [6].



Gambar 1. Arduino Mega 2560

F. Pressure Sensor Transmitter

Sensor adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan secara fisik. *Pressure transmitter* adalah suatu sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tekanan udara dan tekanan zat cair. *Pressure transmitter* dilengkapi dengan rangkaian *signal conditioning*, sehingga dapat sinyal dari sensor tekanan dapat dikirimkan ke komputer. *Pressure transmitter* terbuat dari *stainless steel* sehingga tidak mudah berkarat.

Tegangan output sensor (V Out) tergantung pada tegangan suplai (VCC) dan tekanan dengan rumus :

$$V_{Out} = V_{cc} \times (0,75 \times p + 0,1) \dots \dots (1) [7]$$

Dimana:

- V Out : Tegangan keluaran (output) sensor (V)
- Vcc : Tegangan suplai (input) sensor (V)
- P : Tekanan yang bekerja pada sensor (KPa)



Gambar 2. Pressure Transmitter

G. Microsoft Visual Basic 6.0

Microsoft Visual Basic 6.0 adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat aplikasi *Windows* berbasis grafis (*GUI-Grapical User Interface*) guna melakukan dan menyelesaikan tugas-tugas tertentu [8].

Microsoft Visual Basic merupakan *event-driven programming* (pemrograman terkendali kejadian) artinya program menunggu sampai adanya respon dari pemakai berupa event atau kejadian tertentu (tombol diklik, menu dipilih, dan lain-lain). Kata *BASIC* di Visual Basic adalah singkatan dari *Beginners' All-purpose Symbolic Instruction Code* yang merupakan awal dari bahasa-bahasa pemrograman tingkat tinggi lainnya [8].

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

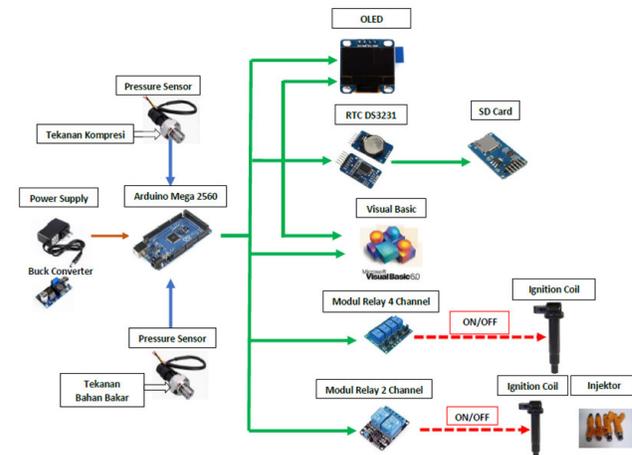
Pada penelitian ini, peneliti merancang dan membangun suatu alat yang dapat mendiagnosa masalah yang terjadi pada mesin bensin dengan sistem *fuel injeksi* sehingga dapat menentukan silinder yang bermasalah dan komponen penyusun yang bermasalah pada silinder tersebut terkait tekanan bahan bakar, tekanan kompresi dan sistem pengapian pada silinder tersebut.

Diawali dengan merancang dan membuat desain dari sistem sensor dan mikrocontroller alat, Kemudian membuat program dan mengolah data dari sistem pada alat ini dengan menggunakan *OLED 0.96"* dan *Microsoft Visual Basic* untuk menampilkan data yang dihasilkan dari tekanan bahan bakar, tekanan kompresi tiap silinder dan proses *cut off* modul relay 4 channel.

Kemudian sebagai langkah terakhir adalah melakukan pengujian alat ukur yang telah dibuat berdasarkan ketelitian alat dan tingkat akurasi alat serta rentang pengukuran yang dapat diukur oleh alat dengan melakukan perbandingan menggunakan alat ukur *pressure analog*. Dalam penelitian ini, juga menggunakan studi literatur yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

B. Diagram Blok Sistem

Adapun proses tahapan pertama dalam penelitian ini, secara keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem.

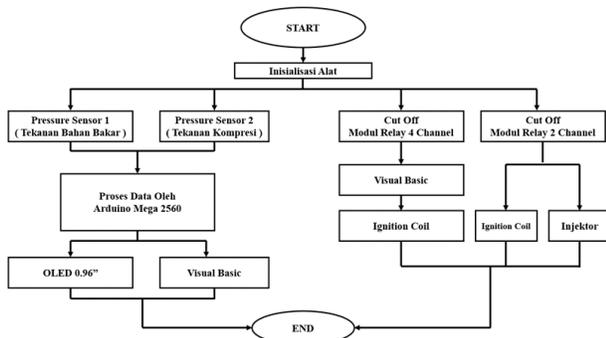
1. *Input*, merupakan komponen yang berfungsi sebagai media masukan data yaitu pendeteksi ukuran tekanan udara dan bahan bakar berupa sensor *pressure transmitter G1 – 1/4 – 12 B – DC 5V* [9]. *Pressure sensor* ini menggunakan *strain gauge* untuk mengubah nilai hambatan listrik dari catu daya ke sensor sesuai besar tekanan yang diterima oleh *strain gauge* sehingga mampu membaca perubahan tekanan

dengan mengubah nilai tegangan output yang diterima.

2. *Process*, merupakan komponen yang berfungsi untuk mengolah data inputan yang didapatkan dari sensor dan mengubahnya menjadi keluaran untuk sistem monitoring. Pada rancang bangun ini, komponen – komponen yang berfungsi sebagai pengolah data adalah *mikrokontroller Arduino Mega 2560, Modul RTC DS 3231*.
3. *Output*, merupakan komponen yang berfungsi sebagai hasil keluaran pengelolaan data dari komponen process sehingga dapat ditampilkan secara visual. Pada rancang bangun ini komponen yang berfungsi sebagai output yaitu *Display OLED 0.96”, Microsoft Visual Basic, Modul adapter SD Card, Modul relay 2 channel dan Modul relay 4 channel sebagai cut off ignition coil*.

C. Diagram Alur Sistem

Berikut adalah diagram alur dari proses kerja alat diagnosa mesin bensin ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Sistem

Berikut adalah penjelasan diagram alur sistem alat diagnosa mesin bensin adalah:

1. Mulai dengan mengaktifkan *power supply*
2. Proses inisialisasi alat
3. *Pressure sensor* akan mendeteksi tekanan kompresi dan tekanan bahan bakar
4. Mengirim signal data ke *Arduino Mega 2560* sebagai mikrokontroller
5. Mengolah dan memproses data oleh *Arduino Mega 2560*
6. Mengirim hasil pengolahan data untuk ditampilkan pada display *OLED 0.96”* dan *visual basic*.
7. *Cut Off modul relay 4 channel* pada *ignition coil* dilakukan sebagai pengganti proses *balance test* untuk menentukan silinder yang bermasalah.

8. *Cut Off modul relay 2 channel* dioperasikan untuk menguji kinerja *injektor dan ignition coil*.
9. Selesai.

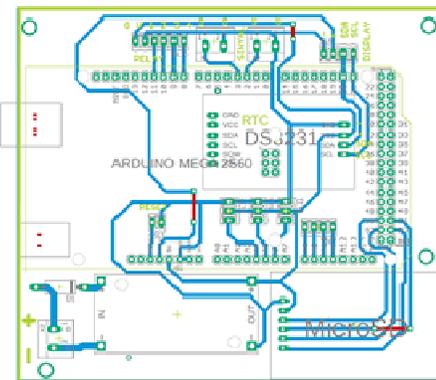
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Papan Control Board

Modul papan control board (PCB) pada alat diagnosa trouble engine gasoline sistem EFI terdiri dari beberapa komponen – komponen berikut:

1. Mikrokontroller Arduino Mega 2560
2. Modul RTC DS3231
3. Modul SD Card
4. SD Card
5. Modul LM 2596
6. Modul relay 4 channel
7. Modul relay 2 channel
8. Modul display OLED 0.96”

Berikut adalah wiring rangkaian semua komponen elektronika ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Papan Control Board Hardware

B. Pengujian Modul OLED 0.96”

Pengujian modul Oled 0.96” dengan mengoperasikan modul Oled 0.96” dan harus dapat menampilkan tanggal, waktu, besar nilai tekanan *pressure sensor* dan besar nilai tegangan (V Out) *pressure sensor*.



Gambar 6. Tampilan OLED 0.96”

C. Pengujian Modul Relay 4 Channel.

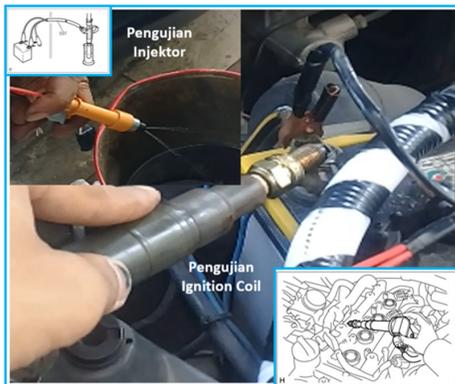
Pengujian *modul relay 4 channel* dilakukan untuk memastikan bahwa proses *cut off* pada *ignition coil* dapat berlangsung selama 10 detik tiap silinder agar dapat memastikan silinder mesin yang bermasalah. Proses pengujian ini terkait dengan lama melakukan *cut off* dan efek yang diberikan pada mesin bensin saat dilakukan *cut off* pada tiap silinder mesin. Proses ini juga akan ditampilkan pada layar laptop *Visual Basic* untuk mengetahui *ignition coil* yang sedang di *cut off* saat itu.



Gambar 7. Proses Cut Off Ignition Coil Oleh Modul Relay 4 Channel

D. Pengujian Modul Relay 2 Channel

Pengujian *modul relay 2 channel* dilakukan untuk melakukan *cut off* selama 0.5 detik pada aktuator berupa *ignition coil* dan *injektor*. Hal ini bertujuan untuk dapat menguji kinerja *ignition coil* terhadap kerusakan dengan memperhatikan percikan api yang dihasilkan oleh *ignition coil* tersebut dan kinerja *injektor* terhadap model semprotan supaya mempermudah proses diagnosa *trouble engine gasoline sistem EFI* [10].



Gambar 8. Pengujian Ignition Coil Dan Injektor Oleh Modul Relay 2 Channel

E. Pengujian Sensor Pressure Transmitter

Pengujian sensor *pressure transmitter* dilakukan untuk mengetahui besar tekanan yang dapat terukur oleh sensor. Tekanan akan diubah oleh sensor dengan mengubah hambatan

listrik pada *strain gauge* didalam sensor sehingga didapatkan nilai tegangan yang bervariasi sebagai konversi dari besar tekanan yang diterima oleh sensor.

5.1. Pengujian Tegangan Offset

Tegangan offset adalah tegangan yang terukur saat sensor masih belum menerima tekanan atau dalam artian besar tekanan = 0 MPa.



Gambar 9. Tegangan Offset Pressure Sensor Transmitter

5.2. Pengujian Perbandingan Dengan Alat Ukur Pabrik

Pengujian pembacaan *pressure sensor* dengan alat ukur untuk mengetahui besar persentase kesalahan dan persentase akurasi *pressure sensor* dengan menggunakan rumus teoritis yaitu

$$P1 : V_{Out} = VCC \times (0.75 \times P + 0.1) - 0.47 \text{ dan}$$

$$P2 : V_{Out} = VCC \times (0.75 \times P + 0.1) - 0.46$$

Dengan besar $VCC = 5 \text{ Volt}$

Hasil pembacaan *pressure sensor* P1 pada batas atas tekanan sebesar **975.68 KPa** dengan batas atas tegangan **3.54 V** untuk mendapatkan tekanan **1200 KPa** sesuai alat ukur pabrik maka berdasarkan rumus

$$VCC = V_{Out} \div (0.75 \times P + 0.1) + 0.47 \text{ didapatkan besar } VCC = 4.72 \text{ V}$$

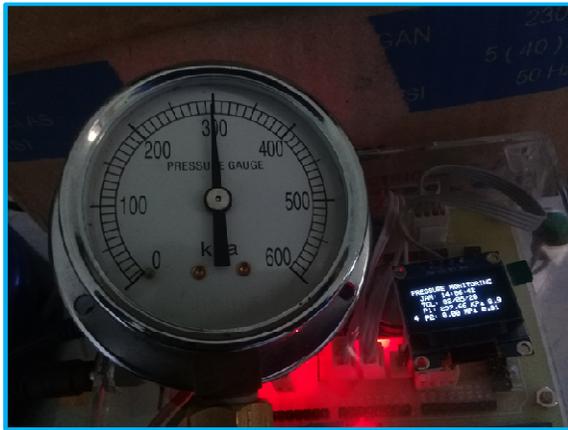
Jika $VCC = 4.72 \text{ V}$ maka besar V_{Out} adalah **4.25 V** dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{Out} &= VCC \times (0.75 \times P + 0.1) - 0.47 \\ &= 4.72 \times (0.75 \times 1.2 + 0.1) - 0.47 \\ &= 4.25 \text{ V.} \end{aligned}$$

Maka program kalkulasi software arduino akan menjadi

```
void read_sensor(){
    V = analogRead(A4) * 5.00 / 1023;
    V = (V - OffSet);
    if (V < 0){V = 0;}
    P = maps(V, 0, 4.25 - OffSet, 0, 1200);
    if ( P < 0)P = 0;
```

Proses perbandingan antara alat ukur *fuel pressure gauge tester* buatan pabrik dengan alat ukur tekanan bahan bakar buatan digital pada satuan KPa ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Pembacaan P1 (KPa)

Hasil pembacaan perbandingan alat ukur *fuel pressure gauge* dengan tekanan bahan bakar buatan digital pada range tekanan 0-1200 KPa ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Persentase Error Dan Akurasi Pada P1 (KPa)

Tekanan Alat Ukur 1 (KPa)	Tekanan Sensor 1 (KPa)	Tegangan Output (V)	Error Tekanan	Persentase Error	Persentase Akurasi
0	0	0	0	0.00%	0.00%
100	99.05	0.31	0.95	0.95%	99.05%
200	198.36	0.63	1.64	0.82%	99.18%
300	297.66	0.94	2.34	0.78%	99.22%
400	398.65	1.12	1.35	0.34%	99.66%
500	498.32	1.42	1.68	0.34%	99.66%
600	598.65	1.69	1.35	0.23%	99.78%
700	698.74	1.98	1.26	0.18%	99.82%
800	798.65	2.32	1.35	0.17%	99.83%
900	898.77	2.64	1.23	0.14%	99.86%
1000	998.66	2.92	1.34	0.13%	99.87%
1100	1098.97	3.25	1.03	0.09%	99.91%
1200	1198.76	3.54	1.24	0.10%	99.90%
Rata - Rata persentase error dan akurasi				0.36%	99.47%

Proses pengujian *pressure sensor 2* dengan mengkalkulasi besar VCC pada tegangan atas saat nilai tekanan atas sesuai alat ukur pabrikan dengan rumusan **V Out=VCC×(0.75 ×P+0.1) -0.46** maka **VCC=VOut÷(0.75 ×P+0.1)+0.46** Dengan hasil pembacaan sensor pada batas atas tekanan sebesar **0.98 MPa** dengan batas atas tegangan **3.4 V** untuk

mendapatkan tekanan **1.2 MPa** sesuai alat ukur pabrikan maka berdasarkan rumus

$$VCC = \frac{V_{Out}}{(0.75 \times P + 0.1)} + 0.46$$

didapatkan besar **VCC = 4.5 V**

Jika **VCC = 4.5 V** maka besar V Out adalah **4.04 V** dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{Out} = VCC \times (0.75 \times P + 0.1) - 0.46$$

$$= 4.5 \times (0.75 \times 1.2 + 0.1) - 0.46$$

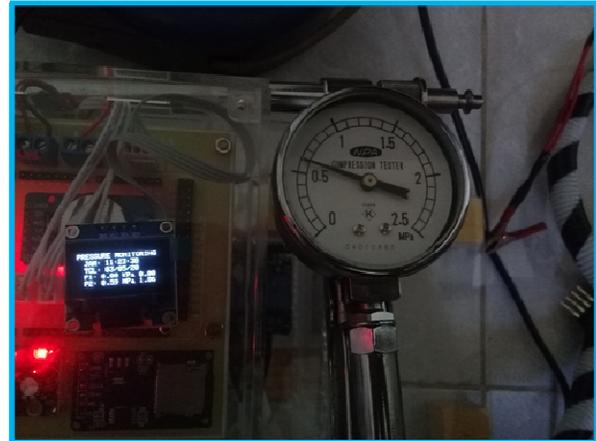
$$= 4.04 V.$$

Maka program kalkulasi software arduino akan menjadi

```

V2 = analogRead(A5) * 5.00 / 1023;
V2 = (V2 - OffSet2);
if (V2 < 0) {V2 = 0;}
P2 = map(V2, 0, 4 - OffSet2, 0, 1.2);
if (P2 < 0) P2 = 0;
}
    
```

Proses perbandingan antara alat ukur *compression tester* buatan pabrik dengan alat ukur tekanan kompresi buatan digital pada satuan MPa ditunjukkan pada gambar 11.



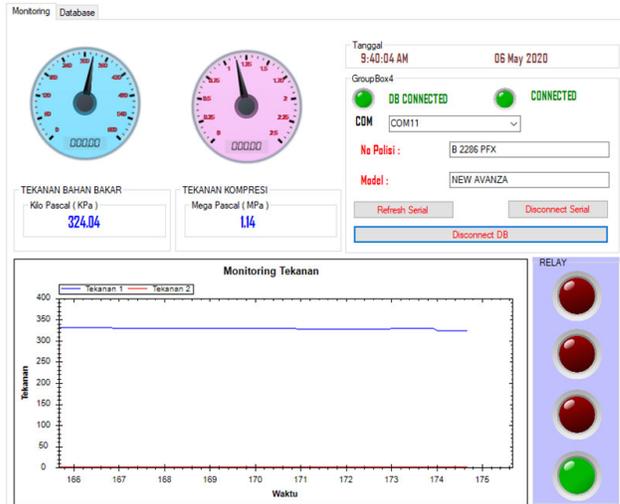
Gambar 11. Perbandingan Pembacaan P2 (MPa)

Hasil pembacaan perbandingan alat ukur *compression tester* dengan tekanan kompresi buatan digital pada range tekanan 0 - 1.2 MPa ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Persentase Error Dan Akurasi Pada P2

Tekanan Alat Ukur 2 (MPa)	Tekanan Sensor 2 (MPa)	Tegangan Output (V)	Error Tekanan	Persentase Error	Persentase Akurasi
0	0	0	0	0.00%	0.00%
0.1	0.09	0.32	0.01	10.00%	90.0%
0.2	0.19	0.65	0.01	5.00%	95.0%
0.3	0.29	0.96	0.01	3.33%	96.7%
0.4	0.39	1.24	0.01	2.50%	97.5%
0.5	0.49	1.56	0.01	2.00%	98.0%
0.6	0.59	1.86	0.01	1.67%	98.3%
0.7	0.69	1.99	0.01	1.43%	98.6%
0.8	0.79	2.33	0.01	1.25%	98.8%
0.9	0.89	2.62	0.01	1.11%	98.9%
1	0.99	2.96	0.01	1.00%	99.0%
1.1	1.09	3.12	0.01	0.91%	99.1%
1.2	1.19	3.4	0.01	0.83%	99.2%
Rata - Rata persentase error dan akurasi				2.59%	94.6%

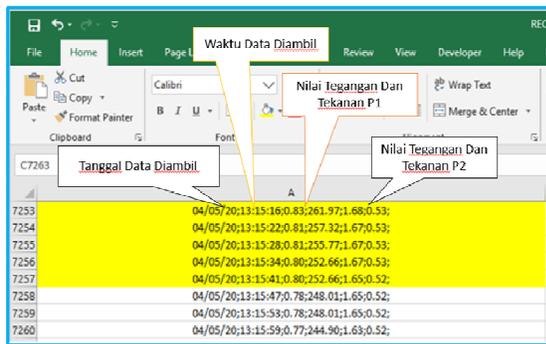
Selain itu terdapat tampilan pengoperasian modul relay 4 channel saat bekerja meng cut off sistem pengapian untuk balance test. Pada visual basic data yang diterima secara real time dan dapat disimpan dalam bentuk PDF dan dapat diprint.



Gambar13. Tampilan Menu Monitoring Pada Visual Basic

F. Pengujian Modul Micro SD Card

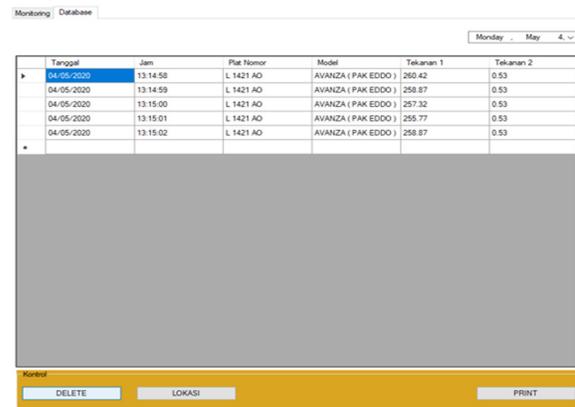
Pada rancang bangun ini, data olahan akan disimpan ke dalam *micro SD Card* dengan bantuan modul *SD Card* dan *RTC DS3231* sebagai penginput waktu pengambilan data secara real time. Data yang telah tersimpan di dalam *micro SD Card* akan dapat ditampilkan pada laptop dengan di ekspor *Microsoft excel* dalam bentuk data *Csv*.



Gambar 12. Tampilan Hasil Data Pada Micro SD Card

G. Pengujian Tampilan Microsoft Visual Basic

Pengujian tampilan *visual basic* dilakukan untuk menampilkan dan mengambil data pada laptop dengan interface secara langsung. Pengujian ini terkait data tekanan yang diterima oleh pressure sensor beserta tampilan grafik tekanan dengan satuan KPa dan MPa.



Gambar 14. Tampilan Menu Database Pada Visual Basic

Laporan Kondisi Tekanan

Jam	Tanggal	Tekanan 1	Tekanan 2	Plat Nomor	Model
09:40:10	06/05/2020	324.04	1.14	B 2286 PFX	NEW AVANZA
09:40:11	06/05/2020	324.04	1.14	B 2286 PFX	NEW AVANZA
09:40:12	06/05/2020	324.04	1.13	B 2286 PFX	NEW AVANZA
09:40:13	06/05/2020	325.59	1.14	B 2286 PFX	NEW AVANZA

Gambar 15. Hasil Print Database Format PDF

H. Pengujian Alat Secara Keseluruhan Pada Mobil Mesin Bensin

Alat diagnosa trouble mesin bensin EFI secara keseluruhan terdiri dari beberapa bagian yaitu mikrokontroler

dengan PCB, adapter test kompresi, adapter pipa T test tekanan bahan bakar, kabel *cut off ignition coil 3 pin*, kabel *cut off ignition coil 4 pin* dan kabel uji *ignition coil dan injektor*.



Gambar 16. Keseluruhan Sistem Alat Diagnosa Trouble Mesin Bensin EFI

Hasil pengujian alat diagnosa yang telah dilakukan pada 5 mobil ditunjukkan pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Pengujian Tekanan Bahan Bakar Pada 5 Mobil

NO	NO POLISI	MODEL	TEKANAN BAHAN BAKAR		% ERROR	% AKURASI
			ALAT UKUR (KPa)	ALAT BUATAN (KPa)		
1	B 1514 UFZ	ALPHARD	355	353.52	0.42%	99.58%
2	L 1599 DE	NEW AGYA	0	0	0.00%	0.00%
3	L 1421 AO	AVANZA	353	351.97	0.29%	99.71%
4	W 1235 YW	ERTIGA	373	370.58	0.65%	99.35%
5	L 1421 AO	AVANZA	355	353.52	0.42%	99.58%
RATA - RATA PERSENTASE ERROR DAN AKURASI					0.42%	99.58%

Tabel 4. Pengujian Tekanan Kompresi Pada 5 Mobil

NO	NO POLISI	MODEL	TEKANAN KOMPRESI		% ERROR	% AKURASI
			ALAT UKUR (MPa)	ALAT BUATAN (MPa)		
1	B 1514 UFZ	ALPHARD	0.45	0.44	2.22%	97.78%
2	L 1599 DE	NEW AGYA	0.9	0.88	2.22%	97.78%
3	L 1421 AO	AVANZA	1	0.99	1.00%	99.00%
4	W 1235 YW	ERTIGA	0.92	0.9	2.17%	97.83%
5	L 1421 AO	AVANZA	0.85	0.83	2.35%	97.65%
RATA - RATA PERSENTASE ERROR DAN AKURASI					2.29%	97.71%

Berdasarkan tabel 3 dan 4 maka besar persentase error sensor tekanan bahan bakar sebesar 0.42 % dan sensor tekanan kompresi sebesar 2.29 %. Besar persentase akurasi sensor tekanan bahan bakar sebesar 99.58 % dan sensor tekanan kompresi sebesar 97.71 %.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian dan pembuatan alat, maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Alat yang digunakan untuk mendeteksi ketiga unsur utama mesin bensin dapat beroperasi (mesin hidup) menggunakan mikrokontroler *Arduino Mega 2560* dengan tampilan data berupa *Microsoft visual basic*, *OLED 0.96"* dan *Microsoft excel* dengan format *Csv* dari *modul SD Card*. Adapun ketiga unsur utama mesin bensin pendeteksiannya antara lain : tekanan bahan bakar dengan *pressure sensor no 1*, tekanan kompresi menggunakan *pressure sensor no 2* dan sistem pengapian dengan menggunakan *cut off modul relay 4 channel*.
2. Problem pada salah satu silinder mesin bensin dapat ditentukan dengan menggunakan *modul relay 4 channel* secara *cut off* selama 10 detik tiap silinder dengan memperhatikan getaran mesin saat *cut off*. Setelah ditentukan silinder yang bermasalah maka pemeriksaan dilanjutkan dengan pemeriksaan *ignition coil* dan busi dengan menggunakan pengujian *cut off modul relay 2 channel*. Pemeriksaan dilanjutkan dengan tekanan kompresi, pada alat ini memiliki persentase error sebesar 2.29 % dan persentase akurasi sebesar 97.71 %. Pemeriksaan injektor dilakukan jika tekanan kompresi dan kinerja *ignition coil* dan busi dalam keadaan baik. Pemeriksaan tekanan bahan bakar dilakukan jika kondisi mesin tidak dapat beroperasi sama sekali atau mesin nyendat saat kondisi tertentu, pada alat ini tekanan bahan bakar terukur dengan persentasi error sebesar 0.42 % dan persentase akurasi sebesar 99.58 %.
3. Pemeriksaan kinerja aktuator berupa *injektor dan ignition coil* dilakukan oleh *modul relay 2 channel* dengan waktu masing – masing selama 0.5 detik. Pemeriksaan injektor dengan meng *cut off* tegangan positif injektor sebagai kontrol durasi penginjeksian. Pemeriksaan *ignition coil* dengan meng *cut off* tegangan *signal IGT 5V* sebagai pengganti waktu timing pengapian dasar.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Toyota.(2008). TEAM 21 Diagnostic Engine. Jakarta : PT TOYOTA ASTRA MOTOR
- [2] Ervandiyanto, Angga. (2019). Alat Tes Tekanan Dan Kebocoran Sistem Bahan Bakar EFI Di Sepeda Motor. Universitas Negeri Yogyakarta
- [3] Daryanto. (2002). Teknik Merawat Automobil Lengkap. Bandung: Yrama Widya
- [4] Septiawan Putra,Anggi, Nusyirwan, dan Maimuzar. (2017). Pengaplikasian Mikrokontroler Arduino UNO Pada Simulasi Sistem Pengapian Mesin Bensin 4 Langkah (4 Silinder). Politeknik Negeri Padang

- [5] Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc dan Dwi Prabowo, Yulian. (2018). Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino, Bandar Lampung : AURA
- [6] Santoso, Hari. (2017). Monster Arduino Versi 2. Malang: Elangsakti
- [7] Seed Technology. (2019). Data Sheet Pressure Transmitter : Seed Technology Co.
- [8] Kurniadi, Adi. (2002). Pemrograman Microsoft Visual Basic 6. Jakarta: Elex Media Komputindo. Hlm.6-8.
- [9] Setiawan, Muhamad Aji, dan Riyanto, Indra. (2019). Sistem Kendali Tekanan Udara Pada Kompresor Dengan Pengaturan Kecepatan Motor 3 Fasa. Universitas Budi Luhur Jakarta.
- [10] Pranoto, Aji, dan Purwanto, Adi. (2014). Analisa Kerusakan Dan Model Perawatan Injektor Pada Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektronik. Institut Sains Teknologi AKPRIND Yogyakarta