

Arduino Sensors Reveal Temperature-Driven Compression Fluctuations in Vehicle Engines: Sensor Arduino Mengungkap Fluktuasi Kompresi yang Didorong oleh Suhu pada Mesin Kendaraan

Ubaidillah Fikroh
Syamsudduha Syahririni

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Many modern vehicles suffer from engine trouble due to decreased compression pressure, necessitating a simple and efficient measurement tool. This study develops an Arduino-based device to measure engine compression and temperature using a pressure sensor in the spark plug location and a temperature sensor in the oil gauge, with results displayed on a 16x2 I2C LCD. Testing each engine cylinder before and after heating shows that compression pressure is strongly influenced by temperature (over 80%). The tool enhances engine diagnostics, offering precise, real-time monitoring to improve vehicle maintenance and longevity.

Highlight:

Real-time Monitoring: Provides precise, real-time engine diagnostics.

Temperature Influence: Compression pressure is 80% influenced by temperature.

Enhanced Maintenance: Offers accurate compression and temperature measurements.

Keyword: Engine trouble, Compression pressure, Arduino, Pressure sensor, Temperature sensor

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin tahun semakin bertambah, sesuai data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa setiap tahun mengalami peningkatan jumlah produksi kendaraan bermotor. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor tentunya harus diimbangi dengan perawatan dan perbaikan, karena itu menjadi kunci utama agar kondisi mesin terjaga dan menunjang keselamatan berkendara[1][2].

Salah satu penyebab performa mesin yang kurang bertenaga dikarenakan penurunan pada kompresi mesin, semakin lemahnya kompresi mesin tentunya berbanding lurus dengan performa yang di hasilkan[3]. Selain itu faktor usia mobil, jarak tempuh juga sangat berpengaruh, semakin muda umur mobil maka kualitas mesin juga semakin bagus artinya tekanan kompresinya juga tinggi di bandingkan dengan mobil yang sudah berjarak tempuh jauh[4]. Setiap mesin memiliki tekanan yang berbeda, dimana mesin diesel memiliki tingkat kompresi yang lebih tinggi di sekitar 15-30 sedangkan mesin bensin 5-12, hal itu dikarenakan setiap mobil memiliki cc yang berbeda dengan kapasitas mesin yang berbeda pula sehingga dengan lebih besarnya kompresi maka tenaga yang di hasilkan juga lebih besar[5][6].

Dengan cara pengecekan pada tiap silinder maka akan di peroleh hasil yang maksimal, selain itu suhu mesin pada saat pengukuran juga sangat berpengaruh terhadap hasil, semakin tinggi suhu maka tekanan kompresi juga semakin padat begitu juga sebaiknya, selisih pada pengukuran tiap silinder 0,5 Bar (7.2 Psi) masih di katagorikan normal, sedangkan apabila selisihnya melebihi batas tersebut dapat dikatakan terdapat masalah pada silinder tersebut[7][8][9].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuatlah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan kompresi kendaraan dengan batas tekanan 0-12 Bar, dengan menggunakan arduino R3 sebagai mikrokontrollernya yang terhubung dengan sensor tekanan dan sensor suhu DS18B20[10][11][12][13]. Dimana sensor tekanan dipasang pada tempat busi dan sensor suhu pada tempat pengecekan ketinggian oli sehingga dapat mengetahui pengaruh suhu ketika mesin diuji dalam kondisi mesin dingin serta kondisi ketika sudah melawati pemanasan mesin terlebih dahulu, dan menampilkan hasil pembacaan pada LCD 16x2 I2C agar mempermudah pembacaan dan mengetahui pada silinder manakah yang terjadi penurunan kompresi mesin[14][15][16][17].

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Research and Development. Dimana dilakukan perancangan terlebih dahulu selanjutnya pengujian terhadap alat.

Akan ada dua sensor yang akan terhubung dengan arduino yaitu sensor tekanan dan sensor suhu, dimana sensor tekanan akan di sambungkan ke tempat busi kendaraan yang berada di bagian silinder mesin sedangkan sensor suhu dipasang pada bagian tempat pengecekan ketinggian oli mesin kendaraan. Setelah di lakukan pengukuran hasil pengukuran akan di tampilkan pada LCD 16x2 I2C. Berikut merupakan blog diagram sistem yang digunakan pada Gambar 1.

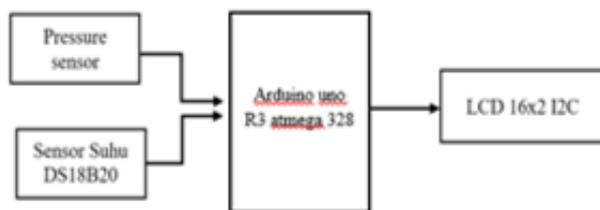


Figure 1. *Blog Diagram Sistem*

flowchart sistem menjelaskan cara kerja alat ukur tekanan kompresi dan suhu pada mesin kendaraan berbasis arduino, dimulai dari memasukkan program aplikasi software arduino IDE, setelah itu alat di jalankan untuk mengukur kompresi mesin dan suhu. Apabila sensor tekanan membaca data tekanan kompresi anantara 0-12 Bar dan sensor suhu dapat membaca suhu 0-125°C saat pengukuran serta hasilnya tampil pada layar LCD16x2 I2C maka alat siap digunakan. Apabila salah satu atau kedua sensor belum melakukan pembacaan atau tidak terbaca maka proses memasukkan coding dan pemasangan alat bisa di cek kembali. Berikut merupakan flowchart sistem yang digunakan pada Gambar 2.

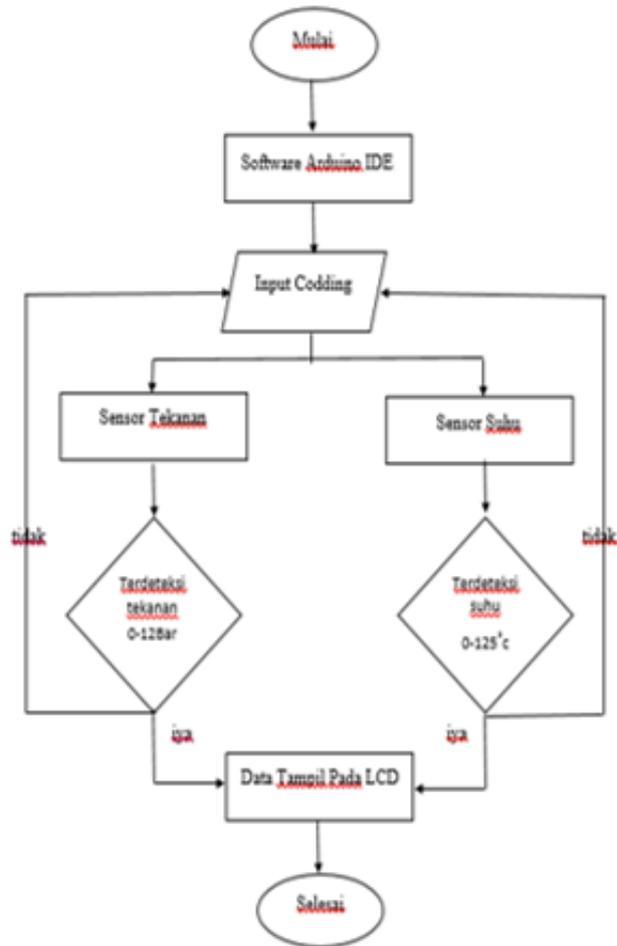


Figure 2. *Flowchart Sistem*

Pada tahapan perancangan software dijelaskan tahap pembuatan program, sehingga dapat menjalankan alat tersebut. Dari tahap-tahapan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:



```
skripsi_ubed | Arduino 1.8.19
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan

skripsi_ubed
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
OneWire oneWire(3);
DallasTemperature DS18B20(oneWire);

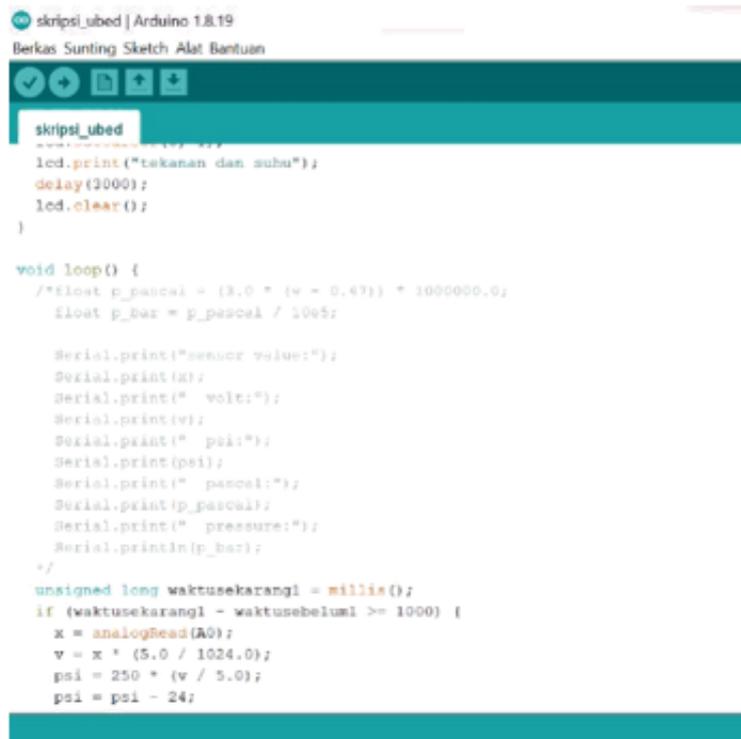
int x;
float v;
float psi;
float temp;

unsigned long waktusebelum1 = 0;
unsigned long waktusebelum2 = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  DS18B20.begin();
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("Monitoring");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("tekanan dan suhu");
  delay(3000);
}
```

Figure 3. Tampilan Program Sensor Suhu Dan Sensor Tekanan

Pada gambar 3. Merupakan tahap awal memulai pemrograman dengan memasukkan library LCD I2C dan library sensor suhu. Selain itu pada pemrograman tersebut juga memasukkan alamat pin pada sensor suhu.



```
skripsi_ubed | Arduino 1.8.19
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan

skripsi_ubed
  lcd.print("tekanan dan suhu");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  /*float p_pascal = (3.0 * (v - 0.47)) * 1000000.0;
  float p_bar = p_pascal / 10e5;

  Serial.print("sensor value:");
  Serial.print(x);
  Serial.print(" volt:");
  Serial.print(v);
  Serial.print(" psi:");
  Serial.print(psi);
  Serial.print(" pascal:");
  Serial.print(p_pascal);
  Serial.print(" pressure:");
  Serial.println(p_bar);
  */
  unsigned long waktusekarang1 = millis();
  if (waktusekarang1 - waktusebelum1 >= 1000) {
    x = analogRead(A0);
    v = x * (5.0 / 1024.0);
    psi = 250 * (v / 5.0);
    psi = psi - 24;
  }
}
```

Figure 4. Lanjutan Program Sensor Suhu Dan Sensor Tekanan

pada Gambar 4. Merupakan tahap lanjutan dari pemrograman awal yang sudah di buat, dimana pada tahap ini berfungsi memasukkan pin sensor tekanan dan rumus agar dapat nilai psi serta digunakan untuk kalibrasi sensor tekanan.

```
skripsi_ubed | Arduino 1.8.19
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan

skripsi_ubed
// ...
if (waktusekarang1 - waktusebelum1 >= 1000) {
  x = analogRead(A0);
  v = x * (5.0 / 1024.0);
  psi = 250 * (v / 5.0);
  psi = psi - 24;
  if (psi < 1) {
    psi = 0;
  }
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("PSI = ");
  lcd.print(psi);
  lcd.print(" ");
  waktusebelum1 = millis();
}
unsigned long waktusekarang2 = millis();
if (waktusekarang2 - waktusebelum2 >= 500) {
  DS18B20.requestTemperatures();
  temp = DS18B20.getTempCByIndex(0);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Suhu = ");
  lcd.print(temp);
  lcd.print(" (char)223);
  lcd.print("C ");
  waktusebelum2 = millis();
}
}
```

Figure 5. Tahap Akhir Pemrograman

Pada Gambar 5. Merupakan tahap akhir dari pemrograman berisi tentang fungsi menampilkan hasil ke layar LCD

Pada penelitian kali ini, ada beberapa komponen yang digunakan dalam perancangan hardware seperti berikut.

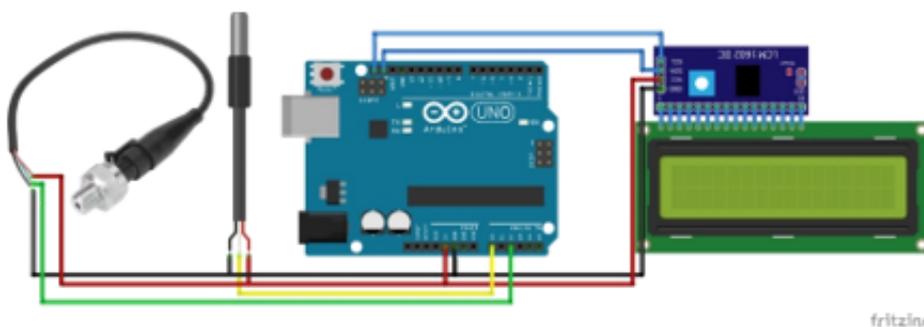


Figure 6. *Skema Rangkaian*

Gambar 6. Merupakan skema rangkaian dari system yang dibuat pada penelitian ini. Pin ground sensor tekanan dan sensor suhu terhubung dengan ground pada arduino dan pin vcc terhubung dengan pin 5v pada arduino. pin data pada sensor suhu terhubung pada analog in A3 pada arduino sementara pin data pada sensor tekanan terhubung dengan analog in A0 pada arduino. LCD 16x2 terhubung dengan modul I2C, dimana pin SDA dan SCL pada modul terhubung pada pin ICSP2 pada arduino.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga jenis mobil yang berbeda dengan dua waktu pengukuran yang berbeda sebelum dan sesudah proses pemanasan mesin, dimana pengujian dilakukan pada tiap silinder mesin kendaraan.

Merk dan Jenis Kendaraan	Suzuki, Carry Pick Up
Type Kendaraan	ST130
Tahun Pembuatan	1994
Cc Kendaraan Dan Jumlah Silinder	1360cc / 4 Silinder
Km Akhir Pemakaian	765.899Km
Tanggal Pengambilan Data	24 Mei 2023

Table 1. *Spesifikasi Mobil Carry Yang Akan Di Uji*



Figure 7. *Pengukuran Pada Mobil Suzuki Carry*

Gambar 7. Merupakan pengambilan data dilakukan pada mobil suzuki carry pick up, sensor suhu terletak pada tempat pengukuran oli mesin sementara sensor tekanan terletak pada tempat busi mobil, selanjutnya dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah pemanasan mesin.

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	4.8 Bar	35.5 °C	Terdapat penurunan pada silinder kedua dan ketiga
2	4.0 Bar	35.5 °C	
3	4.5 Bar	35.5 °C	
4	4.8 Bar	35.5 °C	

Table 2. *Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Carry Sebelum pemanasan mesin*

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	5.1 Bar	54.5 °C	Terdapat penurunan pada silinder kedua dan ketiga
2	4.8 Bar	54.5 °C	

3	4.3 Bar	54.5°C
4	5.1 Bar	54.5°C

Table 3. Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Carry Sesudah pemanasan mesin

S etelah melewati pengambilan data pada mesin kendaraan sebelum dan sesudah proses pemanasan mesin , selanjutnya menghitung hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan menggunakan rumus korelasi rank spearman.

No	Tekanan (x)	Suhu (y)	Rank (x)	Rank (y)	di
1	4.8 bar	34.5°C	2.5	2.5	0
2	4.0 bar	34.4°C	5	2.5	2.5
3	4.5 bar	34.2°C	3	2.5	0.5
4	4.8 bar	34.2°C	2.5	2.5	0
5	5.1 bar	54.5°C	1.5	1.5	0
6	4.3 bar	54.3°C	4	1.5	2.5
7	4.8 bar	54.5°C	2.5	1.5	1
8	5.1 bar	54.4°C	1.5	1.5	0
jumlah					13.75

Table 4. Tabel Penolong Perhitungan Korelasi Rank Spearman

Dari kedua data yang sudah di peroleh langkah berikutnya dilanjutkan dengan menghitung rho, agar dapat menegetahui hubungan antara kenaikan suhu dan kenaikan tekanan[18][19]

Karena hasil rho 0.84 maka dikategorikan kuat, hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan kompresi. Hal itu dapat dilihat pada tabel 4.4 interpretasi data korelasi rank spearman.

Koefisien determinasi

Rumus :

Dari perhitungan koefisien determinasi di atas maka dapat disimpulkan bahwa variabel kenaikan tekanan dipengaruhi oleh kenaikan suhu sebesar 70% sisanya dipengaruhi oleh variabel yang lain.

Merk dan Jenis Kendaraan	Honda Jazz
Type Kendaraan	Idsi
Tahun Pembuatan	2007
Cc Kendaraan Dan Jumlah Silinder	1500cc / 4 Silinder
Km Akhir Pemakaian	276.439Km
Tanggal pengambilan data	24 Mei 2023

Table 5. Spesifikasi Mobil Jazz Yang Akan Di Uji



Figure 8. Pengukuran Pada Mobil Honda Jazz

Gambar 8. Merupakan pengambilan data dilakukan pada mobil honda jazz, sensor suhu terletak pada tempat pengukuran oli mesin sementara sensor tekanan terletak pada tempat busi mobil, selanjutnya dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah pemanasan mesin.

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	7.7 Bar	34.4 °C	Terdapat penurunan pada silinder keempat
2	7.7 Bar	34.4 °C	
3	7.7 Bar	34.4 °C	
4	7.1 Bar	34.4 °C	

Table 6. Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Jazz sebelum pemanasan mesin

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	8.4 Bar	67.7 °C	Terdapat penurunan pada silinder keempat
2	8.4 Bar	67.7 °C	
3	8.4 Bar	67.7 °C	
4	7.4 Bar	67.7 °C	

Table 7. Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Jazz Sesudah pemanasan mesin

Setelah melewati pengambilan data pada mesin kendaraan sebelum dan sesudah proses pemanasan mesin, selanjutnya menghitung hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan menggunakan rumus korelasi rank spearman.

No	Tekanan (x)	Suhu (y)	Rank (x)	Rank (y)	di
1	7.7 bar	34.4 °c	3.5	2.5	1
2	7.7 bar	34.4 °c	3.5	2.5	1

3	7.7 bar	34.4°c	3.5	2.5	1
4	7.1 bar	34.4°c	4	2.5	1.5
5	8.4 bar	67.7°c	1.5	1.5	0
6	8.4 bar	67.7°c	1.5	1.5	0
7	8.4 bar	67.7°c	1.5	1.5	0
8	7.8 bar	67.7°c	2	1.5	0.5
jumlah					5.5

Table 8. *Tabel Penolong Perhitungan Korelasi Rank Spearman*

Dari kedua data yang sudah di peroleh langkah berikutnya dilanjutkan dengan menghitung rho, agar dapat menegetahui hubungan antara kenaikan suhu dan kenaikan tekanan[18][19].

Karena hasil rho 0.93 maka dikategorikan kuat, hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan kompresi pada saat proses pengukuran. Hal itu dapat dilihat pada tabel 4.9 interpretasi data korelasi rank spearman.

Koefisien determinasi

Rumus :

Dari perhitungan koefisien determinasi di atas maka dapat disimpulkan bahwa variabel kenaikan tekanan dipengaruhi oleh kenaikan suhu sebesar 86% sisanya dipengaruhi oleh variabel yang lain.

Merk dan Jenis Kendaraan	Suzuki Ertiga
Type Kendaraan	Vvt
Tahun Pembuatan	2013
Cc Kendaraan Dan Jumlah Silinder	1500cc / 4 Silinder
Km Akhir Pemakaian	157.479km
Tanggal Pengambilan Data	24 Mei 2023

Table 9. *Spesifikasi Mobil Ertiga Yang Akan Di Uji*



Figure 9. Pengukuran Pada Mobil Suzuki Ertiga

Gambar 9. Merupakan pengambilan data dilakukan pada mobil suzuki ertiga, sensor suhu terletak pada tempat pengukuran oli mesin sementara sensor tekanan terletak pada tempat busi mobil, selanjutnya dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah pemanasan mesin.

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	5.8 Bar	34.5 °C	Terdapat penurunan pada silinder ketiga
2	5.8 Bar	34.5 °C	
3	4.9 Bar	34.5 °C	
4	5.8 Bar	34.5 °C	

Table 10. Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Ertiga Sebelum pemanasan mesin

Silinder	Tekanan Kompresi	Suhu Mesin	Keterangan
1	6.1 Bar	64.5 °C	Terdapat penurunan pada silinder ketiga
2	6.1 Bar	64.5 °C	
3	5.2 Bar	64.5 °C	
4	6.1 Bar	64.5 °C	

Table 11. Hasil Pengukuran Kompresi Dan Suhu Pada Mobil Ertiga Sesudah Pemanasan mesin

Setelah melewati pengambilan data pada mesin kendaraan sebelum dan sesudah proses pemanasan mesin, selanjutnya menghitung hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan menggunakan rumus korelasi rank spearman.

No	Tekanan (x)	Suhu (y)	Rank (x)	Rank (y)	di
1	5.8 bar	34.5 °c	2.5	2.5	0
2	5.8 bar	34.5 °c	2.5	2.5	0
3	4.9 bar	34.5 °c	4	2.5	1.5
4	5.8 bar	34.5 °c	2.5	2.5	0

5	6.1 bar	64.5°c	1.5	1.5	0
6	6.1 bar	64.5°c	1.5	1.5	0
7	5.2 bar	64.5°c	3	1.5	1.5
8	6.1 bar	64.5°c	1.5	1.5	0
jumlah					4.5

Table 12. *Tabel Penolong Perhitungan Korelasi Rank Spearman*

Dari kedua data yang sudah di peroleh langkah berikutnya dilanjutkan dengan menghitung rho, agar dapat menegetahui hubungan antara kenaikan suhu dan kenaikan tekanan[18][19].

Karena hasil rho 0.94 maka dikatagorikan kuat, hubungan antara kenaikan suhu dengan kenaikan tekanan kompresi pada saat proses pengukuran. Hal itu dapat dilihat pada tabel 4.14 interpretasi data korelasi rank spearman.

Koefisien determinasi

Rumus :

$$KD=R=r^2 \times 100\%$$

$$=0.94^2 \times 100\%$$

$$=0.89 \times 100\%$$

$$=89\%$$

Dari perhitungan koefisien determinasi di atas maka dapat disimpulkan bahwa variabel kenaikan tekanan dipengaruhi oleh kenaikan suhu sebesar 89% sisanya dipengaruhi oleh variabel yang lain.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan meliputi proses perancangan alat sampai pengujian terhadap alat, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, pengujian alat kompresi tetap harus melakukan proses pemanasan, sebaiknya pengujian dilakukan pada suhu mesin di atas 30°c agar kondisi accu mobil dalam kondisi normal sehingga pada proses pengambilan data tekanan kompresi tidak terjadi kendala. Selain itu pengembangan alat pada penelitian ini sangat efektif karena setiap silinder umumnya memiliki tekanan yang berbeda, hasil tersebut dapat dilihat apabila menggunakan alat ukur digital yang dikembangkan. Apabila menggunakan alat ukur analog perubahan nilai tekanan sulit terbaca.

Tekanan kompresi mengalami perubahan seiring dengan perubahan suhu mesin, dengan meningkatnya suhu mesin kendaraan tersebut maka tekanan kompresi juga akan meningkat. Hal itu dapat di lihat dari hasil hitung korelasi rank spearman yang menyatakan hubungan antara naiknya suhu dan naiknya tekanan kompresi berada di atas 80% pada level kuat selain itu

meningkatnya tekanan kompresi tidak hanya di pengaruhi oleh meningkatnya tekanan suhu, namun ada variabel lain yang mempengaruhi. Hal itu dapat dilihat pada hasil perhitungan koefisien determinasi.

References

- [1] A. N. Safitri, "Kontribusi Pajak Kendaraan Bermotor dan Bebalik Nama Kendaraan Bermotor terhadap Pendapatan Asli Daerah Jawa Timur Tahun 2021," PKN STAN, pp. 2003-2005, 2022. [Online]. Available: <http://eprints.pknstan.ac.id/370/>
- [2] M. I. Ir. H. S. Basuki, ST, "Kendaraan Ringan," pp. 1-34, 2019.
- [3] L. Anitasari, "Pengayakan," Fakultas Teknik, vol. 2, no. 1, pp. 21-28, 2014.
- [4] K. Tampubolon and F. R. Koto, "Analisis Perbandingan Efisiensi Kerja Mesin Bensin pada Mobil Tahun 2000 sampai Tahun 2005 dan Mobil Tahun 2018 serta Pengaruh terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Cara Perawatannya sebagai Rekomendasi bagi Konsumen," J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy, vol. 3, no. 2, p. 76, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i2.2773.
- [5] H. Sulaeman and Fardiansyah, "Pengaruh Penambahan Aditif Abd - 01 Solar ke dalam Minyak Solar terhadap Kinerja Mesin Diesel H.," J. Mesin Univ. Muhammadiyah Jakarta, pp. 12-21, 1990.
- [6] E. M. A. Z. F. Abdillah, "Pengaruh Variasi Diameter Piston dan Putaran Mesin terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Honda Supra Fit 100 CC," Pros. Senakama, vol. 2, pp. 471-484, 2023.
- [7] S. Syahririni and D. Hadidjaja, "Aplikasi Alat Ukur Partikulat dan Suhu Berbasis IoT," Dinamik, vol. 25, no. 1, pp. 1-9, 2020, doi: 10.35315/dinamik.v25i1.7512.
- [8] A. Constantinescu, "Romanian Journal of Automotive Engineering," RoJAE Rom. J. Automot. Eng., vol. 22, no. 4, 2019. [Online]. Available: www.siar.ro
- [9] S. Setiyono and A. S. Koiruman, "Analisis Pengaruh Kerak Karbon yang Mengendap di Ruang Bakar terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin," in Proc. Semin. Nas. Teknol., pp. 146-154, 2020. [Online]. Available: <https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/143>
<https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/viewFile/143/61>
- [10] A. R. L. Francisco, "IDE Arduino," J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699, 2013.
- [11] I. D. M. J. Putra, I. Sulistiyowati, and S. Syahririni, "Hot Water Looping System to Control Temperature of Drug Production Based Arduino," Procedia Eng. Life Sci., vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.21070/pels.v2i2.1258.
- [12] B. U. Wisesa, B. Amin, and E. Alwi, "Kompresi terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Sepeda Motor Honda Blade 110 CC," vol. 102, no. Maret, pp. 1-7, 2004.
- [13] A. Gufrans, Wahidin, and S. Graha, "Rancang Bangun Aplikasi Perhitungan Kompresi Mesin dan Jenis Oktan Bahan Bakar Kendaraan Bermotor," Poros Tek., vol. 10, no. 2, pp. 54-59, 2018.
- [14] B. C. Purnomo and S. Munahar, "Pengaruh Tekanan Kompresi terhadap Daya dan Torsi pada Engine Single Piston," Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap., vol. 1, no. 1, pp. 14-18, 2019, doi: 10.18196/jqt.010103.
- [15] B. Wilantara and R. Raharjo, "Pengembangan Alat Ukur Compression Tester," J. E-Komtek, vol. 3, no. 2, pp. 111-118, 2019, doi: 10.37339/e-komtek.v3i2.136.
- [16] M. Yulianto, A. Hera, B. Aryndra Qory, and A. Ambali, "Studi Eksperimental LSA (Lobe Separation Angle) dan Beban terhadap Performa Mesin 150CC," Universitas 17 Agustus Surabaya, 2018. [Online]. Available: <http://repository.untag-sby.ac.id/id/eprint/670>
- [17] A. C. F. R. F. Segara B, "Makalah Pressure Sensor," 2018.
- [18] K. A. Latief, "Analisis Koefisien Korelasi Rank Spearman," pp. 1-27, 2013.
- [19] T. C. Bani, "Kendaraan Bermotor Roda Empat terhadap Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Oksida (NOx) (Studi Kasus: Toyota Avanza Berbahan Bakar Premium)," 2012.