

ANALISIS PENGARUH SENSOR *BOOST PRESSURE* TERHADAP *ENGINE* MTU SERI 16V2000M96L

Eko Priyono

Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
ekopriyono@itbu.ac.id

Abstrak

Mesin (*Engine*) merupakan penggerak utama pada sebuah kendaraan, yang semakin hari mengalami perubahan. Salah satu contohnya adalah dengan adanya penambahan perangkat *Turbocharger* pada sistem udaranya. Sistem udara berkaitan dengan performa pada sebuah mesin, oleh karenanya penulis melakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai dari sensor *Boost Pressure* dan beban terhadap performa dari sebuah mesin. Analisa pengaruh sensor *Boost Pressure* terhadap mesin MTU mengacu pada penelitian yang dilakukan saat evaluasi terhadap pengaruh sensor *Boost Pressure* pada performa mesin. Mesin produk MTU sendiri adalah mesin Diesel yang dibuat di Negara Jerman dan mesin ini sering digunakan pada kapal-kapal besar seperti kapal kargo, kapal penumpang, kapal perang, kapal kepolisian, kapal penjagaan laut, dan kapal pesiar, serta digunakan pada truk besar yang ada di area tambang. Penelitian ini menunjukkan penggunaan sensor *Boost Pressure* dapat memberi manfaat yang signifikan terhadap performa mesin dan efisiensi bahan bakar.

Kata Kunci : Mesin, Turbocharger, Boost Pressure, MTU Engine, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Engine Merupakan suatu rangkaian komponen yang memanfaatkan gas untuk memutar turbin dengan pembakaran internal. Didalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik melalui udara bertekanan yang memutar bleed turbin sehingga menghasilkan daya. Sedangkan Turbocharging adalah bagian penting dari perampingan mesin. Turbocharger biasanya terdiri dari turbin dan kompresor, yang dihubungkan melalui poros. Turbin mentransfer daya dari gas buang ke poros. Kompresor mengkonsumsi daya dari poros untuk memampatkan udara masuk, memaksa lebih banyak udara ke silinder. Dengan cara ini, *turbocharger* menghubungkan sistem pembuangan dan saluran masuk mesin, membentuk lingkaran umpan balik, membuat mesin turbocharged secara intrinsik sulit dikendalikan. sensor yang menghitung jumlah bilah kompresor yang lewat selama jendela waktu yang telah ditentukan. Kecepatan turbocharger kemudian digunakan sebagai ukuran dalam sistem kontrol *boost*.

Pengontrol kaskade dirancang untuk mengontrol kecepatan turbocharger untuk mencapai tekanan dorongan yang diinginkan. Pengontrol ini kemudian dievaluasi dengan

membandingkannya dengan pengontrol lain dengan tingkat kerumitan yang sama yang tidak menggunakan kecepatan turbocharger. Kedua kontroler diimplementasikan dan dievaluasi pada mesin bensin empat silinder segaris turbocharger di meja uji mesin (Nasution, A., & Ibrahim, 2017).

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor boost pressure dapat memberikan manfaat yang signifikan terhadap performa mesin, bahan bakar. Oleh karena itu penggunaan sensor ini sangat dianjurkan oleh mesin-mesin diesel yang digunakan kapal-kapal besar, truk truk yang beroperasi di pertambangan dan juga kapal kapal yacht untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi bahan bakar.

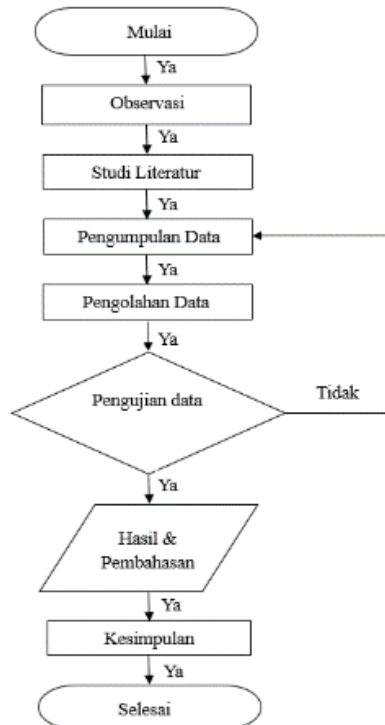
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian lapangan (*Field Research*), yaitu memperoleh data dari penelitian lapangan secara langsung pada saat dilakukan manipulasi terhadap sensor Boost Pressure dalam mengamati efek yang dihasilkan pada performa mesin Diesel MTU 16V2000M96L. Penelitian dilakukan dengan survey di lapangan, melakukan pengukuran

terhadap alat-alat yang nantinya akan disajikan datanya, baik secara angka maupun teori. Selanjutnya, data yang disajikan akan dibandingkan. Bagaimana data yang ada dilapangan, disesuaikan dengan teori yang digunakan, seakurat mungkin, sehingga akan mendapatkan hasil akhir yang sesuai dengan tujuan penelitian.

2.2 Diagram Alir



Gambar .1 Diagram Alir

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Penjelasan diagram alir :

1. Mulai Penelitian.
2. Observasi terhadap jenis mesin dan sistem kerja mesin pada kapal SuperYacht.
3. Studi Literatur. Berkaitan dengan pengembangan dasar teori yang nantinya akan ditulis sebagai bagian dari metode penelitian, maka dilakukan pengamatan pada sensor Boost Pressure mesin , serta melakukan wawancara.
4. Pengumpulan Data dilakukan dengan mengambil data dari uji mesin, dengan mengontrol dan memanipulasi sensor Boost Pressure terhadap mesin Diesel pada berbagai keadaan.

5. Pegolahan Data atau Analisis Data, baik data observasi dilapangan, maupun data penunjang teori dasar sistem mesin kapal.
6. Apabila data uji kurang lengkap, maka dilakukan pengambilan data lapangan kembali.
7. Apabila data uji sudah lengkap, data kemudian di olah hingga menjadi Hasil Pembahasan.
8. Kesimpulan dan saran dari keseluruhan data yang sudah dianalisa.
9. Selesai Penelitian

2.3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode gabungan, dimana pendekatan kuantitatif dengan mengumpulkan data dilapangan sesuai pengujian. Menggunakan metode Kualitatif dengan menghadirkan teori sebagai landasan utama penelitian yang berkaitan dengan data yang ada di lapangan.

Pendekatan secara survey pun dilakukan, guna mendapat data yang akurat, sehingga segala pengukuran dan landasan teori yang dipakai sesuai dengan tujuan penelitian.

- Data primer
Data Primer didapatkan dari data yang sudah ada, berkaitan dengan teori penunjang penelitian dan analisa terhadap beberapa aspek di lapangan.
- Data sekunder
Data sekunder adalah data yang dihasilkan dari analisa dan perhitungan terhadap data primer, sehingga dapat menghasilkan suatu hasil kesimpulan pada analisa yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

3.1.1 Analisis Sensor Boost Pressure Pada Kondisi Normal

Throttle memberikan masukan signal ke Local Operation Panel (LOP), yang mana LOP meneruskan masukan signal tersebut ke Engine Control Unit (ECU). Kemudian Engine Control Unit (ECU) menerima signal dan mengolahnya dari throttle untuk memberikan perintah ke sensor kecepatan.

Kemudian pada monitor display akan terlihat parameter yang dihasilkan dari tiap-tiap sensor yang terdapat pada mesin MTU 16V2000M96L.

Data saat mesin beroperasi dapat kita gunakan untuk mengetahui normal atau tidaknya fungsi suatu sensor pada mesin MTU 16V2000M96L. Data mesin yang normal dapat kita lihat pada gambar dibawah melalui parameter yang dihasilkan saat mesin sedang beroperasi :

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	550.6
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	1.99500
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	5.60250
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	1.01975
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	600
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	72.75
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	68.14
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	66.02
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	70.96
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	26.160
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	6.000

Gambar 2. Nilai / Parameter Mesin Normal Saat Idle Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	1228.4
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	5.71125
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	8.80875
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	1.82687
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	1025
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	74.12
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	69.18
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	68.47
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	72.37
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	243.460
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	25.100

Gambar 3.2 Nilai / Parameter Mesin Normal Saat Middle Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	2438.6
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	7.38000
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	9.57375
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	4.17125
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	2189
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	82.81
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	43.36
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	85.40
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	79.49
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	1935.500
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	100.500

Gambar 3. Nilai / Parameter Mesin Normal Saat Full Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

3.1.2 Analisis Sensor Boost Pressure Pada Kondisi Tidak Normal

Throttle memberikan masukan signal ke Local Operation Panel (LOP), yang mana LOP meneruskan masukan signal tersebut ke Engine Control Unit (ECU). Kemudian Engine Control Unit (ECU) menerima signal dan mengolahnnya dari throttle untuk memberikan perintah ke sensor kecepatan (R. Yunandi & Steven, 2021).

Kemudian pada monitor display akan terlihat parameter yang dihasilkan dari tiap-tiap sensor yang terdapat pada mesin MTU 16V2000M96L. Data saat mesin beroperasi dapat kita gunakan untuk mengetahui normal atau tidaknya fungsi suatu sensor pada mesin MTU 16V2000M96L. Data mesin yang normal dapat kita lihat pada gambar dibawah melalui parameter yang dihasilkan saat mesin sedang beroperasi :

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	549.4
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	1.98750
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	5.57250
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	1.01975
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	600
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	72.75
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	68.13
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	65.68
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	70.88
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	29.800
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	6.850

Gambar .4 Nilai / Parameter Mesin Tidak Normal Saat Idle Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	1199.5
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	5.64375
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	8.78250
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	1.62062
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	1019
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	73.09
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	68.84
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	68.47
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	71.58
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	260.420
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	27.500

Gambar .5 Nilai / Parameter Mesin Tidak Normal Saat Middle Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Sensor	Unit	Left
[0] 1.2500.044 Engine Speed (ECU)	rpm	2167.7
[1] 1.0100.001 P-Lube Oil after Filter	bar	7.30500
[2] 1.0102.001 P-Fuel	bar	9.67500
[3] 1.0103.001 P-Charge Air	bar	3.82612
[4] 1.0104.001 P-HD (Common Rail)	barHD	1757
[5] 1.0120.001 T-Coolant	degC	81.72
[6] 1.0121.001 T-Charge Air	degC	42.66
[7] 1.0122.001 T-Fuel	degC	83.18
[8] 1.0125.001 T-Lube Oil	degC	78.01
[9] 1.1005.012 Engine Power	kW	1373.720
[10] 1.1005.021 Rated Power	kW	1939.000
[11] 1.1020.200 Requested Torque 0-120%	%	80.200

Gambar .6 Nilai / Parameter Mesin Tidak Normal Saat Full Speed

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

3.1.3 Hasil Analisis

Tabel .1 Tabel Hasil Pengukuran

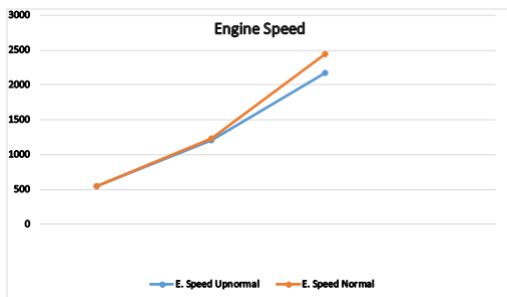
Time	Description	Normal Sensor	Ubnormal Sensor	Unit
	Engine Speed ECU	550	549	Rpm
	Pressure Charge Air	1.01	1.01	Bar
	T- Charge Air	68.14	68.13	degC
	Engine Power	26.16	29.8	kW
	Engine Speed ECU	1228	1199	Rpm
	Pressure Charge Air	1.82	1.62	Bar
	T- Charge Air	69.1	68.84	degC
	Engine Power	243.4	240.4	kW
	Engine Speed ECU	2436	2167	Rpm
	Pressure Charge Air	4.1	3.82	Bar
	T- Charge Air	43.3	42.6	degC
	Engine Power	1935	1373	kW

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

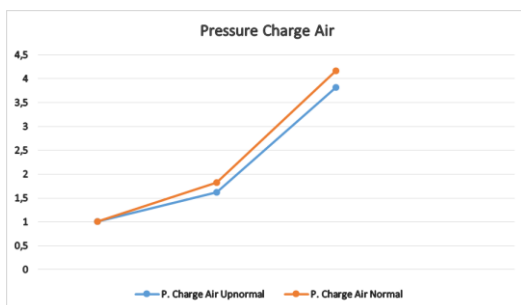
3.2 Pembahasan Hasil Analisis

Analisis ini bertujuan untuk membandingkan pembacaan nilai sensor boost pressure yang berfungsi normal dan sensor yang tidak berfungsi normal, dengan alat ukur yaitu pengolahan data parameter yang di dapat saat engine di operasikan dan menentukan tingkat deviasi, sehingga persentase selisih pembacaan nilai sensor dapat terlihat dengan jelas.

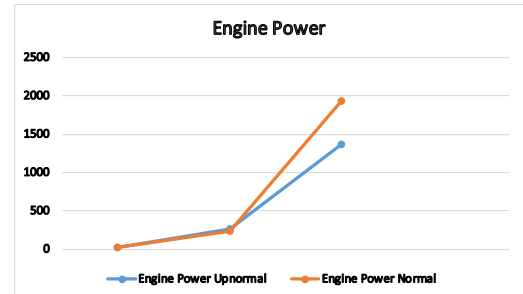
Pengujian ini untuk membandingkan tingkat pembacaan sensor boost pressure (*P. Charge Air*) dengan menggunakan daisys program untuk mendapatkan data yang akurat sehingga dapat menentukan proporsi penyimpangan atau perbedaan pembacaan nilai sensor.



Gambar .7 Grafik Perbedaan Engine Speed
Sumber : Olahan Penelitian Mandiri



Gambar .8 Gambar Grafik Perbedaan Pressure Charge Air
Sumber : Olahan Penelitian Mandiri



Gambar .9 Gambar Grafik Perbandingan Engine Power
Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Tabel .2 Data Perhitungan Sensor Boost Pressure Yang Normal

RPM	No	Tegangan Volt	Pressure (Bar)
550,6	1	0.89 Volt	1.01 Bar
1228,4	2	1.51 Volt	1.82 Bar
2438,6	3	3.41 Volt	4.17 Bar

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Cara perhitungannya :

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

Keterangan ;

P_1 = Tekanan maksimal Sensor

P_2 = Tekanan nyata pembacaan

V_1 = Tegangan maksimal Sensor

V_x = Tegangan yang dicari ...?

1. Bost Pressure Sensor yang normal

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

Diketahui = $P_1 = 6$ Bar

$P_2 = 1.01$ Bar

$V_1 = 5$ Volt

$V_x = \dots\dots?$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$= \frac{1.01 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}}$$

$$= 0.84 \text{ volt}$$

2. Bost Pressure Sensor yang normal

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$\text{Diketahui} = P_1 = 6 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 1.82 \text{ Bar}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_x = \dots\dots?$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1} = \frac{1.82 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}} = 1.51 \text{ volt}$$

3. Bost Pressure Sensor yang normal

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$\text{Diketahui} = P_1 = 6 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 4.17 \text{ Bar}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_x = \dots\dots?$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1} = \frac{4.17 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}} = 3.41 \text{ volt}$$

Tabel 3. Data Perhitungan Sensor Boost Pressure Yang Tidak Normal

RPM	Tegangan Volt (V)	Pressure (Bar)
549,4	0.89 Volt	1.01 Bar
1199,5	1.35 Volt	1.62 Bar
2167,7	3.18 Volt	3.82 Bar

Sumber : Olahan Penelitian Mandiri

Cara perhitungan nya :

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

Keterangan ;

P_1 = Tekanan maksimal Sensor

P_2 = Tekanan nyata pembacaan

V_1 = Tegangan maksimal Sensor

V_x = Tegangan yang dicari

1. Boost presure Sensor yang tidak normal

Cara pengitungan nya :

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$\text{Diketahui} = P_1 = 6 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 1.01 \text{ Bar}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_x = \dots\dots?$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1} = \frac{1.01 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}} = 0.84 \text{ volts}$$

2. Boost presure Sensor yang tidak normal

Cara pengitungan nya :

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$\text{Diketahui} = P_1 = 6 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 1.62 \text{ Bar}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_x = \dots\dots?$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1} = \frac{1.62 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}} = 1.35 \text{ volts}$$

3. Boost presure Sensor yang tidak normal

Cara pengitungan nya :

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_x}$$

$$P_1 \times V_x = P_2 \times V_1$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$\text{Diketahui} = P_1 = 6 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 3.82 \text{ Bar}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_x = \dots\dots?$$

$$V_x = \frac{P_2 \times V_1}{P_1} = \frac{3.82 \text{ bar} \times 5 \text{ volt}}{6 \text{ bar}} = 3.18 \text{ volts}$$

Selisih pengukuran sensor boost pressure:

Keterangan ;

V_1 = hasil sensor normal

V_2 = hasil sensor yang upnormal

$V_2 - V_1 = 3,41 - 3,18 = -0,23$ volt

$V_2 - V_1 = 3,41 - 3,18$
 $= 0,23$ Volts

Keterangan ;

V_2 = Tegangan sensor normal

V_1 = Tegangan sensor ubnormal

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1 \times V_2 = P_2 \times V_1$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_2}{V_1}$$

$$= \frac{6 \text{ bar} \times 0,23 \text{ Volt}}{5 \text{ Volt}}$$

$$= 0,276 \text{ bar}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil pemaparan dan analisa data diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) memberikan masukan / Input Signal pada Engine Control Unit (ECU) yang dapat mempengaruhi Output Signal terhadap sensor lainnya.
2. Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) berpengaruh pada saat putaran maksimum mesin MTU 16V2000M96L. Dengan pengaruh yang dihasilkan Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) yang bermasalah tersebut, sehingga membuat tenaga mesin yang dihasilkan menjadi kurang maksimal.
3. Pada saat kecepatan rendah, Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) yang bermasalah nilainya masih terbaca dengan normal. Ketika kecepatan mesin mulai naik, Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) yang terbaca mulai mengalami perbedaan dengan nilai Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) yang normal, juga ketika kecepatan mesin maksimal Sensor Charge Air Pressure (Boost pressure Sensor) terlihat lebih jelas nilainya, tentunya dibawah batas normal.
4. Tekanan bertambah ditemukan di sepanjang pipa tekanan, ini dapat

mengukur peningkatan Turbocharger sehingga mesin tidak rusak karena mendapat dorongan yang terlalu besar. Kombinasi Sensor suhu NTC, jika mesin mendapat dorongan yang terlalu besar, maka ECU akan mematikan mesin untuk melindungi dari kerusakan. Sensor ini tidak dapat berfungsi apabila tersumbat oleh oli / karbon, sehingga perlu dilakukan inspeksi secara lanjutan dan visual.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Nasution, A., & Ibrahim, 2017. "Kajian Studi Turbocharger Terhadap Performasi Motor Bakar Diesel Daya 150 Ps.
- R. Yunandi, A. Abrar, and S. Steven, 2021. "Unjuk Kerja Mesin Diesel terhadap Penambahan Turbocharger," J. Syntax Admiration, vol. 2, no. 3, pp. 465–477.