

KAJI EKSPERIMENTAL PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG PADA SPARK IGNITION ENGINE DENGAN BAHAN BAKAR BENSIN

*Nursofyan¹ dan Berkah Fajar T.K²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: nursofyan08@gmail.com

Abstrak

Dalam kebijakan industri nasional, industri alat transportasi (otomotif) merupakan salah satu sub sektor yang diprioritaskan untuk dikembangkan. Pengembangan produksi kendaraan bermotor roda empat yang hemat energi dan harga terjangkau yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Perindustrian No. 33/M-IND/PER/7/2013. Permenperin tersebut merupakan turunan dari program mobil emisi karbon rendah atau *low emission carbon* (LEC) yang telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2013. Perkembangan teknologi otomotif mengarah kepada peningkatan performa mesin dan penurunan emisi gas buang berbahaya. Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui performa *spark ignition engine*, mengetahui emisi gas buang *spark ignition engine*, verifikasi pengukuran manual dan pengukuran dengan menggunakan data akuisisi. Metode penelitian yang dilakukan adalah kajian pustaka dari berbagai literatur yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan berdasarkan standar nasional maupun internasional. Secara teknis penelitian ini dimulai dengan studi pustaka dan pembahasan terhadap hasil-hasil penelitian dan literatur yang sudah ada sebelumnya. *Output* dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rujukan untuk kepentingan pelatihan dan pengembangan sumber energi baru dan terbarukan serta ramah lingkungan pada sektor transportasi.

Kata kunci : Data akuisisi, emisi gas buang, *low emission carbon*, performa, *spark ignition engine*.

Abstract

In the national industrial policy, industrial transportation (automotive) is one of the priority sub-sectors to be developed. Development of four-wheeled motor vehicle production are energy efficient and affordable price set out in the Ministerial Decree No. 33 / M-IND / PER / 7/2013. Permenperin is a derivative of a low carbon emission car program or low emission of carbon (LEC) which has been stipulated in Government Regulation No. 41 of 2013. The development of automotive technology leads to improved engine performance and decrease harmful exhaust emissions. The purpose of this thesis is to determine the performance of spark ignition engines, knowing the exhaust emissions of spark ignition engines, manual measurement and measurement verification using data acquisition. The research method is a literature review of the literature that is tailored to the development of technology and based on national and international standards. Technically, this research begins with the study of literature and discussion of the results of research and literature that already exists. The output of this research can be used as a reference for the training and development of new and renewable energy sources and environmentally friendly transport sector.

Keywords: *Data acquisition, exhaust emissions, low emission carbon, performance, spark ignition engine.*

1. PENDAHULUAN

Dalam kebijakan industri nasional, industri alat transportasi (otomotif) merupakan salah satu sub sektor yang diprioritaskan untuk dikembangkan. Pengembangan produksi kendaraan bermotor roda empat yang hemat energi dan harga terjangkau yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Perindustrian No. 33/M-IND/PER/7/2013. Permenperin tersebut merupakan turunan dari program mobil emisi karbon rendah atau *low emission carbon* (LEC) yang telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2013. Perkembangan teknologi otomotif mengarah kepada peningkatan performa mesin dan penurunan emisi gas buang berbahaya.

Desain mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) merupakan suatu kompromi yang rumit antara performa mesin, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang. Ketiga faktor tersebut saling terkait dan tidak dapat secara bersamaan mendapatkan kondisi yang optimal. Yang bisa dilakukan adalah mengoptimalkan salah satu dari ketiga parameter tanpa merugikan secara signifikan parameter yang lain [1]. Untuk mendapatkan kondisi tertentu, diperlukan sebuah sistem pengujian mesin skala laboratorium yang biasa disebut *engine test bench*. Pengujian dilakukan dengan

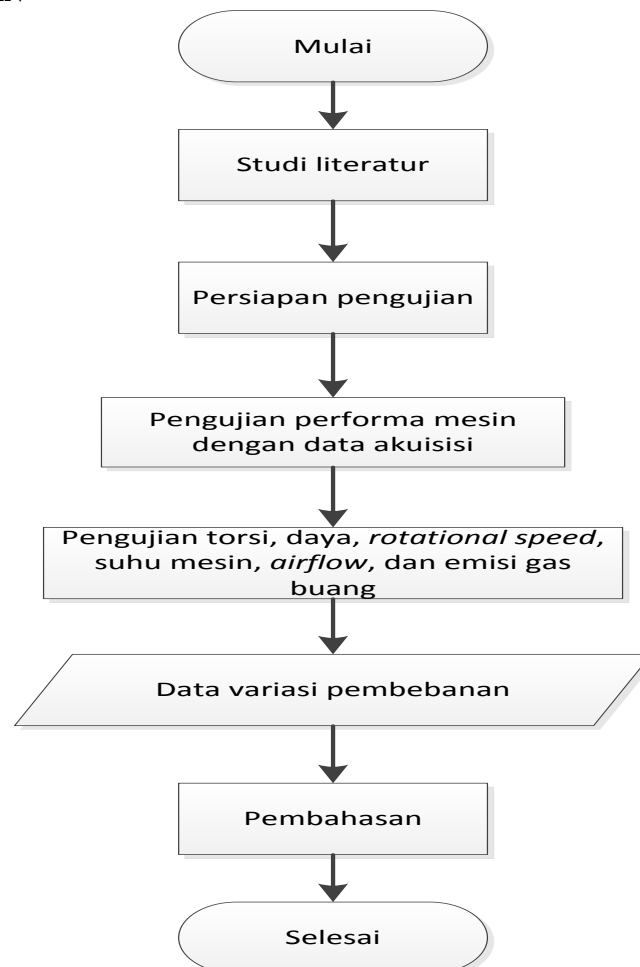
berbagai variabel selama rentang kondisi kerja mesin sesungguhnya. Pengujian torsi mesin dilakukan dengan menggunakan dinamometer sedangkan pengujian emisi gas buang kendaraan dilakukan dengan *engine gas analyzer*.

Sebuah dinamometer adalah perangkat beban yang umumnya digunakan untuk mengukur *output* daya mesin. Salah satu tujuan dari dinamometer adalah untuk mengetahui torsi mesin menggunakan data akuisisi. Data akuisisi eksperimen dan kontrol percobaan harus otomatis dan dapat diandalkan. Data ini diperoleh dari transduser tekanan, lengan torsi, *thermocouple*, dan sensor kecepatan sudut.

Transduser merupakan perangkat konversi atau biasa disebut sensor. Sensor ini menerjemahkan besaran fisik yang akan diukur dengan elektronik instrumen, seperti amperemeter, voltmeter dan berbagai alat ukur lainnya dengan berbagai variabel yang dapat diamati secara *real time*. Variabel dapat diklasifikasikan dalam banyak cara, tetapi umumnya kebanyakan ahli lebih memilih dua klasifikasi : karakteristik dan menurut jenis sinyal pengukuran. Klasifikasi variabel dengan karakteristik seperti termal, radiasi, kekuatan, kuantitas, waktu, geometris, sifat fisik, komposisi kimia. Menurut jenis sinyal pengukuran meliputi gerak, kekuatan, dan memodulasi waktu. Sinyal pengukuran untuk variabel seringkali sulit untuk dibedakan dari sistem pengukuran. Empat faktor sebagai pertimbangan untuk sinyal pengukuran dan sistem : jenis transduser yang tersedia untuk sinyal pengukuran, karakteristik transmisi, pencocokan sistem masukan data akuisisi, dan transduser yang tersedia untuk mengkonversi dari satu jenis sinyal pengukuran ke sinyal pengukuran lainnya [2].

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui performa *spark ignition engine*, mengetahui emisi gas buang *spark ignition engine*, verifikasi pengukuran manual dan pengukuran dengan menggunakan data akuisisi.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2.1 Bahan dan Alat

2.1.1 Bahan Penelitian

Tabel 1. Bahan penelitian

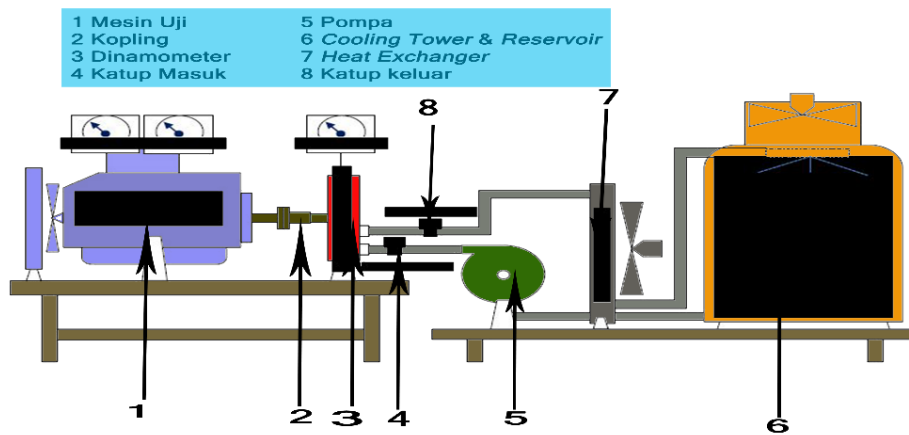
No	Nama bahan	Jumlah	Spesifikasi
1	Mesin Uji	1 unit	SuzukiG 15 A
2	Loadcell	1 buah	4 pin land & sea
3	Stand Engine	1 buah	Land & Sea

2.1.2 Alat Penelitian

Tabel 3. Alat penelitian

No	Nama	Jumlah	Spesifikasi
1	Absorber	1 Buah	Dynomite 13 inchi
2	Dynomite Pro Board	1 Unit	Land and Sea
3	Dynomax 2010	1 Unit	Trial
4	Sensor Proximity Sensor	1 buah	Autonics PR12-4DN
5	Sensor Termokopel	1 buah	Land and Sea
6	Kamera	1 Unit	Fujifilm FinePix S2980
7	Kunci Momen	1 Unit	Sellery (20 kg.m)
8	Tool Kits	1 Set	Krisbow KW06-283 Universal
9	Stargas 898	1 Unit	
10	Air flow meter	1 buah	Land and Sea

2.2 Set Up Peralatan Pengujian



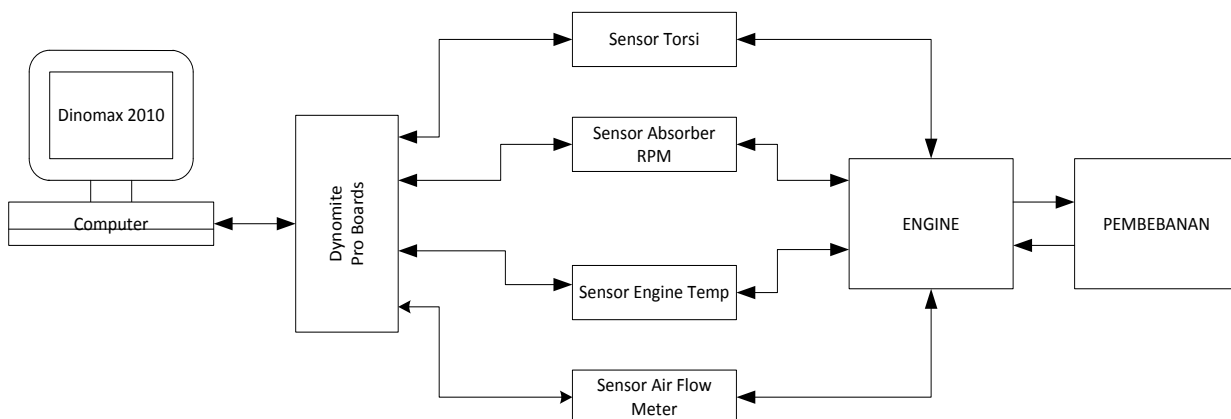
Gambar 2. Set up peralatan pengujian

2.3 Rancangan Pengambilan Data

Tabel 4. Rancangan pengambilan data

NO	BUKAAN KATUP			RPM	TORSI	HP	ACFM	E-Temp
	THROTTLE (%)	INLET (%)	OUTLET (%)					
1	100	Variable	100					
2	100	Variable	80					
3	100	Variable	60					
4	100	Variable	40					
5	100	Variable	20					

2.4 Rancangan Sistem dan Pengambilan Data Akuisisi



Gambar 3. Rancangan sistem dan pengambilan data akuisisi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Performa Mesin Uji

Pengujian akuisisi data (*data acquisition*) menggunakan alat dynamite dengan pembacaan menggunakan software dynamax 2010. Dalam pengujian ini katup throttle terbuka 100% (WOT), katup masuk (*inlet valve*) divariasikan untuk memberikan pembebanan pada unit dinamometer, dan katup buang (*outlet valve*) dijaga tetap pada masing-masing mode pengujian (100%, 80%, 60%, 40%, dan 20%) bukaan katup. Hasil yang diperoleh dari pengujian lapangan adalah torsi, daya dan rpm. Pengujian secara kuantitatif dilakukan dengan membandingkan torsi maksimum dan power maksimum dari mesin uji terhadap hasil uji *engine test benche*. Dari data spesifikasi mesin G15 A, tertulis torsi maksimum 126 N.m (12,84 Kg.m) pada 3000 rpm dan daya maksimum 105 PS (77,23 kW) pada 6000 rpm. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel 5 dan dalam bentuk grafik pada lampiran 1.

Tabel 5. Hasil pengujian torsi maksimum dan daya maksimum

No	Bukaan Katup			Torsi Maks (Kg.m)	Daya Maks (kW)
	Throttle (%)	Inlet (%)	Outlet (%)		
1	100	Variabel	20	11.53	44.26
2	100	Variabel	40	10.44	44.14
3	100	Variabel	60	11.81	50.1
4	100	Variabel	80	11.06	34.22
5	100	Variabel	100	10.28	44.59

Hasil pengujian diperoleh torsi dan daya maksimal, hasil pengukuran torsi maksimal berturut-turut 11,53 Kg.m pada 2000 rpm, 10,44 Kg.m pada 2000 rpm, 11,81 Kg.m pada 1700 rpm, 11,06 Kg.m pada 1700 rpm, 10,28 Kg.m pada 2400 rpm dan pengukuran power maksimal berturut-turut sebesar 44,26 kW pada 4600 rpm, 44,14 kW pada 5200 rpm, 50,10 kW pada 4800 rpm, 34,22 kW pada 4600 rpm, 44, 59 kW pada 4900 rpm. Suhu mesin (E-Temp) terlihat konstan dan ACFM mengalami peningkatan, semakin tinggi rpm maka nilai ACFM meningkat.

3.2 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Mesin Uji

3.2.1 Pengujian Emisi Gas Buang Kondisi Idle

Tabel 6. Hasil pengujian emisi gas buang pada kondisi idle

CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)	Lamda	COcor.
2.661	6.64	163	13.43	1.776	-

Kadar emisi CO (2.661 % vol) dengan batas maksimum yang ditentukan sebesar 3,5 %, maka untuk pengujian emisi CO masih dalam keadaan normal.

3.2.2 Pengujian Emisi Gas Buang dengan Variasi Pengontrolan Pembebanan Mesin Uji

Untuk hasil pengujian emisi gas buang dengan variasi pengontrolan pembebanan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ada pada lampiran 2

❖ Pengujian 1

Ketika WOT 100% , katup outlet 20% dan katup inlet divariasikan dibuka secara perlahan. Nilai HC tidak melebihi batasan maksimal sebesar 300 ppm. Nilai CO meningkat melebihi ambang batas CO 3.5%. Dari 500 rpm – 3500 rpm nilai CO₂ < 12%. Nilai O₂ tidak melebihi batas maksimal sebesar 2%. Nilai Lamba < 0.97-0.98

❖ Pengujian 2

Ketika WOT 100% , katup outlet 40% dan katup inlet divariasikan dibuka secara perlahan. Nilai HC tidak melebihi batasan maksimal sebesar 300 ppm. Nilai CO meningkat melebihi ambang batas CO 3.5%. Dari 700 rpm – 3000 rpm nilai CO₂ < 12%. Nilai O₂ dari 700 rpm – 4800 rpm tidak melebihi batas maksimal sebesar 2% . Nilai Lamba < 0.97-0.98

❖ Pengujian 3

Ketika WOT 100% , katup outlet 60% dan katup inlet divariasikan dibuka secara perlahan. Nilai HC tidak melebihi batasan maksimal sebesar 300 ppm. Nilai CO meningkat melebihi ambang batas CO 3.5%. Dari 800 rpm – 3200 rpm nilai CO₂ < 12%. Nilai O₂ dari 800 rpm – 5200 rpm tidak melebihi batas maksimal sebesar 2% . Nilai Lamba < 0.97-0.98

❖ Pengujian 4

Ketika WOT 100% , katup outlet 80% dan katup inlet divariasikan dibuka secara perlahan. Nilai HC tidak melebihi batasan maksimal sebesar 300 ppm. Nilai CO meningkat melebihi ambang batas CO 3.5%. Dari 400 rpm – 2200 rpm nilai CO₂ < 12%. Nilai O₂ dari 400 rpm – 4900 rpm tidak melebihi batas maksimal sebesar 2% . Nilai Lamba < 0.97-0.98

❖ Pengujian 5

Ketika WOT 100% , katup outlet 100% dan katup inlet divariasikan dibuka secara perlahan. Nilai HC tidak melebihi batasan maksimal sebesar 300 ppm. Nilai CO meningkat melebihi ambang batas CO 3.5%. Dari 700 rpm – 1900 rpm nilai CO₂ < 12%. Nilai O₂ dari 700 rpm – 4900 rpm tidak melebihi batas maksimal sebesar 2% . Nilai Lamba < 0.97-0.98

3.3 Perbandingan Pengujian Torsi Dan Daya Data Akuisisi Dengan Data Manual

Untuk hasil perbandingan pengujian torsi dan daya akuisisi dengan data manual ditampilkan pada tabel 7 dan dalam bentuk grafik pada lampiran 3

Tabel 7. Perbandingan pengujian torsi dan daya data akuisisi dengan data manual

No	Bukaan Katup			Torsi Maks (Kg.m)		Daya Maks (kW)	
	Throttle (%)	Inlet (%)	Outlet (%)	Data Akuisi	Data Manual [3]	Data Akuisi	Data Manual [3]
1	100	Variabel	20	11.53	13.92	44.26	47.68
2	100	Variabel	40	10.44	13.53	44.14	57.46
3	100	Variabel	60	11.81	13.14	50.1	59.63
4	100	Variabel	80	11.06	13.53	34.22	59.59
5	100	Variabel	100	10.28	13.14	44.59	67.32

Hasil pengukuran daya maksimum menggunakan dynamite relatif lebih rendah dibandingkan pengukuran daya maksimum secara manual.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan selama proses pengambilan data adalah dari hasil pengujian diperoleh torsi dan daya maksimal, hasil pengukuran torsi maksimal berturut-turut sebesar 11,53 Kg.m, 10,44 Kg.m, 11,81 Kg.m, 11,06 Kg.m, 10,28 Kg.m dan pengukuran power maksimal berturut-turut sebesar 44,26 kW, 44,14 kW, 50,10 kW, 34,22 kW, 44, 59 kW. Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 04 Tahun 2009 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru, kadar emisi CO (2.661 % vol) dengan parameter CO batas maksimum yang ditentukan sebesar 3,5 %, maka untuk pengujian emisi CO masih dalam keadaan normal. Hasil pengukuran torsi maksimum dan pengukuran daya maksimum menggunakan dynamite relatif lebih rendah dibandingkan pengukuran torsi maksimum dan pengukuran daya maksimum secara manual.

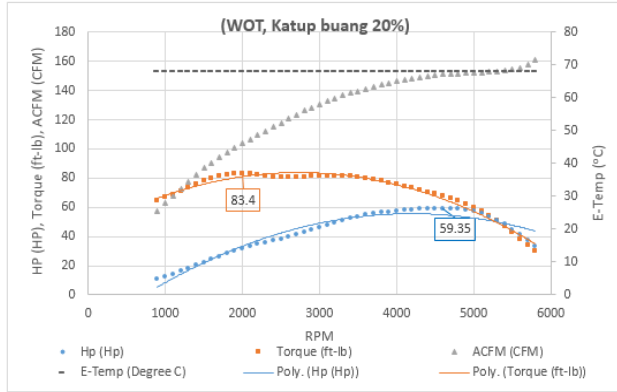
5. REFERENSI

- [1] Meyer, J. (2007). *Engine Modeling of an Internal Combustion Engine with Twin Independent Cam Phasing*. Ohio: Ohio State University.
- [2] Measurement Computing Corporation. (2004-2012). *Data Acquisition Handbook "A Reference For DAQ And Analog & Digital Signal Conditioning" Third Edition*. Published 2004-2012 in the United States of America.
- [3] Waluyo, B. (2013). *Pembuatan Engine Test Bench Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Pembebanan Manual*. Tesis Magister. Universitas Diponegoro. Semarang.

Lampiran 1

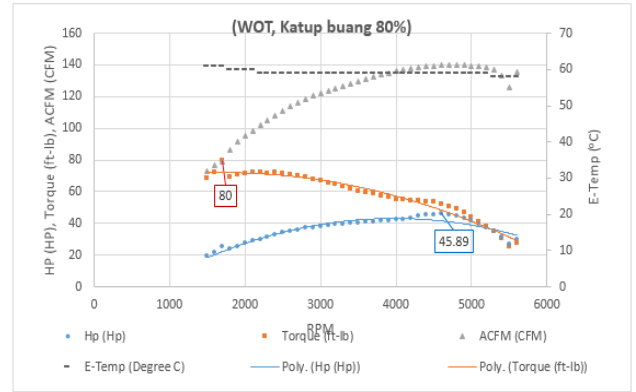
Pengujian 1

Grafik kurva mesin pengujian bukaan katup 20% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 20%)



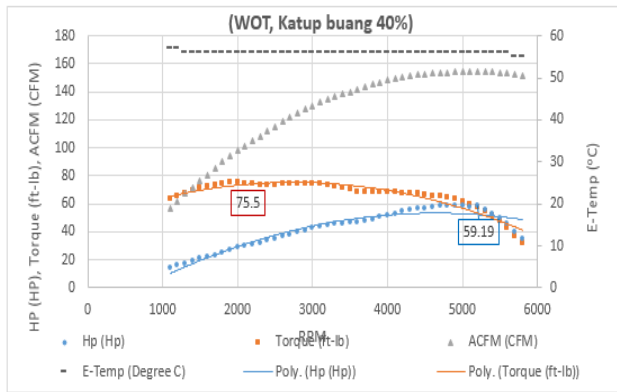
Pengujian 4

Grafik kurva mesin pengujian bukaan katup 80% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 80%)



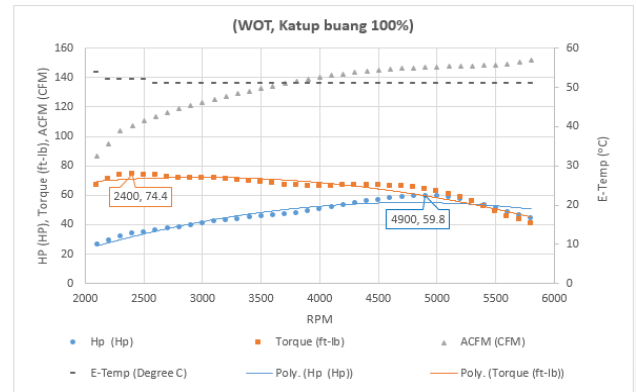
Pengujian 2

Grafik kurva mesin pengujian bukaan katup 40% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 40%)



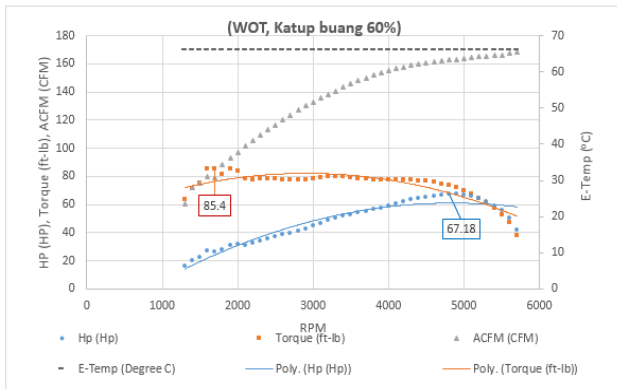
Pengujian 5

Grafik kurva mesin pengujian bukaan katup 100% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 100%)



Pengujian 3

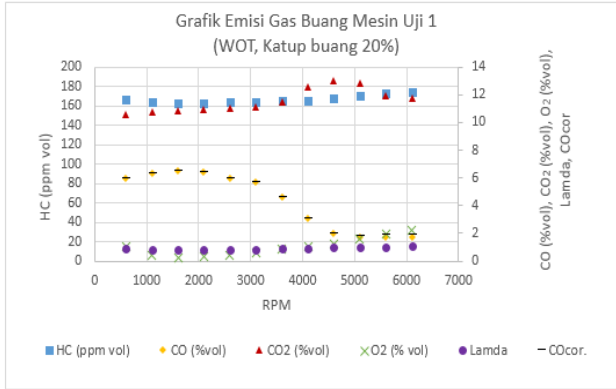
Grafik kurva mesin pengujian bukaan katup 60% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 60%)



Lampiran 2

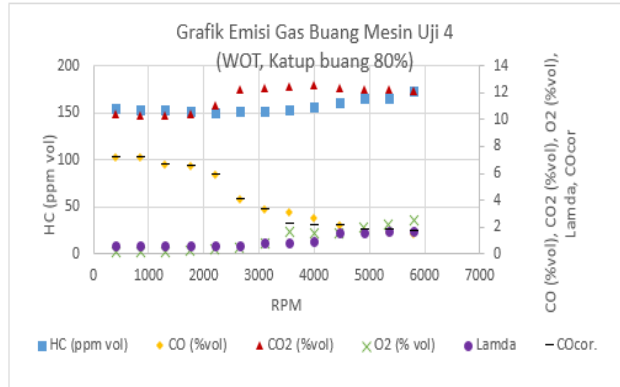
Pengujian 1

Grafik pengujian emisi gas buang bukaan katup 20% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 20%)



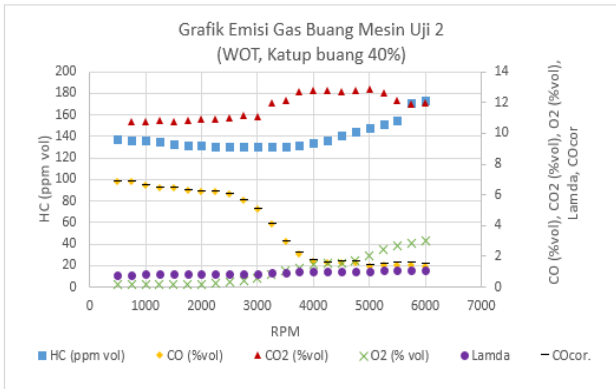
Pengujian 4

Grafik pengujian emisi gas buang bukaan katup 80% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 80%)



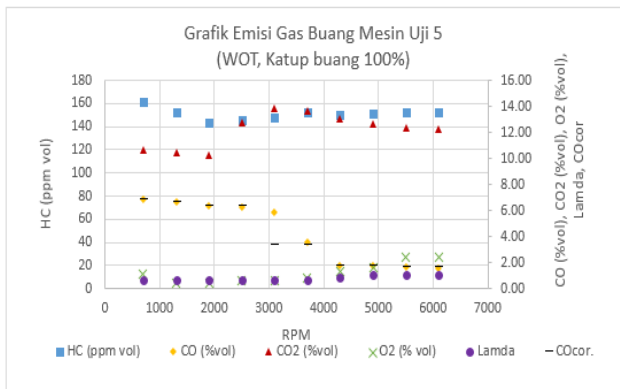
Pengujian 2

Grafik pengujian emisi gas buang bukaan katup 40% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 40%)



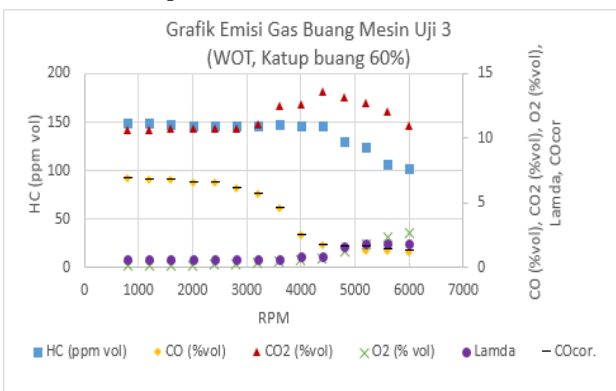
Pengujian 5

Grafik pengujian emisi gas buang bukaan katup 100% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 100%)



Pengujian 3

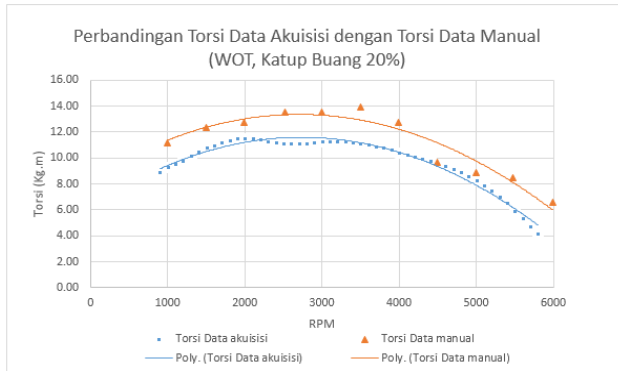
Grafik pengujian emisi gas buang bukaan katup 60% dengan dynamite (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 60%)



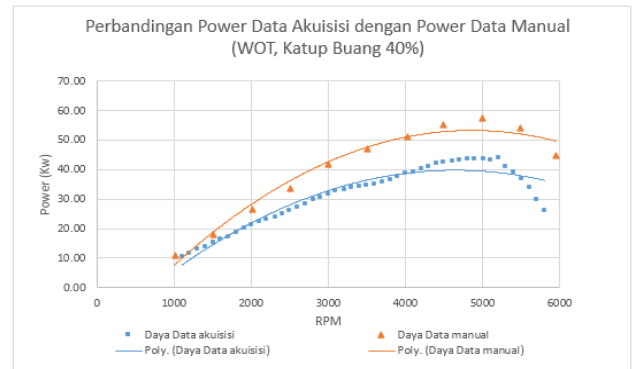
Lampiran 3

Pengujian 1

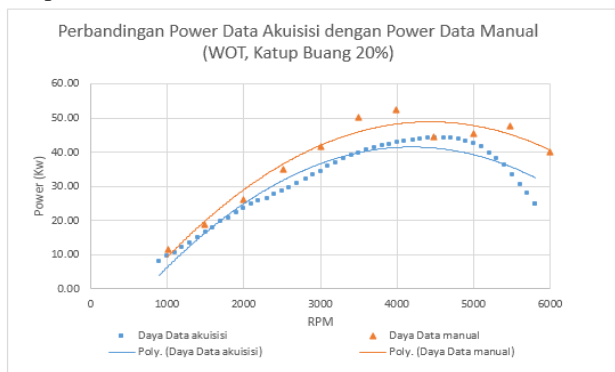
Grafik perbandingan torsi data akuisisi dengan torsi data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 20%)



Grafik perbandingan Daya data akuisisi dengan Daya data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 40%)

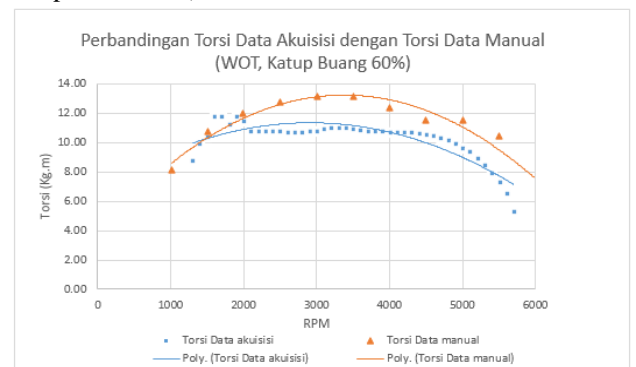


Grafik perbandingan Daya data akuisisi dengan Daya data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 20%)



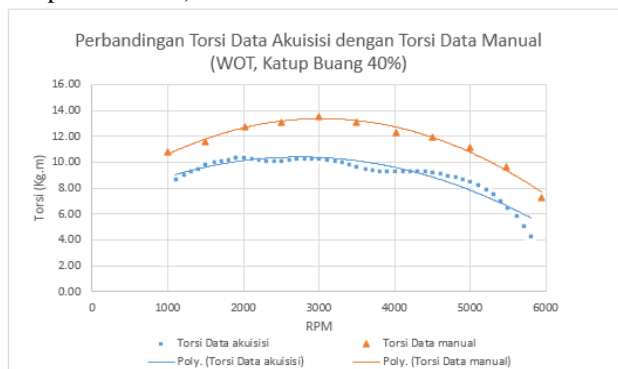
Pengujian 3

Grafik perbandingan torsi data akuisisi dengan torsi data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 60%)

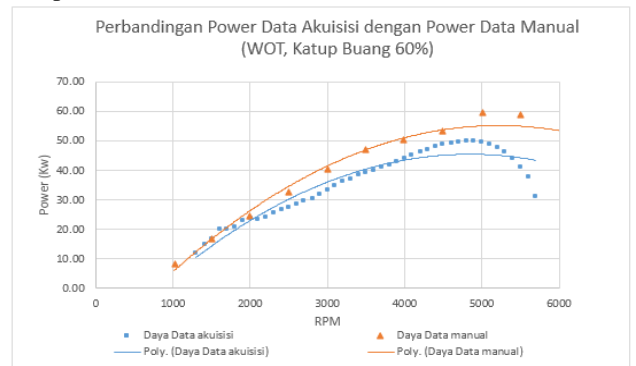


Pengujian 2

Grafik perbandingan torsi data akuisisi dengan torsi data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 40%)

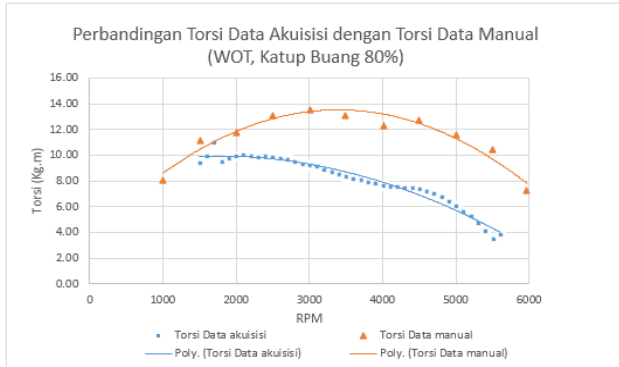


Grafik perbandingan Daya data akuisisi dengan Daya data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 60%)

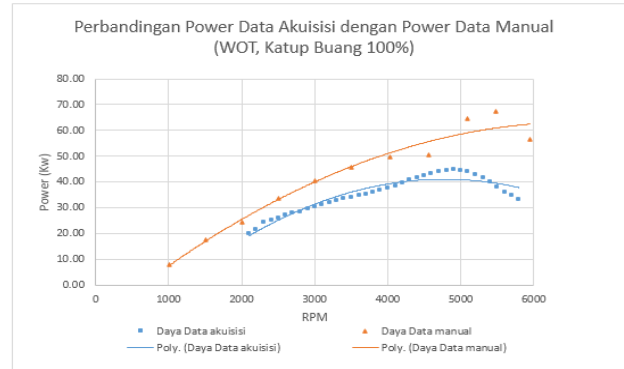


Pengujian 4

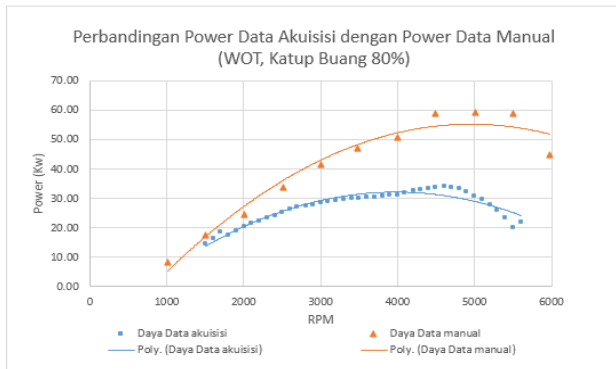
Grafik perbandingan torsi data akuisisi dengan torsi data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 80%)



Grafik perbandingan Daya data akuisisi dengan Daya data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 100%)



Grafik perbandingan Daya data akuisisi dengan Daya data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 80%)



Pengujian 5

Grafik perbandingan torsi data akuisisi dengan torsi data manual (bukaan katup throttle 100%, katup inlet variasi dan katup outlet 100%)

