

ANALISA PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MENGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN SHELL SUPER PADA KENDARAAN RODA EMPAT (KAPASITAS 1300 CC)

Ucok Mulyo Sugeng¹⁾ Razul Harfi²⁾ Kuncoro Adi Cipto²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl Moh khafi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia

Email : ucok@istn.ac.id¹⁾ razul@istn.ac.id²⁾

ABSTRACT

The automotive sector is rapidly expanding, as is the petroleum industry. The goal of this study is to evaluate the results of engine performance and exhaust emissions tests on four-wheeled vehicles with the AVANZA 1300cc injection type utilizing Pertamina and Shell Super fuels. Using a dynotest instrument to gather engine performance test data and a gas analyzer tool to collect exhaust emission testing data, this study method employs an experimental approach. The results of the study show differences in engine performance tests (torque and power) using Shell Super fuel and Pertamina fuel, where the difference in torque value is 1.11 Nm and the difference in power value is 0.77 HP. In the comparison of manual torque calculations and the results of tests using a dynotest using Shell Super fuel, the difference is an average of 0.04 Nm, while Pertamina fuel has an average difference of 0.05 Nm. In the comparison of manual power calculations and the results of tests using a dynotest using Shell Super fuel and Pertamina fuel, there is an average difference of 0.03 Nm for each fuel. Shell Super fuel has a significant increase in torque at engine speed of 2500-3000 rpm causing the temperature of the car engine to increase in the working temperature of the engine where the cooling fan in the engine is active to stabilize the engine's working temperature. Pertamina and Shell Super fuels are found where the differences obtained include the value of Carbon Monoxide (CO) levels with a difference of 0.07%, the value of Hydro Carbon (HC) levels with a difference of 45 ppm, the value of Carbon Dioxide (CO₂) levels with a difference of 0.3%, and the value of Oxygen (O₂) content with a difference of 0.01%. And for the comparison of prices for Shell Super fuel and Pertamina fuel, the price difference is Rp. 1.580.00.

Keywords: Pertamina fuel, Shell Super fuel, engine performance, power, torque, and exhaust emissions.

ABSTRAK

Pekembangan otomotif berkembang pesat disertai meningkatnya industri bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil performa mesin dan emisi gas buang yang diuji menggunakan bahan bakar Pertamina dan Shell Super pada kendaraan roda empat tipe injeksi AVANZA 1300cc. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pengambilan data penelitian uji performa mesin menggunakan alat dynotest dan pengambilan data penelitian uji emisi gas buang menggunakan alat gas analyzer. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan terhadap uji performa mesin (torsi dan daya) menggunakan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina, di mana selisih nilai torsi sebesar 1.11 Nm dan selisih nilai daya sebesar 0.77 HP. Dalam perbandingan perhitungan torsi secara manual dan hasil dari uji menggunakan dynotest dengan menggunakan bahan bakar Shell Super memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.04 Nm, sedangkan bahan bakar Pertamina memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.05 Nm. Dalam perbandingan perhitungan daya secara manual dan hasil dari uji menggunakan dynotest dengan menggunakan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.03 Nm pada masing masing bahan bakar. Pada bahan bakar Shell Super mengalami kenaikan torsi secara signifikan pada putaran mesin sebesar 2500-3000 rpm menyebabkan suhu pada mesin mobil mengalami kenaikan suhu kerja mesin di mana kipas pendingin dalam mesin aktif untuk menyetabilkan suhu kerja mesin. Dan uji emisi gas buang yang diuji menggunakan bahan bakar Pertamina dan Shell Super terdapat dimana selisih yang didapat, antara lain nilai kadar Karbon Monoksida (CO) dengan selisih sebesar 0.07 % , nilai kadar Hidro Karbon (HC) dengan selisih sebesar 45 ppm , nilai kadar Karbon Dioksida (CO₂) dengan selisih sebesar 0,3 % , dan nilai kadar Oksigen (O₂) dengan selisih sebesar 0.01 % . Serta untuk perbandingan harga terhadap bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina memiliki selisih harga Rp. 1.580.00.

Kata kunci : bahan bakar Pertamina, bahan bakar Shell Super, Performa mesin, daya, torsi, dan emisi gas buang

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri berkembang pesat setiap saat, termasuk industri otomotif yang menghasilkan produk otomotif berupa kendaraan seperti mobil, sepeda motor dan suku cadang. Demikian pula, penemuan mesin Otto dan mesin diesel mendorong produksi massal kendaraan di industri. Setelah proses produksi, para pelaku industri tentu ingin mendapatkan hasil produksi yang maksimal dari produk yang mereka buat, pada kendaraan seperti mobil atau motor, perlu dilakukan pengujian performa

kendaraan. Dalam melakukan pengujian performa kendaraan dibutuhkan alat dynamometer.

Performa kendaraan dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dan sistem bahan bakar. Pengguna kendaraan bermotor biasanya tidak mengetahui bahwa spesifikasi detail menentukan pergerakan dan laju kendaraan. Penggunaan bahan bakar berkualitas rendah akan menyebabkan penurunan performa kendaraan. Pemilihan bahan bakar disesuaikan dengan spesifikasi kendaraan itu sendiri. Semakin tinggi rasio pencampuran

bahan bakar dan udara di dalam kendaraan, maka semakin tinggi pula kualitas bahan bakar yang harus digunakan.

Kualitas bahan bakar diwakili oleh angka oktan. Mesin kendaraan perlu menyesuaikan bahan bakar yang dirancang oleh mesin itu sendiri agar dapat bekerja secara optimal. Penggunaan kendaraan bermotor tentunya tidak terlepas dari jenis bahan bakar yang digunakan untuk mendapatkan performa mesin yang terbaik. Diantaranya untuk mendapatkan daya dan torsi yang optimal.

Saat ini manusia sangat tergantung sekali dengan kendaraan bermotor untuk mendukung aktifitasnya sehari-hari dengan mobilitas yang sangat tinggi, karena selain praktis kendaraan bermotor yang ada saat ini juga sangat nyaman dan mampu memberikan perlindungan yang baik bagi pengendaranya, selain itu memiliki kendaraan bermotor sudah menjadi gaya hidup. Hal itu tentu saja meningkatkan jumlah kendaraan yang ada, sehingga populasinya saat ini sudah sangat besar.

Banyaknya kendaraan bermotor sekarang ini menimbulkan masalah polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang mengandung racun. Emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengandung racun disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari proses pembakaran di dalam ruang pembakaran motor bensin. Berbagai cara dikembangkan untuk meminimalkan bahkan menghilangkan kandungan racun dalam gas buang kendaraan bermotor.

Kontribusi emisi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara terbesar mencapai 60-70%, dibanding dengan industri yang hanya berkisar antara 10-15%. Sedangkan sisanya berasal dari

rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan/ladang dan lain-lain. Peningkatan polusi udara dari sektor transportasi sangat signifikan dan berdampak kurang baik pada kehidupan dan lingkungan saat ini. Sebuah kendaraan dari proses bekerjanya dapat menghasilkan polutan berupa gas Karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogen oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO₂) dan Timbal (Pb) yang sering disebut sebagai polutan primer. Salah satu polutan udara yang berbahaya dan sangat dominan jumlahnya adalah gas Karbon Monoksida (CO) yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara motor bensin yang tidak sempurna. Hasil dari Analisa ini untuk mengetahui hasil performa berupa daya serta torsi dan emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang menggunakan variasi bahan bakar Pertamina RON 92 dan bahan bakar Shell Super RON 92.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Motor Bakar

Motor bakar adalah mesin atau pesawat yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi termal, dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik. Energi termal diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada mesin itu sendiri.

2.2 Motor Bensin (Siklus Otto)

Mesin bensin atau mesin Otto diciptakan oleh Nikolaus August Otto dari Jerman tahun 1864. Motor bensin merupakan motor yang menggunakan bahan bakar bensin untuk memperoleh

tenaga panas (heat energy), dimana campuran bensin bahan bakar dan udara yang diisap ke dalam silinder dimampatkan dengan piston, kemudian dipercikan bunga api melalui elektroda busi, maka terjadilah pembakaran. Dengan terbakarnya campuran bensin bahan bakar dan udara yang ada di dalam silinder, suhu dan tekanan di dalam silinder akan naik sehingga akan diperoleh tenaga yang akan menggerakkan piston.

2.3 Bahan bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Berdasarkan bentuk atau wujudnya bahan bakar dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Bahan bakar padat
2. Bahan bakar cair
3. Bahan bakar gas

Adapun penjelasan dari jenis bahan bakar yang akan diteliti sebagai berikut :

2.3.1 Bahan bakar Pertamina

Pertamax adalah bahan bakar yang ramah lingkungan (unleaded) yang memiliki oktan yang cukup tinggi serta merupakan pengembangan dan penyempurnaan dari bahan bakar sebelumnya. Komposisi formula yang baru terbuat dari bahan yang berkualitas tinggi dan dapat dipastikan mesin kendaraan yang memakai produk pertamax akan bekerja lebih baik, lebih bertenaga pada setiap putaran mesin, knock free, emisi gas buang yang rendah, dan lebih mempunyai konsumsi bahan bakar yang lebih irit.

2.3.2 Bahan bakar Shell Super

Shell super merupakan produk bahan bakar dari Shell yang memiliki nilai oktan 92. Bahan bakar Shell Super didesain khusus untuk kendaraan yang memiliki kompresi mesin yang tinggi. Shell Super memiliki campuran zat adiktif yang mampu membersihkan ruang mesin sehingga ruang bakar tidak mudah berkerak akibat dari sisa pembakaran yang tidak sempurna.

2.4 Performa Motor Bakar

Performa kendaraan merupakan hasil yang dikeluarkan oleh hasil pembakaran motor tersebut. Dari membaca hasil - hasil tersebut biasanya kita dapat mengetahui daya dan torsi dari kendaraan tersebut. Secara umum daya berbanding lurus dengan luas torak sedangkan torsi berbanding lurus dengan langkah torak.

2.4.1. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Satuan torsi biasanya dinyatakan dalam N.m (Newton meter). Adapun perumusannya adalah sebagai berikut :

$$T = (p \cdot 60000) / (2 \pi \cdot n \cdot 1.341 \text{ (HP)})$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

p = daya (HP)

n = putaran mesin (rpm)

2.4.2. Daya

Daya yang dihitung dengan satuan kW (kilo watts) atau HP (horse power) mempunyai hubungan erat dengan torsi. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus :

$$p = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} (kW)$$

Dimana :

p = daya (kW)

n = putaran mesin (rpm)

T = torsi (Nm)

2.5 Pengukuran Performa Motor Bakar

Proses untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter performa motor bakar perlu dilakukannya pengukuran, pada penelitian ini pengukuran performa motor bakar dilakukan dengan menggunakan alat dinamometer. Dinamometer adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur daya dan torsi yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin. Fungsi dinamometer adalah sebagai pemberi beban pada motor bakar saat beroperasi.

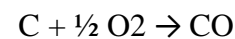
2.6 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida

(CO₂), uap air (H₂O), Oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO_x) . Macam – macam gas buang antara lain :

Karbon Monoksida (CO)

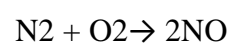
Pembentukan Karbon Monoksida (CO) di ruang bakar disebabkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara) dengan proses sebagai berikut :



Karbon Monoksida (CO) yang dikeluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin, untuk mengurangi CO perbandingan campuran ini harus dibuat kurus, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang lain, yaitu NO_x akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. Karbon Monoksida (CO) sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, mual.

Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. Dengan reaksi sebagai berikut:



Hidrokarbon (HC)

Pada proses pembakaran yang tidak sempurna ada bahan bakar (bensin) yang tidak terbakar, dimana bahan bakar yang tidak terbakar ini keluar dari ruang bakar dalam bentuk gas HC mentah dan juga menyebabkan bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC yang keluar bersama gas buang dengan reaksi sebagai berikut :



Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR=Air Fuel Ratio) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat "bersembunyi" dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi.

Karbon Dioksida (CO₂)

Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO₂ berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO₂ akan turun secara drastis. Apabila CO₂ berada dibawah 12%, maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO₂ ini hanya ruang bakar dan CC. Apabila CO₂ terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran pipa knalpot.

Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan

konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon.

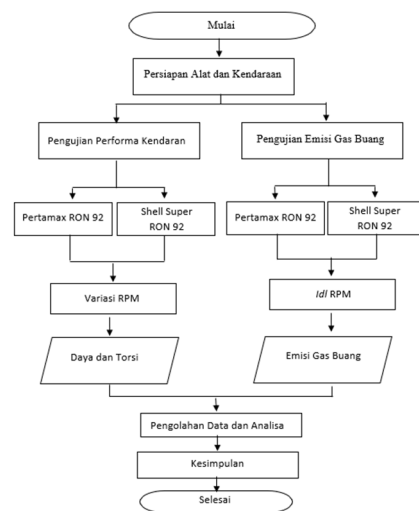
2.7 Standar Uji Emisi

Uji emisi gas buang kendaraan bermotor adalah proses pengukuran kadar dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam emisi gas buang kendaraan bermotor. Uji emisi gas buang dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari emisi gas buang kendaraan bermotor, Selanjutnya hasil dari uji emisi gas buang ini dapat digunakan untuk pengendalian dan penyusunan regulasi terhadap emisi buang kendaraan bermotor.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penulisan

Tahapan penyusunan penulisan dilakukan dengan tahap seperti terlihat pada gambar diagram alir 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Variabel Penelitian

Variabel adalah obyek penelitian, atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Dalam penelitian ini terdapat dua variabel, yaitu :

1. RPM bahan bakar (variabel bebas)
2. Daya dan Torsi (variabel terikat)
3. Emisi gas buang (variable terikat)

3.3. Metode Pengambilan Data

Metode dalam penelitian ini yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu metode yang digunakan untuk menganalisa perbandingan torsi, daya, dan emisi gas buang pada motor bensin 4 langkah dengan bahan Pertamina RON 92 dan Shell Super RON 92 serta dengan memberikan perlakuan berupa variasi rpm.

3.4. Alat dan Bahan Pada Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Kendaraan Roda empat tipe injeksi Toyota Avanza 1300 cc
2. Dyanometer/ dynotest ialah alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya pada kendaraan bermotor.
3. Gas analyzer ialah instument/alat yang digunakan untuk mengukur proporsi dan komposisi dari gabungan gas yaitu hidrokarbon (HC), monoksida (CO), karbondioksida (CO2) dan oksigen (O2) yang terkandung dalam hasil proses pembakaran bahan bakar.
4. Bahan bakar Pertamina dan bahan bakar Shell Super.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dalam penelitian uji performa mesin meliputi torsi dan daya serta uji emisi gas buang terhadap perbandingan bahan bakar Pertamina RON 92 dan bahan bakar Shell Super RON 92 pada kendaraan Avanza 1300cc-EFI terdapat hasil data penelitian yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4. 1. Hasil penelitian uji torsi dan daya dengan bahan bakar Pertamina dan Shell Super

Tabel 4. 2. Hasil penelitian uji emisi gas buang dengan bahan bakar Pertamina dan Shell Super

No	Input (rpm)	Pengukuran Emisi Gas Buang Bahan Bakar Shell Super RON 92				Pengukuran Emisi Gas Buang Bahan Bakar Pertamina RON 92			
		CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
1	Idle 1000 rpm	0.11	106	12.70	0.11	0.03	43	12.4	0.07
2		0.14	100	12.50	0.06	0.09	86	12.3	0.05
3		0.14	113	12.60	0.06	0.03	55	12.4	0.05
4		0.10	121	12.80	0.06	0.05	77	12.4	0.05
Rata-Rata		0.12	110	12.65	0.07	0.05	65	12.4	0.06

No.	Input (rpm)	Bahan Bakar Shell Super RON 92		Bahan Bakar Pertamina RON 92	
		Torsi (Nm)	Daya (HP)	Torsi (Nm)	Daya (HP)
1	2500	85.29	29.94	85.85	30.14
2	3000	90.54	38.15	89.50	37.71
3	3500	90.16	44.31	90.68	44.57
4	4000	88.09	49.48	88.74	49.85
5	4500	90.03	56.89	90.50	57.19
6	5000	90.62	63.63	91.73	64.41
7	5500	84.81	65.51	85.85	66.31
8	6000	80.82	68.10	81.44	68.62
9	6500	74.73	68.21	75.56	68.98

4.2. Analisa Data

Dalam hasil data penelitian uji performa mesin meliputi torsi dan daya serta uji emisi gas buang terhadap perbandingan bahan bakar Pertamina RON 92 dan bahan bakar Shell Super RON 92 pada kendaraan Avanza 1300cc-EFI terdapat perbedaan hasil data antara kedua bahan bakar tersebut, adapun pembahasannya sebagai berikut :

4.2.1. Perbandingan Torsi Antara Bahan Bakar Pertamina RON 92 dan Bahan Bakar Shell Super RON 92



Gambar 4. 1. Perbandingan antara Putaran Mesin (rpm) dengan Torsi (Nm)

Berdasarkan grafik 4.1 hasil penelitian uji performa tentang torsi, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara torsi yang dihasilkan menggunakan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina. Pada bahan bakar Shell Super saat putaran mesin

2500 rpm sampai dengan 3000 rpm, torsi yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 85.29 Nm menjadi 90.54 Nm dengan selisih kenaikan sebesar 5.25 Nm. Saat putaran mesin dinaikkan dari 3000 rpm sampai dengan 4000 rpm, torsi yang dihasilkan mengalami penurunan dengan nilai sebesar 90.16 Nm dan 88.09 Nm. Dan saat putaran mesin dinaikkan, torsi mengalami kenaikan disaat putaran mesin 4500 rpm sebesar 90.03 Nm dan putaran mesin 5000 rpm sebesar 90.62 Nm. Torsi yang dihasilkan oleh putaran mesin 5000 rpm ini merupakan torsi maksimum yang dihasilkan bahan bakar Shell Super. Saat putaran mesin dinaikkan dengan putaran mesin dari 5000 rpm sampai dengan 6500 rpm mengalami penurunan torsi dengan nilai 84.81 Nm, 80.82 Nm, dan 74.73 Nm.

Sedangkan pada bahan bakar Pertamina saat putaran mesin 2500 rpm sampai dengan 3500 rpm, torsi yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 85.85 Nm menjadi 90.68 Nm dengan selisih kenaikan sebesar 4.83 Nm. Saat putaran mesin 4000 rpm, torsi mengalami penurunan sebesar 88.74 Nm. Dan saat putaran mesin dinaikkan, torsi mengalami kenaikan disaat putaran mesin 4500 rpm sebesar 90.5 Nm dan putaran mesin 5000 rpm sebesar 91.73 Nm. Torsi yang dihasilkan oleh putaran mesin 5000 rpm ini merupakan torsi maksimum yang dihasilkan bahan bakar Pertamina. Saat putaran mesin dinaikkan kembali dengan putaran mesin sebesar 5500 rpm sampai dengan 6500 rpm mengalami penurunan torsi dengan nilai 85.85 Nm, 81.44 Nm, dan 75.56 Nm.

Melalui data yang diatas dapat dilihat nilai torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar Pertamina lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar Shell

Super. Dimana nilai torsi yang dihasilkan bahan bakar Pertamina sebesar 91.73 Nm sedangkan bahan bakar Shell Super sebesar 90.62 Nm dengan selisih sebesar 1.11 Nm.

Adapun perhitungan manual untuk mendapatkan nilai torsi dengan berbahan bakar Shell Super :

Diketahui putaran mesin 2500 rpm dengan daya 29.94 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (29.94.60000) / (2.3,14 .2500.1.341(HP))$$

$$T = 85.32 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 3000 rpm dengan daya 38.15 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (38.15.60000) / (2.3,14 .3000.1.341(HP))$$

$$T = 90.6 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 3500 rpm dengan daya 44.31 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (44.31.60000) / (2.3,14 .3500.1.341(HP))$$

$$T = 90.2 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 4000 rpm dengan daya 49.48 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (49.48.60000) / (2.3,14 .4000.1.341(HP))$$

$$T = 88.13 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 4500 rpm dengan daya 56.89 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (56.89.60000) / (2.3,14 .4500.1.341(HP))$$

$$T = 90.07 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 5000 rpm dengan daya 63.63 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (63.63.60000) / (2.3,14 .5000.1.341(HP))$$

$$T = 90.67 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 5500 rpm dengan daya 65.51 kW.

$$T = (p.60000) / (2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T = (65.51.60000) / (2.3,14 .5500.1.341(HP))$$

$$T = 84.86 \text{ Nm}$$

Diketahui putaran mesin 6000 rpm dengan daya 68.10 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(68.10.60000)/(2.3,14 .6000.1.341(HP))$$

$$T=80.86 Nm$$

Diketahui putaran mesin 6500 rpm dengan daya 68.21 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(68.21.60000)/(2.3,14 .6500.1.341(HP))$$

$$T=74.76 Nm$$

Adapun perhitungan manual untuk mendapatkan nilai torsi dengan berbahan bakar Pertamina :

Diketahui putaran mesin 2500 rpm dengan daya 30.14 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(30.14.60000)/(2.3,14 .2500.1.341(HP))$$

$$T=85.89 Nm$$

Diketahui putaran mesin 3000 rpm dengan daya 37.71 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(37.71.60000)/(2.3,14 .3000.1.341(HP))$$

$$T=89.56 Nm$$

Diketahui putaran mesin 3500 rpm dengan daya 44.57 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(44.57.60000)/(2.3,14 .3500.1.341(HP))$$

$$T=90.73 Nm$$

Diketahui putaran mesin 4000 rpm dengan daya 49.48 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(49.48.60000)/(2.3,14 .4000.1.341(HP))$$

$$T=88.79 Nm$$

Diketahui putaran mesin 4500 rpm dengan daya 57.19 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(57.19.60000)/(2.3,14 .4500.1.341(HP))$$

$$T=90.55 Nm$$

Diketahui putaran mesin 5000 rpm dengan daya 64.41 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(64.41.60000)/(2.3,14 .5000.1.341(HP))$$

$$T=91.78 Nm$$

Diketahui putaran mesin 5500 rpm dengan daya 66.31 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(66.31.60000)/(2.3,14 .5500.1.341(HP))$$

$$T=85.90 Nm$$

Diketahui putaran mesin 6000 rpm dengan daya 68.62 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(68.62.60000)/(2.3,14 .6000.1.341(HP))$$

$$T=81.48 Nm$$

Diketahui putaran mesin 6500 rpm dengan daya 68.98 kW.

$$T = (p.60000)/(2 \pi .n.1.341 (HP))$$

$$T=(68.98.60000)/(2.3,14 .6500.1.341(HP))$$

$$T=75.61 Nm$$

Tabel 4. 3. Perbandingan perhitungan torsi menggunakan dynotest dan manual bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina

Perhitungan Torsi (Nm) menggunakan Dynotest		Perhitungan Torsi (Nm) secara manual	
Bahan bakar shell Super	Bahan bakar Pertamina	Bahan bakar Shell Super	Bahan bakar Pertamina
85.29	29.94	85.32	85.89
90.54	38.15	90.60	89.56
90.16	44.31	90.20	90.73
88.09	49.48	88.13	88.79
90.03	56.89	90.07	90.55
90.62	63.63	90.67	91.78
84.81	65.51	84.86	85.90
80.82	68.10	80.86	81.48
74.73	68.21	74.76	75.61

Perhitungan diatas bertujuan untuk menyesuaikan dengan data yang diambil saat penelitian pengujian. Dan dapat disimpulkan sesuai dengan hasil perhitungan dan hasil pengujian maka torsi yang dihasilkan tidak memiliki selisih yang signifikan dimana bahan bakar Shell Super memiliki selisih rata rata sebesar 0.04 Nw dan sedangkan bahan bakar Pertamina memiliki selisih rata rata sebesar 0.05 Nw dari perbandingan nilai data perhitungan dan data penelitian masing masing bahan bakar.

Berdasarkan grafik 4.1 pada putaran mesin 2500 - 3000 rpm bahan bakar Shell

Super mengalami kenaikan torsi secara signifikan menyebabkan suhu pada mesin mobil mengalami kenaikan suhu kerja mesin di mana kipas pendingin dalam mesin aktif untuk menyetabilkan suhu kerja mesin. Sedangkan bahan bakar Pertamina memiliki kenaikan torsi secara bertahap sampai suhu kerja mesin meningkat dari 2500 – 3500 rpm.

Perbandingan Daya Antara Bahan Bakar Pertamina RON 92 dan Bahan Bakar Shell Super RON 92



Grafik 4. 1. Perbandingan antara Putaran Mesin (rpm) dengan Daya (HP)

Grafik 4.2 didapat sesuai dengan hasil perbandingan daya antara bahan bakar Pertamina dan bahan bakar Shell Super yang terdapat pada tabel 4.1. Berdasarkan grafik 4.2 hasil penelitian uji performa tentang daya, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina. Di dalam grafik terlihat semakin besar putaran mesin diberikan semakin besar daya yang didapat oleh kedua bahan bakar yang diuji. Pada saat putaran mesin sebesar 2500 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 29.94 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 30.14 HP dan memiliki selisih sebesar 0.2 HP. Putaran mesin sebesar 3000 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 38.15 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina

sebesar 37.71 HP dan memiliki selisih sebesar 0.44 HP. Putaran mesin sebesar 3500 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 44.31 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 44.57 HP dan memiliki selisih sebesar 0.26 HP. Putaran mesin sebesar 4000 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 49.48 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 49.85 HP dan memiliki selisih sebesar 0.37 HP. Putaran mesin sebesar 4500 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 56.89 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 57.19 HP dan memiliki selisih sebesar 0.3 HP. Putaran mesin sebesar 5000 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 63.63 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 64.41 HP dan memiliki selisih sebesar 0.78 HP. Putaran mesin sebesar 5500 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 65.51 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 66.31 HP dan memiliki selisih sebesar 0.8 HP. Putaran mesin sebesar 6000 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 68.10 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 68.62 HP dan memiliki selisih sebesar 0.52 HP. Dan Putaran mesin sebesar 6500 rpm pada bahan bakar Shell Super memiliki daya sebesar 68.21 HP, sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 68.98 HP dan memiliki selisih sebesar 0.77 HP. Daya maksimum terjadi pada putaran mesin 6500 rpm dengan nilai pada bahan bakar Shell Super sebesar 68.21 HP dan bahan bakar Pertamina sebesar 68.98 HP

Adapun perhitungan manual untuk mendapatkan daya dengan bahan bakar Shell Super :

Diketahui putaran mesin 2500 rpm dengan torsi 85.29 Nm.

$p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 2500 \cdot 85.29) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 29.93$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 3000 rpm dengan torsi 90.54 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \cdot 90.54) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 38.12$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 3500 rpm dengan torsi 90.16 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 3500 \cdot 90.16) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 44.29$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 4000 rpm dengan torsi 88.09 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \cdot 88.09) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 49.46$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 4500 rpm dengan torsi 90.03 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 4500 \cdot 90.03) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 56.86$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 5000 rpm dengan torsi 90.62 Nm
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 5000 \cdot 90.62) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 63.60$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 5500 rpm dengan torsi 84.81 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 5500 \cdot 84.81) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 65.47$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 6000 rpm dengan torsi 80.82 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 6000 \cdot 80.82) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 68.06$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 6500 rpm dengan torsi 74,73 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 6500 \cdot 74,73) / 60000 \times 1.341$ (HP)

$p = 68.18$ (HP)
 Adapun perhitungan manual untuk mendapatkan daya dengan berbahan bakar Pertamina :
 Diketahui putaran mesin 2500 rpm dengan torsi 85.85 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 2500 \cdot 85.85) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 30.12$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 3000 rpm dengan torsi 89.5 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \cdot 89.5) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 37.69$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 3500 rpm dengan torsi 90.68 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 3500 \cdot 90.68) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 44.55$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 4000 rpm dengan torsi 88.74 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \cdot 88.74) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 49.82$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 4500 rpm dengan torsi 90.50 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 4500 \cdot 90.50) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 57.16$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 5000 rpm dengan torsi 91.73 Nm
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 5000 \cdot 91.73) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 64.38$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 5500 rpm dengan torsi 85.85 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = (2 \cdot 3,14 \cdot 5500 \cdot 85.85) / 60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 66.27$ (HP)
 Diketahui putaran mesin 6000 rpm dengan torsi 81.44 Nm.
 $p = (2 \pi \cdot n \cdot T) / 60000 \times 1.341$ (HP)

$p = (2.3,14.6000.81.44)/60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 68.58$ (HP)

Diketahui putaran mesin 6500 rpm dengan torsi 75.56 Nm.

$p = (2 \pi . n . T)/60000 \times 1.341$ (HP)

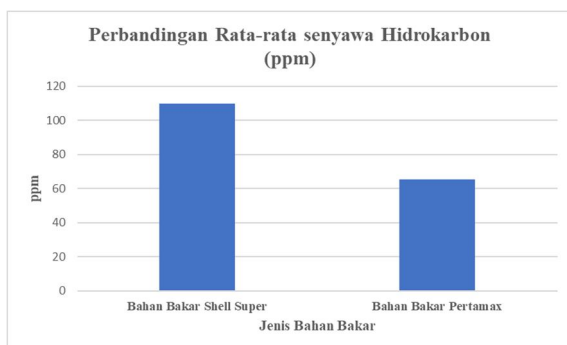
$p = (2.3,14.6500.75.56)/60000 \times 1.341$ (HP)
 $p = 68.94$ (HP)

Tabel 4. 4. Perbandingan perhitungan daya menggunakan dynotest dan manual bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina

Perhitungan Daya (HP) menggunakan Dynotest		Perhitungan Daya (HP) secara manual	
Bahan bakar shell Super	Bahan bakar Pertamina	Bahan bakar Shell Super	Bahan bakar Pertamina
29.94	30.14	29.93	30.12
38.15	37.71	38.12	37.69
44.31	44.57	44.29	44.55
49.48	49.85	49.46	49.82
56.89	57.19	56.86	57.16
63.63	64.41	63.60	64.38
65.51	66.31	65.47	66.27
68.10	68.62	68.06	68.58
68.21	68.98	68.18	68.94

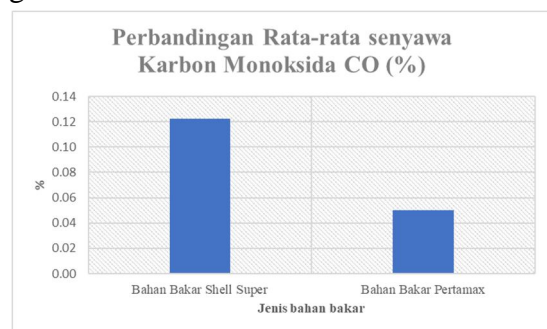
Perhitungan diatas bertujuan untuk menyesuaikan dengan data yang diambil saat penelitian pengujian. Dan dapat disimpulkan sesuai dengan hasil perhitungan dan hasil pengujian maka torsi yang dihasilkan tidak memiliki selisih yang signifikan dimana bahan bakar Shell Super dan Pertamina memiliki selisih rata rata sebesar 0.03 Nw dari perbandingan nilai data perhitungan dan data penelitian masing masing bahan bakar.

4.2.3. Perbandingan Emisi Gas Buang Antara Bahan Bakar Shell Super dan Bahan Bakar Pertamina



1. Perbandingan Senyawa Karbon Monoksida (CO)

Berdasarkan hasil rata-rata senyawa karbon monoksida (CO) yang didapat dari penelitian uji emisi gas buang sesuai tabel 4.2. yang dilakukan menggunakan alat gas analyzer bahwa nilai kadar karbon monoksida (CO) menggunakan bahan bakar Pertamina lebih rendah dibandingkan bahan bakar Shell Super. Dapat dilihat grafik dibawah ini :



Grafik 4. 2. Perbandingan rata rata kedua bahan bakar terhadap senyawa karbon monoksida (CO)

Di mana kadar karbon monoksida (CO) pada bahan bakar Shell Super menunjukkan nilai sebesar 0.12 % dan sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 0.05 %. Gas karbon monoksida terjadi akibat terjadinya pembakaran sebelum pengapian atau kekurangan oksigen (O₂) sehingga proses pembakaran di ruang bakar tidak sempurna karena banyak atom karbon (C) yang tidak mendapatkan cukup oksigen (O₂). Kadar karbon monoksida (CO) dengan bahan bakar Pertamina lebih rendah disebabkan karena gas karbon monoksida teroksidasi oksigen secara baik.

2. Perbandingan Senyawa Hidrokarbon (HC)

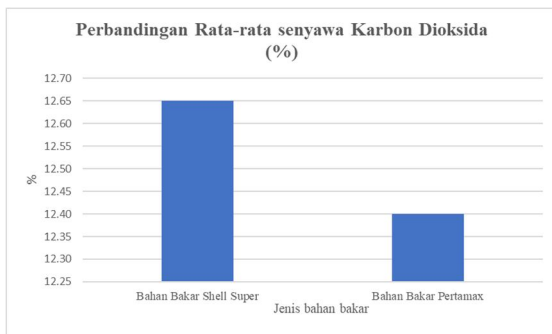
Berdasarkan hasil rata-rata senyawa hidrokarbon (HC) yang didapat dari penelitian uji emisi gas buang sesuai tabel

4.2. yang dilakukan menggunakan alat gas analyzer bahwa nilai kadar hidrokarbon (HC) menggunakan bahan bakar Pertamina proses pembakarannya lebih baik dibandingkan bahan bakar Shell Super. Dapat dilihat grafik dibawah ini :

Gambar 4. 4. Perbandingan rata rata kedua bahan bakar terhadap senyawa hidrokarbon (HC)

Berdasarkan gambar 4.4 menunjukkan hasil rata rata senyawa hidrokarbon (HC) yang dikeluarkan saat pembakaran dengan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina, dimana kadar senyawa hidrokarbon (HC) pada bahan bakar Shell Super sebesar 110 ppm dan sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 65 ppm dengan selisih 45 ppm. Pembakaran yang dihasilkan oleh kendaraan yang menggunakan bahan bakar Pertamina dioksidasi oleh O₂, sehingga kadar hidrokarbon (HC) berubah menjadi CO₂ dan H₂O, mengakibatkan kadar hidrokarbon yang lebih rendah menggunakan bahan bakar Pertamina, dibandingkan bahan bakar Shell Super.

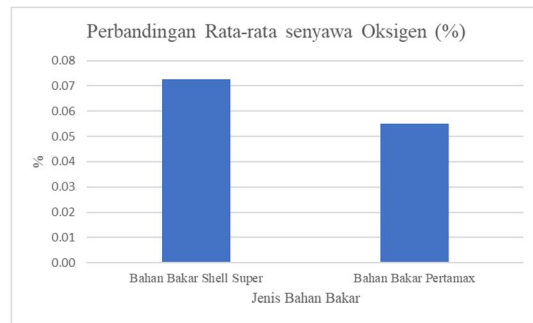
3. Perbandingan Senyawa Karbon Dioksida (CO₂)



Grafik 4. 5. Perbandingan rata rata kedua bahan bakar terhadap senyawa karbon dioksida (CO₂)

Berdasarkan grafik hasil 4.5 menunjukkan hasil rata rata senyawa karbon dioksida (CO₂) yang dikeluarkan saat pembakaran dengan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina, dimana kadar senyawa karbon dioksida (CO₂) pada bahan bakar Shell Super sebesar 12.7 % dan sedangkan bahan bakar Pertamina sebesar 12.4 %. Kedua bahan bakar ini tergolong aman dalam ambang batas emisi gas buang yang telah ditentukan di mana ambang batas karbon dioksida berkisar 12% sampai dengan 15%

4. Perbandingan Senyawa Oksigen (O₂)



Grafik 4. 6. Perbandingan rata rata kedua bahan bakar terhadap senyawa Oksigen (O₂)

Berdasarkan grafik hasil pengujian diatas menunjukkan hasil rata rata senyawa oksigen (O₂) yang dikeluarkan saat pembakaran dengan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamina, dimana kadar senyawa oksigen (O₂) pada bahan bakar Shell Super sebesar 0.07 % lebih tinggi dibandingkan bahan bakar Pertamina dengan kadar sebesar 0.06 %. Melalui data tersebut dapat dilihat sisa senyawa oksigen yang tidak terpakai dalam pembakaran yang mempengaruhi kadar yang keluar dari sisa pembakaran di ruang bakar. Dan kadar oksigen dengan bahan bakar Shell Super ataupun Pertamina menunjukkan kondisi aman sesuai dengan ambang batas emisi gas

dengan batas 1,2 % atau lebih kecil bahkan 0 %.

5. SIMPULAN

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan pada kendaraan roda empat tipe injeksi Daihatsu Xenia 1300cc dengan menggunakan bahan bakar pertalite RON 90 dan pertamax RON 92 disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan pengujian performa kendaraan menggunakan alat dynamometer / dynotest didapatkan hasil,yaitu :

- a. Untuk nilai torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar Pertamax sebesar 91.73 Nm dan pada bahan bakar Shell Super sebesar 90.62 Nm pada putaran mesin yang sama yaitu 5000 rpm,maka dari hasil pengujian tersebut berbahan bakar Pertamax lebih baik dibandingkan berbahan Bakar Shell Super dengan selisih sebesar 1.11 Nm.
- b. Untuk hasil perbandingan perhitungan torsi secara manual dan hasil dari uji menggunakan dynotest dengan menggunakan bahan bakar Shell Super memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.04 Nm,se sedangkan bahan bakar Pertamax memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.05 Nm.
- c. Untuk putaran mesin 2500 - 3000 rpm bahan bakar Shell Super mengalami kenaikan torsi secara signifikan menyebabkan suhu pada mesin mobil mengalami kenaikan suhu kerja mesin di mana kipas pendingin dalam mesin aktif untuk menyetabilkan suhu kerja mesin. Sedangkan bahan bakar Pertamax memiliki kenaikan torsi secara

bertahap sampai suhu kerja mesin meningkat dari 2500 – 3500 rpm.

- d. Untuk nilai daya maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar Pertamax sebesar 68.98 HP dan pada bahan bakar Shell Super sebesar 68.21 HP pada putaran mesin yang sama yaitu 6500 rpm,maka dari hasil pengujian tersebut bahan bakar Pertamax lebih baik dibandingkan bahan Bakar Shell Super dengan selisih sebesar 0.77 HP.
 - e. Untuk hasil perbandingan perhitungan daya secara manual dan hasil dari uji menggunakan dynotest dengan menggunakan bahan bakar Shell Super dan bahan bakar Pertamax memiliki selisih dengan rata-rata sebesar 0.03 Nm pada masing masing bahan bakar.
2. Berdasarkan pengujian emisi gas buang menggunakan alat gas analyzer mendapatkan hasil bahwa bahan bakar Pertamax lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar Shell Super. Di mana dapat dilihat dari selisih yang didapat,antara lain nilai kadar Karbon Monoksida (CO) dengan selisih sebesar 0.07 % , nilai kadar Hidro Karbon (HC) dengan selisih sebesar 45 ppm , nilai kadar Karbon Dioksida (CO₂) dengan selisih sebesar 0,3 % , dan nilai kadar Oksigen (O₂) dengan selisih sebesar 0.01 %.
3. Berdasarkan perbandingan harga per liter harga bahan bakar Pertamax lebih murah dengan bahan bakar Shell Super dimana harga bahan bakar Pertamax Rp. 9,000,00 / Liter dan bahan bakar Shell Super dengan harga Rp.10,580,00 dengan selisih harga Rp. 1.580.00.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agus. (2010). Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Dengan Radiator Sebagai Upaya Meningkatkan Kinerja Mesin Bensin. *Malang Vol. 2 No. 2 (23 – 27)*.
2. Gunandi. (2010). Pengaruh Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mobil Dengan Sistem Bahan Bakar Injeksi (EFI). Hasil Penelitian. UNY. Yogyakarta
3. Kristanto, P. (2015). Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya). Yogyakarta: Penerbit ANDI.
4. Machmud Syahril, U. B. (2013). Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta Vol. 3 No. 1*.
5. Siswantoro, Lagiyono, Siswiyanti. (2016). Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Ber motor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Variasi Penambahan Zat Aditif.
6. Winarno, J. (2011). Studi ekperimental pengaruh penambahan bioetanol pada bahan bakar pertamax terhadap unjuk kerja motor bensin. *Jurnal Teknik*.
7. Winarno, J. (2017). Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik*.
8. Wiratmaja, I. G. (2010). Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Universitas Udayana Bali Vol. 4 No. 1*.
9. Raharjo, W. D. (2008). *Mesin Konversi Energi*. Semarang: UNNES PRESS.
10. Suyatno, A. (2010). Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Dengan Radiator Sebagai Upaya Meningkatkan Kinerja Mesin Bensin. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin PROTON Universitas Widyagama Malang Vol. 2 No.2*.
11. Tri Hartono, S. d. (2011). Penelitian Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium, Pertamax dan Pertamax Plus Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. *Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
12. Wardono, H. (2004). *Modul Pembelajaran Motor Bakar 4 - Langkah*. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
13. Winarno, J. (2011). Studi Eksperimental Pengaruh Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertamax Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin. *Jurnal Teknik*.
14. Wiratmaja, I. G. (2010). Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Universitas Udayana Bali Vol. 4*