

PENGARUH VARIASI NILAI OKTAN BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR 6 LANGKAH

Silvi Wildia Hariadi, Eko Siswanto dan Denny Widhiyanuriawan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: hariadisilvi@yahoo.com

Abstrak

Pada dasarnya berkembangnya teknologi otomotif dewasa ini menjadikan teknologi kendaraan ikut berkembang, termasuk pada sistem pembakaran dimana sistem ini memiliki tingkat kompresi rasio yang tinggi sehingga memerlukan jenis bahan bakar yang sesuai untuk kendaraan tersebut, agar pembakaran berjalan sempurna. pada dasarnya hampir seluruh motor pembakaran dalam menggunakan siklus otto 4 langkah. Alasan utama lebih diminatinya siklus otto 4 langkah dari siklus otto 2 langkah yaitu kehematan bahan bakar. Oleh karena itu dapat dibuat deduksi motor 6 langkah lebih hemat dari motor bakar 4 langkah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengawali pengembangan motor bakar enam langkah berbasis penambahan durasi difusi massa campuran udara–bahan bakar dan durasi difusi termal dari komponen dinding silinder ke campuran udara-bahan bakar. Dengan dilakukannya pengujian unjuk kerja motor bakar enam langkah tersebut, dilakukan juga metoda penggunaan variasi nilai oktan bahan bakar sebagai metoda untuk peningkatan unjuk kerja. Variasi nilai oktan bahan bakar yang dipilih adalah Premium88, Peralite90, Pertamina92 dan Pertamina Plus95. Dengan interval putaran motor saat pengujian sebesar 400 rpm dan bukaan throttle dikondisikan konstan 30%. Unjuk kerja dari motor bakar enam langkah dinilai dari Torsi pada poros engkol, daya, konsumsi bahan bakar spesifik efektif dan efisiensi termal efektif.

Hasil penelitian diketahui bahwa pada penggunaan bahan bakar Peralite oktan 90 terjadi peningkatan nilai rataan dari torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) dan putaran motor berturut-turut sebesar 12%, , efisiensi termal efektif mengalami kenaikan sebesar 7,61%, dan Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,35% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar jenis oktan 88, 92 dan 95.

Kata Kunci : Bahan Bakar, Rasio Kompresi, Nilai Oktan, Motor Bakar 6 Langkah, Unjuk Kerja

PENDAHULUAN

Kualitas suatu bahan bakar ditunjukkan dengan angka oktan. Semakin tinggi angka oktannya maka kemampuan bahan bakar tahan terhadap detonasi juga semakin baik. Mesin sepeda motor memerlukan jenis bahan bakar yang sesuai dengan desain mesin itu sendiri agar dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan kinerja yang optimal, untuk pemakaian sepeda motor tentunya tidak lepas dari penggunaan jenis bahan bakar yang dipakai guna memperoleh kinerja mesin yang optimal diantaranya daya dan torsi. Dua karakteristik penting dari Bensin (*gasoline*)

adalah Volatilitas dan Nilai Oktan dari Bahan Bakar (Saragih, 2009).

Volatilitas merupakan presentase volume yang dapat didistilasi pada atau dibawah temperature yang tetap, jika bensin terlalu volatil dan digunakan pada temperatur lingkungan yang tinggi, maka bensin akan menguap didalam pipa bahan bakar dan membentuk sumbat-uap. Jika bahan bakar tidak cukup volatil maka bensin akan sulit di starter terutama pada temperatur lingkungan yang rendah.

Angka Oktan adalah angka yang menunjukkan berapa besar tekanan maksimum yang bisa diberikan di dalam mesin sebelum

bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran bensin dan udara (berbentuk gas) bisa terbakar sendiri secara spontan sebelum terkena percikan api dari busi. Jadi semakin tinggi angka oktannya, semakin lama bensin itu terbakar spontan (Satibi 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengawali pengembangan motor bakar enam langkah berbasis penambahan durasi difusi massa campuran udara-bahan bakar dan durasi difusi termal dari komponen dinding silinder ke campuran udara-bahan bakar. Dengan dilakukannya pengujian unjuk kerja motor bakar enam langkah tersebut, dilakukan juga metoda penggunaan variasi nilai oktan bahan bakar sebagai metoda untuk peningkatan unjuk kerja. Jika nilai oktan bahan bakar yang digunakan tepat dengan rasio kompresi pada mesin motor dengan demikian, diharapkan terjadi peningkatan terhadap hasil unjuk kerja engine.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Menurut Sururi dan Waluyo (2010) melakukan pengujian penggunaan bahan bakar *Premium* dan *Pertamax* terhadap Unjuk Kerja Mesin pada Sepeda Motor Suzuki Thunder tipe EN-125 cc (4 langkah) dengan perbandingan kompresi 9,2 : 1. Hasil analitis pengujian diperoleh torsi yang dihasilkan oleh bahan bakar *Premium* 10,21 kgf.m pada 6000 rpm lebih tinggi dibandingkan dengan *Pertamax* 9,92 Kgf.m pada 6000 rpm. Daya yang di hasilkan bahan bakar *Premium* dan *Pertamax* sama 10,85 hp pada 10000 rpm hal ini menunjukkan tidak ada peningkatan daya

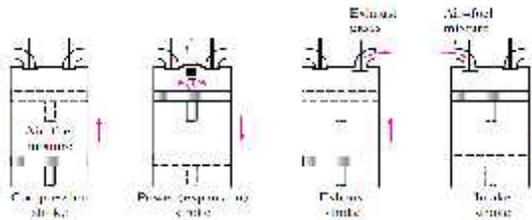
yang signifikan dari penggunaan variasi nilai oktan. Pada putaran mesin 4000 sampai dengan 8000 rpm, konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) *Premium* lebih rendah/irit dari *Pertamax*. Meskipun pada mesin putaran 9000 rpm ke atas (sfc) *Premium* mengalami peningkatan dan lebih tinggi dari *Pertamax*. akan tetapi secara garis besar konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) *Premium* lebih rendah/irit dari *Pertamax*. *Premium* 0,1349 kg HP⁻¹jam⁻¹ dan *Pertamax* 0,261 kg HP⁻¹jam⁻¹ pada 10000 rpm.

Menurut Saidur, et al. (2012) Pemanfaatan kembali energi termal dari gas buang dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar 6 langkah di bandingkan motor bakar 4 langkah konvensional. Dari hasil tersebut memberikan inspirasi bagi desainer motor bakar termasuk Eko Siswanto et al. (2014) dalam mengembangkan motor bakar 6 langkah yang menggunakan metode berbeda yaitu dengan penambahan durasi difusi massa campuran udara-bahan bakar dan termal.

Perbedaan Motor Bakar 4 Langkah Dan 6 Langkah Motor Bakar 4 Langkah

Pada motor bakar 4 langkah dalam satu siklus terdiri dari 4 kali langkah torak dan menghasilkan 2 kali putaran mesin dalam tiap siklusnya. Prinsip kerjanya sebagai berikut :

1. Langkah Hisap
2. Langkah Kompresi
3. Langkah Kerja
4. Langkah Buang

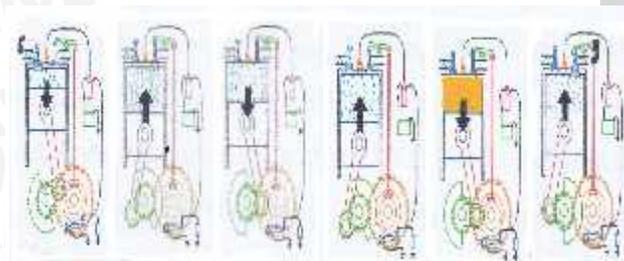


Gambar 1 Siklus Aktual Motor bakar 4 Langkah

Motor Bakar 6 Langkah

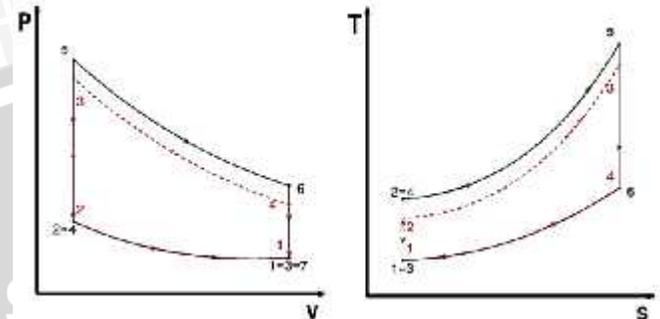
Pada penelitian siklus 6 langkah motor bakar ini terdiri dari penambahan dua langkah kerja terhadap siklus Otto 4 langkah yang bertujuan untuk menambah waktu difusi bahan bakar terhadap udara masuk. Dari penambahan waktu difusi tersebut, mesin memiliki dua tahap dari langkah kompresi pada satu siklus yang memungkinkan untuk peningkatan homogenitas maupun temperatur dari campuran udara – bahan bakar sebelum terbakar agar mendapatkan daya ekspansi yang lebih baik. Secara siklus proses pembakaran yang terjadi didalam motor bakar 6 langkah ini menjadi :

1. Langkah Hisap
2. Langkah Kompresi Difusi I
3. Langkah Ekspansi Difusi
4. Langkah Kompresi Difusi II
5. Langkah Ekspansi
6. Langkah Buang



Gambar 2 Skema siklus motor bakar 6 langkah berbasis difusi massa dan termal campuran

Siklus motor bakar 6 langkah dapat ditunjukkan dalam diagram (P-v) dan diagram (T-s) pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 3 Diagram P-v dan T-s motor bakar 6 Langkah

Langkah kerja siklus motor bakar 6 langkah terdiri dari:

- Proses 0 – 1 : Langkah isap/pengisian
- Proses 1 – 2 : Langkah Kompresi Difusi I
- Proses 2 – 3 : Langkah Ekspansi Difusi
- Proses 3 – 4 : Langkah Kompresi Difusi II
- Proses 4 – 5 : Proses pemasukan kalor
- Proses 5 – 6 : Langkah Ekspansi – tenaga (power)
- Proses 6 – 1 : Langkah buang/pengeluaran gas sisa hasil pembakaran

Bahan Bakar

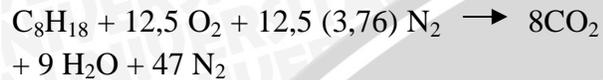
Premium

Premium oktan 88 atau sering kita sebut bensin merupakan salah satu hasil dari penyulingan (destilasi) dari minyak bumi. Bensin merupakan bahan bakar untuk motor bakar jenis SI (*Spark Ignition*), yaitu mesin yang

proses penyalaannya menggunakan percikan api dari busi. Premium yang dipasarkan adalah bensin yang ditambah dengan zat aditif. Zat aditif tersebut antara lain adalah TEL (Tetra Ethyl Lead / $(C_2H_5)_4Pb$) atau TML (Tetra Methyl Lead / $(CH_3)_4Pb$). Aditif ini berfungsi sebagai zat anti knocking karena dengan penambahan zat ini angka oktan

meningkat, semula berkisar antara 75 sampai 78, menjadi 86 sampai 89. TEL larut dalam bensin dan mendidih pada temperatur 200 °C, serta mempunyai berat sekitar 1,7 kg/liter. Kandungan utama dari TEL adalah timbal yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Reaksi pembakaran premium adalah :



Pertamax

Pertamax merupakan jenis bahan bakar motor *gasoline* tanpa timbal dengan kandungan aditif puradd AP 97 – 10. Dengan angka oktan 92, *pertamax* dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (9,1 : 1 sampai 10,0 : 1). Pada bahan bakar *pertamax* ditambahkan aditif sehingga mampu membersihkan mesin dari timbunan deposit pada *fuel injector* dan ruang pembakaran. Bahan bakar *pertamax* sudah tidak menggunakan campuran timbal sehingga dapat mengurangi racun gasbuang kendaraan bermotor seperti nitrogen oksida karbon monoksida. Bensin *pertamax* berwarna kebiruan dan memiliki kandungan maksimum sulfur (S) 0,1%, timbal (Pb) 0,013% (jenis tanpa timbal) dan Pb 0,3% (jenis dengan timbal), oksigen (O) 2,72%, pewarna 0,13 gr/100 l, titik didih 205 °C, serta massa jenis (suhu 15°C).

Pertamax Plus

Pertamax Plus merupakan bahan bakar yang sudah memenuhi standar performa *International World Wide Fuel Charter* (IWWFC) dengan angka oktan 95.

Pertamax plus adalah bahan bakar untuk kendaraan yang memiliki rasio kompresi minimal 10,5:1 serta menggunakan teknologi *elektronik fuel injection* (EFI), *Variable valve timing intelligent* (VVTI), *Turbochargers* dan *catalytic converters*.

Pertalite

Pertalite adalah bahan bakar minyak terbaru dari Pertamina dengan oktan 90. *Pertalite* dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya dikilang minyak. Untuk membuat *Pertalite* komposisi bahannya adalah nafta yang memiliki RON 65-70, agar RON-nya menjadi RON 90 maka dicampurkan HOCM (*High Octane Mogas Component*), HOCM bisa juga disebut *Pertamax*, percampuran HOCM yang memiliki RON 92-95, selain itu juga ditambahkan zat aditif EcoSAVE. Zat aditif EcoSAVE ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi agar mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit.

Nafta adalah material yang memiliki titik didih antara gasolin dan kerosin yang digunakan untuk :

1. Pelarut dry cleaning (pencuci)
2. Pelarut karet
3. Bahan awal etilen
4. Bahan bakar jet dikenal sebagai JP-4

HOCM yaitu merupakan produk *naphtha* (komponen minyak bumi) yang memiliki struktur kimia bercabang dan ring (lingkar) berangka oktan tinggi (daya bakar lebih sempurna dan instant cepat), Oktan diatas 92, bahkan ada yang 95, sampai 98 lebih. Kebanyakan merupakan hasil olah lanjut *Naphtha* jadi ber-angka oktane tinggi atau hasil perengkahan minyak berat menjadi

HOMC. Terbentuknya oktane number tinggi adalah hasil perengkahan katalitik ataupun sintesis catalityc di reaktor kimia Unit kilang RCC/FCC/RFCC atau Plat Forming atau proses polimerisasi katalitik lainnya.

Parameter Unjuk Kerja Motor Bakar 6 langkah

Pengujian dari suatu motor bakar bertujuan untuk mengetahui ujuk kerja dari motor bakar tersebut. Berikut parameter unjuk kerja dari motor bakar yang akan di bahas dalam penelitian motor bakar enam langkah ini meliputi :

Torsi

$$T = F \times L$$

Dimana :

T = torsi (kg.m)

F = besarnya beban pengereman (kg)

L = panjang lengan dynamometer (m)

Daya Efektif

$$Ne = T \cdot \frac{1.2\pi n}{60.75} = \frac{T \cdot n}{716.5}$$

Dimana :

Ne = daya efektif (hp)

T = torsi (kg.m)

= kecepatan angular poros (radian detik⁻¹)

n = putaran poros (rpm)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik efektif (SFCe)

$$SFCe = \frac{Fc}{Ne}$$

Dimana :

SFCe = *Specific Fuel Consumption Effective* (kg.HP⁻¹jam⁻¹)

Fc = konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

Ne = daya efektif (hp)

Efisiensi Termal Efektif

$$te = \frac{Qb \cdot 632 \cdot Ne}{Qb \cdot Fc \cdot LHVbb} = \frac{632}{Fc \cdot LHVbb} = \frac{632}{SFCe \cdot LHVbb} \times 100\%$$

Dimana :

1 hp = 632 (kkal jam⁻¹)

te = efisiensi termal efektif (%)

LHV_{bb} = Nilai kalor dari bahan bakar (kkal kg⁻¹)

Fc = konsumsi bahan bakar (kg jam⁻¹)

Ne = daya efektif (hp)

SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik (kg hp⁻¹ jam⁻¹)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian nyata (*True Experimental Research*) yaitu dengan melakukan pengamatan kejadian secara langsung pada objek yang diuji sehingga mendapatkan data empiris serta dapat mengetahui pengaruh variasi angka oktan bahan bakar terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang motor bakar enam langkah.

Tabel 1 Variabel Penelitian

Variabel Bebas	Bahan Bakar	Oktan 88, 90, 92 dan 95
	Putaran <i>Crankshaft</i>	Interval 400 rpm
Variabel Terikat	Beban Pengereman	
	Torsi	
	Daya	
	Efisiensi Termal	
	Konsumsi Bahan Bakar Efektif (SFCe)	
Variabel Terkontrol	Motor Bakar 6 Langkah	
	Bukaan Throttle dibuat konstan 30%	
	Mesin Uji dalam keadaan tidak bergerak (Baseline)	
	Analisa siklus menggunakan pendekatan siklus otto 4 langkah	

Peralatan Penelitian.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah



Gambar 4 Motor Bakar 6 Langkah
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 5 Fan
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 6 Gelas Ukur dan Tangki Bahan Bakar
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 7 Hot Wire Anemometer
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 8 Tachometer
Sumber: Dokumentasi Pribadi

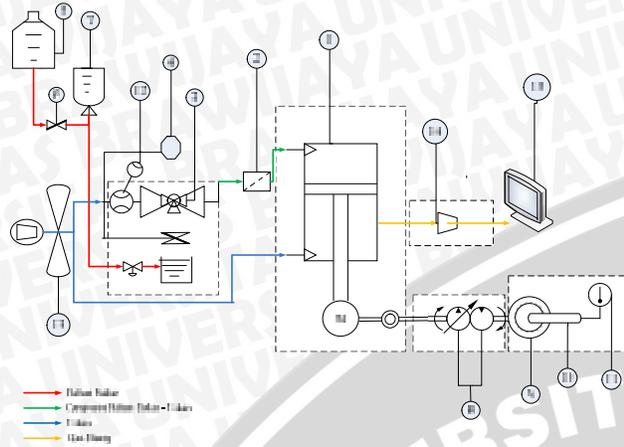
Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar jenis bensin *Premium 88*, *Pertamax92*, *Pertalite90* dan *Pertamax Plus95*. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi bahan bakar yang diuji

N0.	Bahan Bakar	Nilai Kalor (Kkal/kg)	Massa Jenis (kg/m ³)
1	<i>Premium88</i>	11185	722,7
2	<i>Pertamax92</i>	11722	740
3	<i>Pertamax Plus95</i>	12067	753
4	<i>Pertalite90</i>	11811,95	747,1

Instalasi Penelitian



Gambar 9 Instalasi Penelitian
 Sumber: Gambar CATIA

Keterangan Instalasi penelitian sebagai berikut :

1	Motor bakar 6 langkah	9	Disk Brake
2	Intake manifold	10	Dynamometer
3	Karburator assy	11	Neraca pegas
4	Throttle valve control	12	Anemometer
5	Tangki bahan bakar	13	Fan pendingin
6	Valve bahan bakar	14	Exhaust muffler assy
7	Gelas ukur	15	Gas Analyzer
8	Transmisi		

Pengukuran unjuk kerja motor bakar dilakukan dengan merubah putaran sesuai variabel bebas dan pembebanan bertambah. Dengan prosedur sebagai berikut :

1. Tahap persiapan sebelum mesin beroperasi

- a. Mempersiapkan motor dan peralatan yang akan digunakan dalam pengujian
 - b. Mengecek seluruh alat terpasang dan bekerja sesuai dengan fungsinya
2. Langkah menghidupkan mesin
 - a. Setelah persiapan awal terpenuhi, hubungkan kabel sistem pengapian ke kutub baterai (*accumulator*) dengan merah (+), hitam (-)
 - b. Nyalakan mesin dengan kick starter
 - c. Nyalakan fan sebagai media pendingin motor
 - d. Setelah mesin menyala, tunggu beberapa saat hingga mesin beroperasi kondisi stasioner.
 3. Langkah Pengambilan Data
 - a. Atur bukaan *throttle* sesuai dengan yang diinginkan (bukaan 30%)
 - b. Atur beban pengereman dengan menggunakan *screw* sebagai *adjuster* pengereman pada dynamometer hingga mendapatkan interval putaran yang diinginkan
 - c. Menunggu kondisi mesin *stasioner*, kemudian ambil data (beban dari *prony disk brake* dengan waktu konsumsi 5ml bahan bakar menggunakan *stopwatch*)
 - d. Pengujian emisi gas buang pada penelitian ini menggunakan *exhaustgas analyzer*, data akan diperoleh dengan memasukkan gas fitting kedalam kenalpot

motor yang kemudian hasil akan muncul di *display* alat.

- e. Untuk pengamatan selanjutnya beban pengereman dinaikan hingga penurunan putaran mesin sesuai dengan yang diinginkan yaitu interval 200rpm.
- f. Lakukan pengambilan data seperti poin c hingga motor mati dengan menambah daya pengereman pada *dynamometer* dan bukaan *thorttel* tetap.
- g. Ulangi langkah pada poin b-e sebanyak 1 kali, sehingga total percobaan adalah 2 kali.
- h. Ulangi langkah pengujian 1 – 3 setiap penggantian bahan bakar yang berbeda pada ke empat transmisi.

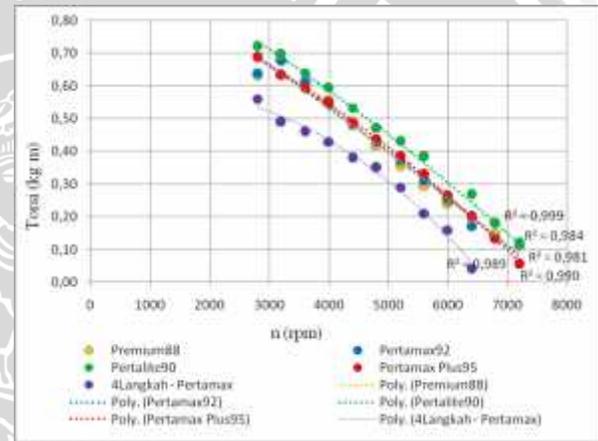
Langkah 1 (Jarak, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman)

Ujicoba	Kecepatan (rpm)	Waktu (s)	Jarak (m)	Pengereman (N)						
1	1000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
2	1200	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3	1400	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
4	1600	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
5	1800	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6	2000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
7	2200	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
8	2400	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
9	2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
10	2800	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Langkah 2 (Jarak, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman)

Ujicoba	Kecepatan (rpm)	Waktu (s)	Jarak (m)	Pengereman (N)						
1	1000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
2	1200	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3	1400	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
4	1600	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
5	1800	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6	2000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
7	2200	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
8	2400	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
9	2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
10	2800	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Dalam penelitian ini semua data yang diperoleh dari penelitian dan data dari perhitungan disampaikan dalam bentuk grafik.



Gambar 10 Grafik hubungan putaran mesin dengan Torsi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2 Data hasil pengujian rata-rata bahan bakar

Langkah 1 (Jarak, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman)

Ujicoba	Kecepatan (rpm)	Waktu (s)	Jarak (m)	Pengereman (N)						
1	1000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
2	1200	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3	1400	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
4	1600	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
5	1800	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6	2000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
7	2200	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
8	2400	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
9	2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
10	2800	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Langkah 2 (Jarak, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman, Pengereman)

Ujicoba	Kecepatan (rpm)	Waktu (s)	Jarak (m)	Pengereman (N)						
1	1000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
2	1200	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3	1400	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
4	1600	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
5	1800	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6	2000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
7	2200	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
8	2400	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
9	2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
10	2800	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

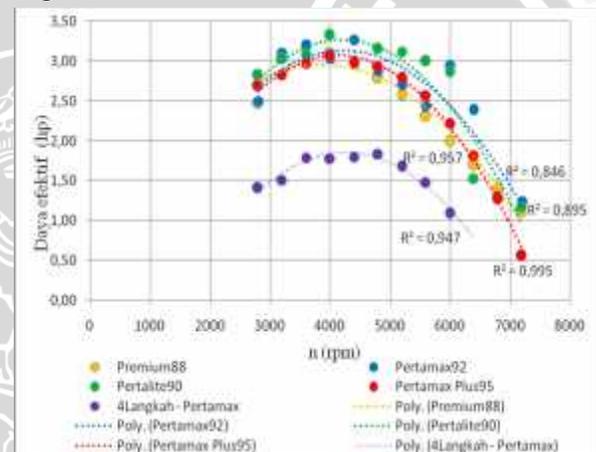
dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar maka tekanan akhir kompresi dan tekanan efektif pembakaran yang dihasilkan semakin kecil. Akibatnya energi yang tekanan yang digunakan untuk mendorong torak pada saat langkah kerja juga berkurang, sehingga torsi yang dihasilkan semakin menurun.

Sementara perbandingan putaran mesin terhadap torsi yang diperoleh pada motor 4 langkah dan 6 langkah dengan bahan bakar pertamax92. Secara umum diperoleh rataan nilai torsi yang lebih tinggi pada motor bakar 6 langkah dengan putaran yang sama. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan untuk bukaan *throttle* sama, motor bakar 6 langkah memiliki rentang rpm dan torsi yang lebih luas. Hal ini mengindikasikan bahwa rasio dari efek penambahan durasi difusi massa dan termal pada motor bakar 6 langkah lebih tinggi dari kerugian energi gesek yang dialami.

Secara umum dari gambar grafik terlihat perubahan nilai data antara putaran 6000 kebawah. Ini terjadi karena fluktuasi yang terbaca pada pembebanan dynamometer meningkat saat pembebanan semakin tinggi. Torsi yang terbesar dicapai motor bakar 6 langkah pada putaran 2800 rpm dengan bahan bakar *Pertalite90* sebesar 0,84 (kg·m) dan torsi terendah dicapai pada putaran 6800 rpm sebesar 0,064 (kg·m). Sementara untuk bahan bakar *Pertamax Plus* dan *Pertamax* torsi terbesar diperoleh pada putaran 3000 rpm sebesar 0,71 (kg·m) dan 0,70 (kg·m) serta terendah diputaran 6800 rpm sebesar 0,068 (kg·m) dan 0,057 (kg·m). Untuk Torsi tertinggi dengan bahan bakar *Premium* pada putaran 2800 rpm sebesar 0,68 (kg·m)

sedangkan torsi terendah pada putaran 6800 rpm sebesar 0,047 (kg·m).

Sementara untuk bahan bakar pertamax92 antara motor bakar 4 langkah dan 6 langkah, torsi terbesar diperoleh motor bakar 6 langkah pada putaran 2800 rpm sebesar 0,64 (kg·m) dan torsi terendah diperoleh pada putaran 6200 rpm sebesar 0,18 (kg·m). Untuk motor bakar 4 langkah torsi terbesar dicapai pada putaran 1800 rpm sebesar 0.59 (kg·m) dan torsi terendah diperoleh pada putaran 5000 rpm sebesar 0.1 (kg·m).



Gambar 11 Grafik hubungan putaran mesin dengan daya efektif

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan nilai daya efektif semakin turun dengan semakin meningkatnya putaran. Peningkatan daya efektif pada beberapa putaran awal sampai mencapai putaran tertentu disebabkan karena penurunan torsi masih dapat di ikuti atau diimbangi oleh kenaikan putaran.

Nilai oktan dari masing – masing bahan bakar dan rasio kompresi pun berpengaruh terhadap daya efektif yang dihasilkan. bahan bakar yang bernilai oktan tinggi seperti oktan 90, 92 dan 95 menghasilkan daya efektif yang lebih tinggi namun tidak memiliki selisih

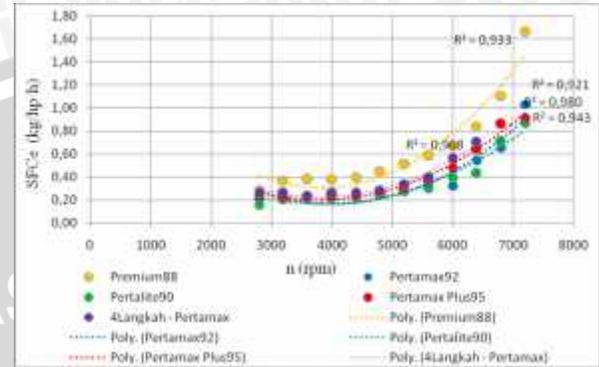
yang terlalu jauh. Hal ini salah satunya di pengaruhi juga oleh rasio kompresi. Pada bahan bakar *Pertamax plus* nilai oktan yang terkandung pada bahan bakar lebih besar yaitu (Oktan 95) dibandingkan dengan nilai oktan yang terkandung pada jenis bahan bakar lain, sehingga pada proses pembakaran mesin memerlukan kompresi yang tinggi agar proses pembakaran terjadi sempurna. namun pada pengujian motor bakar 6 langkah ini memiliki rasio kompresi sebesar 9,3 : 1 yang cenderung tidak efisien untuk bahan bakar oktan tinggi sehingga membuat campuran udara dan bahan bakar kurang homogen dan terdistribusi merata dalam silinder ruang bakar yang berdampak menurunnya torsi dan daya yang dihasilkan.

Sementara itu pada hubungan putaran mesin terhadap daya efektif antara motor bakar 6 langkah dan motor bakar 4 langkah dengan penggunaan bahan bakar *Pertamax92*. Pada gambar tersebut juga terlihat motor bakar 6 langkah memiliki nilai daya dengan rata-rata yang lebih tinggi pada rpm yang sama disertai rentang putaran motor yang lebih luas.

Daya terbesar yang dicapai motor bakar 6 langkah terjadi pada putaran 4000 rpm yaitu dengan bahan bakar *Pertalite90* sebesar 3,33 (hp) dan daya terendah dicapai pada putaran 7200 rpm sebesar 1,24 (hp). Untuk motor bakar 4 langkah daya terbesar dicapai pada putaran 4000 sebesar 2,25 (hp) dan daya terendah diperoleh pada putaran 5000 rpm sebesar 0.69 (hp).

Sementara pada bahan bakar *Premium88*, *Pertamax92* dan *Pertamax Plus95* Masing – masing daya tertinggi diperoleh sebesar 3,01 (hp), 3,07 (hp) dan 3,07 (hp) Pada Putaran yang sama 4000 rpm dan untuk daya terendah yaitu 1,12 (hp)

Premium88, 1,17 (hp) *Pertamax92* dan 0,56 (hp) *Pertamax Plus95*



Gambar 12 Grafik hubungan putaran mesin dengan Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)

Pada Gambar 12 diatas terlihat bahwa kecenderungan grafik SFCe mengalami peningkatan yang cukup tinggi dari putaran awal hingga akhir. Hal ini disebabkan karena semakin tingginya putaran maka jumlah siklus yang terjadi akan semakin banyak dan konsumsi bahan bakar (FC) yang dibutuhkan semakin besar. SFCe berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar (FC), dan berbanding terbalik dengan daya efektif (Ne) yang dihasilkan.

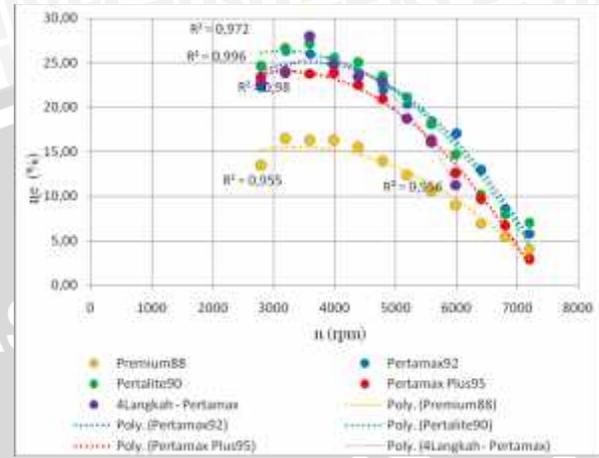
Pada grafik yang diperoleh terlihat bahwa penggunaan ke empat jenis bahan bakar pada motor bakar 6 langkah mempunyai selisih terhadap nilai SFCe meskipun relatif sama namun pada rentang yang berbeda. Penggunaan *Premium88* memiliki rata-rata nilai lebih tinggi pada putaran sama. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar *Premium88* tidak efisien dibanding dengan ketiga jenis bahan bakar lainnya. Hal tersebut terjadi karena nilai kalor bahan bakar yang kecil. Akibatnya energi panas yang mampu diubah menjadi

daya pun relatif rendah. Selain itu volatilitas juga ikut berpengaruh memperburuk pembakaran. Akibatnya konsumsi bahan bakar (FC) meningkat untuk menghasilkan daya yang bernilai sama.

Sementara itu pada perbandingan antara motor bakar 6 langkah dan 4 langkah dengan bahan bakar Pertamina92. Dari grafik terlihat bahwa rata-rata SFCe pada motor bakar 6 langkah memiliki kecenderungan nilai yang lebih tinggi pada putaran yang sama. Sehingga diketahui pada rentang putaran yang sama, motor bakar 6 langkah mengkonsumsi bahan bakar sedikit lebih tinggi dari motor bakar 4 langkah konvensional.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik efektif terendah motor bakar 6 langkah terjadi pada putaran rendah dan diperoleh dengan menggunakan bahan bakar *Pertalite90* yaitu sebesar 0,16 (kg/hp.jam) dan meningkat seiring bertambahnya putaran hingga mencapai 0,87 (kg/hp.jam). kemudian Bahan bakar *Pertamax92* yaitu sebesar 0,21 (kg/hp.jam) pada putaran rendah dan 1,03 (kg/hp.jam) pada putaran tinggi. Sementara pada perbandingan SFCe antara motor bakar 4 langkah dan 6 langkah dengan bahan bakar *pertamax92*, diperoleh nilai SFCe terendah pada motor bakar 4 langkah sebesar 0.37 (kg·hp⁻¹·jam⁻¹) dan terus meningkat hingga mencapai 0.76 (kg·hp⁻¹·jam⁻¹). sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif terendah *Pertamax Plus95* yaitu sebesar 0,23 (kg/hp.jam) pada putaran rendah dan 0,92 (kg/hp.jam) pada putaran tinggi. dan yang terakhir bahan bakar *Premium* dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif

terendah sebesar 0,29 (kg/hp.jam) pada putaran rendah dan 1,66 (kg/hp.jam) pada putaran tinggi.



Gambar 13 Grafik hubungan putaran mesin dengan Efisiensi termal efektif

Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya mengenai SFCe bahwa semakin tinggi putaran poros mesin maka konsumsi bahan bakar spesifik efektifnya juga semakin meningkat, sehingga efisiensi termal efektif yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran kerugian mekanis yang ditimbulkan oleh gesekan piston dan dinding piston semakin tinggi yang menyebabkan daya efektif yang dihasilkan juga semakin turun, selain itu juga semakin tinggi putaran campuran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder semakin kecil yang disebabkan mekanisme buka tutup katup masuk semakin cepat sehingga kalor yang dihasilkan oleh proses pembakaran semakin kecil dan daya efektif juga semakin kecil pula, sehingga efisiensi termal ikut menurun.

Pada Gambar 13 diperoleh bahwa penggunaan bahan bakar *Pertalite* memiliki nilai efisiensi termal efektif lebih baik pada

motor bakar 6 langkah dengan putaran sama dibandingkan menggunakan jenis bahan bakar lain yaitu sebesar 27,15 (%). Hal ini karena *Pertalite* mampu menghasilkan daya efektif yang lebih besar dari pada jenis bahan bakar lainnya dimana percampuran udara dan bahan bakar pada proses pembakaran di ruang bakar lebih homogen sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna yang mengakibatkan daya efektif meningkat. Daya yang lebih besar dapat menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik efektifnya (SFCe). Karena Efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan SFCe maka efisiensi yang dihasilkan mesin menjadi lebih besar. Sedangkan untuk Penggunaan bahan bakar *Pertamax plus* sendiri menghasilkan nilai efisiensi thermal yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar *pertalite* dan *pertamax*. Hal ini terjadi karena pembakaran yang terjadi di dalam engine sudah tidak mampu mengkompensasi penurunan dari nilai kalor dan naiknya volatilitas. Akibatnya pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga efisiensi termal yang didapatkan turun. Selain itu konsumsi bahan bakar motor 6 langkah dengan menggunakan kedua jenis bahan bakar tersebut cenderung relatif lebih rendah dibanding menggunakan *pertamax plus*.

Sementara pada hubungan putaran terhadap efisiensi termal efektif antara motor bakar 4 langkah dan 6 langkah dengan bahan bakar *Pertamax92*, diperoleh rata-rata nilai efisiensi yang lebih baik pada motor bakar 4 langkah dengan putaran yang sama. Hal ini terjadi karena konsumsi bahan bakar pada motor bakar 4 langkah sedikit lebih hemat dari motor bakar 6 langkah meskipun nilai

torsi dan daya yang dihasilkan relatif kecil. Sehingga diketahui rasio konsumsi dan nilai kalor bahan bakar yang dikonsumsi terhadap daya yang dihasilkan lebih efisien pada motor bakar 4 langkah menurut grafik yang diperoleh saat penelitian. Konsumsi bahan bakar tinggi inilah yang mungkin juga menyebabkan torsi dan daya efektif pada motor bakar 6 langkah lebih tinggi, sehingga tekanan ekspansi hasil pembakaran lebih besar.

Pada pengujian efisiensi termal efektif tertinggi diperoleh pada putaran motor 3600 rpm dengan penggunaan bahan bakar *Pertalite* sebesar 27,15 (%) dan *Pertamax* 26,36 (%) kemudian terus menurun hingga mencapai 6,97 (%) untuk *pertalite* dan 5,78 (%) *pertamax* seiring meningkatnya putaran motor. Sementara pada penggunaan bahan bakar *Pertamax plus* efisiensi termal efektif lebih tinggi secara rata-rata diperoleh nilai tertinggi pada putaran 3200 rpm sebesar 23,98 (%) dan terus menurun hingga mencapai 2,87 (%). Untuk penggunaan bahan bakar *premium* efisiensi termal efektif diperoleh pada putaran 3200 rpm yaitu sebesar 16,39 (%) dan terus menurun hingga mencapai 4,09 (%). Sementara pada perbandingan motor bakar 4 langkah dan 6 langkah dengan penggunaan bahan bakar *pertamax92*, diperoleh nilai efisiensi tertinggi pada putaran rendah motor bakar 4 langkah senilai 32,88 (%) dan terus berkurang hingga 7,84 (%). Sedangkan pada motor bakar 6 langkah efisiensi tertinggi di putaran terendah yaitu sebesar 26,36 (%) kemudian terus menurun hingga mencapai 5,78 (%)

KESIMPULAN

1. Peningkatan nilai torsi rata – rata sebesar 12% dengan torsi tertinggi untuk penggunaan bahan bakar *Pertalite90* pada putaran 2800 rpm sebesar 0,72 kg·m
2. Peningkatan nilai daya efektif rata – rata sebesar 12% pada putaran 4000 rpm sebesar 3,33 hp
3. Penurunan nilai SFCe rata – rata sebesar 15,75 % dengan SFCe paling rendah diperoleh pada penggunaan bahan bakar *Pertalite90* pada putaran paling rendah sebesar 0,16 kg·hp⁻¹·jam⁻¹. Fluktuasi pada pengukuran beban pengereman bisa menjadi pengaruh nilai maksimum.
4. Kenaikan nilai efisiensi termal efektif rata – rata sebesar 16,77 % dengan efisiensi termal efektif untuk penggunaan bahan bakar *pertalite* pada putaran 3600 rpm sebesar 27,15 %. fluktuasi pengukuran beban pengereman bisa menjadi faktor pengaruh nilai maksimum.
5. Untuk perbandingan dengan motor bakar 4 langkah berbahan bakar *pertamax92* : mengalami peningkatan nilai torsi rata-rata sebesar 3,7%. peningkatan nilai daya efektif rata-rata sebesar 3,09 %

SARAN

1. Perlu dilakukan pengukuran dengan beragam bukaan *throttle* yang lebih bervariasi untuk mendapatkan nilai unjuk kerja tertinggi yang dapat dicapai
2. Perlu dilakukan pengembangan konstruksi mesin untuk

mengoptimalkan kecenderungan dari keunggulan motor bakar 6 langkah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Wiranto. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB Press, 1988.
- [2] Khovakh, M. 1979. *Motor Vehicle Engine*. Moscow: Mir Publisher.
- [3] PT. PERTAMINA (PERSERO). 2007. *Material Safety Data Sheet PERTAMAX*. Jakarta: PT. PERTAMINA (PERSERO).
- [4] Saidur, R., M. Rezaei, W.K. Muzammil, M.H. Hassan, S. Paria, And M. Hasanuzzaman. 2012. “ Technologies to Recover Exhaust Heat from Internal Combustion Engine.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5649-5659.
- [5] Siswanto, Eko; Nurkholis Hamidi, Mega Nur Sasongko, and Denny Widhiyanuriyawan. *A Gasoline Six-stroke Internal Combustion Engine*. Patent Invention, Malang : Unpublished, 2014
- [6] Sururi, Eri., dan Budi Waluyo. 2010. “Uji Eksperimental Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamax terhadap Unjuk Kerja Mesin pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe EN-125”. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Malegang.