



**ANALISIS PENGGUNAAN BUSI RACING TERHADAP UNJUK
KERJA MESIN TOYOTA AVANZA 1300 CC**

Budi Harjanto¹, D.Ricky Lumintang², Edy Budi Santoso³
^{1,2,3}Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang

¹budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id

²drickylumintang@nikmesinhan.akml.ac.id,

³edybudisantoso@nikmesinhan.akmil.ac.id

ABSTRACT

To overcome this is certainly a need to increase engine performance either by the use of spark plugs can improve the performance of a gasoline engine. Thus improve fuel efficiency and reduce exhaust gas emissions such vehicles. In the spark ignition engine, the spark plug serves to provide a gap in the combustion chamber so that high-voltage electrical pulses to flow out which will further ignite the mixture in the surrounding areas and then move extends throughout the mass of the mixture in the combustion chamber. No wadays many emerging racing spark plugs are made of iridium alloy with a variety of brands that can improve performance and reduce fuel consumption and exhaust emissions. Test object used is the official vehicle of Toyota Avanza 1300cc. In this study, the machine uses an ignition angle 120 and the fuel used is pertamax octane 92. To determine the increase in torque, power, specific fuel consumption and thermal efficiency of the engine speed is used varies from 1800 rpm, 2000 rpm, and up 2300 rpm. Results showed increased engine performance along with increasing rpm. However, a significant improvement and efficient is shown at speed below 2500 rpm in the use of a standard spark plug of 7,852 kg.m torque, 21,96 PS of power, 0,225 specific fuel consumption, and 26,25% of the thermal efficiency at speed 2000 rpm. This is due to the condition of the test equipment used is relatively old and his condition is not normal that rotation variation used is limited, only at low speed only while iridium spark plugs itself will achieve peak performance and efficient in fuel consumption in high rotation above 6000 rpm. Therefore the use of standard spark plugs is more effectively used on the machine Toyota Avanza 1300cc because the machine is a machine with low compression with factory setting (standard) so it is not compatible when using modern spark plugs with high technology such as racing spark plugs.

Keywords: Standard Spark Plug, Racing Spark Plug, Performance, Engine Toyota.

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, mesin menggunakan bahan bakar yang digunakan adalah pertamax dengan oktan 92. Untuk mengetahui peningkatan torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi termis maka putaran mesin yang digunakan bervariasi mulai dari 1800 rpm, 2000 rpm, hingga 2300 rpm. Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya unjuk kerja mesin berbanding lurus dengan meningkatnya putaran. Namun peningkatan yang signifikan dan efisien terjadi pada putaran rendah di bawah 2500 rpm ditunjukkan pada penggunaan busi standard, yaitu torsi 7,852 kg.m, daya 21,926 PS, SFCe 0,225, efisiensi 26,25% pada 2000 rpm. Hal ini disebabkan kondisi alat uji yang digunakan sudah tergolong tua dan keadaannya sudah tidak normal sehingga variasi putaran yang digunakan terbatas, hanya pada putaran rendah saja sedangkan busi racing sendiri akan mencapai puncak performa dan efisien pada konsumsi bahan bakarnya diputaran tinggi di atas 6000 rpm. Oleh karena itu pemakaian busi standard lebih efektif digunakan pada mesin Toyota Avanza 1300 cc. dikarenakan mesin tersebut merupakan mesin dengan kompresi rendah dengan settingan pabrik sehingga tidak kompatibel bila menggunakan busi model baru dengan teknologi tinggi seperti busi racing.

Kata Kunci: Busi standard, busi racing, unjuk kerja mesin Toyota.

PENDAHULUAN

Latar Belakang.

Akademi Militer merupakan lembaga pendidikan memiliki tugas untuk mencetak perwira muda yang mempunyai kompetensi. Taruna sebagai seorang calon perwira diwajibkan memiliki tiga kemampuan dasar sebagai seorang perwira, yaitu akademik yang mumpuni, kepribadian yang baik serta jasmani yang samapta. Namun tiga kemampuan dasar tersebut saja tidaklah cukup untuk mengemban tugas di tengah kemajuan teknologi yang pesat ini, prajurit juga dituntut menguasai teknologi yang mendukung tugas pokok TNI-AD nantinya, dan yang paling dekat dengan kehidupan militer adalah keberadaan alutsista, kendaraan dinas serta kendaraan taktis militer sebagai pendukung pelaksanaan tugas.

Keberadaan kendaraan dinas sangat membantu dalam pelaksanaan tugas pokok para pejabat Akmil maupun Taruna. Dengan kondisi kendaraan dinas yang prima, akan membuat penggunaan waktu menjadi lebih efisien, di mana untuk menempuh jarak yang jauh hanya memerlukan waktu yang singkat. Namun cukup disayangkan keadaan di lapangan, rata-rata kondisi kendaraan dinas yang dimiliki satuan Akademi Militer tidak seideal yang dibayangkan. Salah satu contohnya adalah kendaraan dinas Toyota Avanza milik jabatan Letkol setingkat Kasubdep. Untuk mengatasi hal tersebut tentunya perlu adanya peningkatan performa mesin salah satunya dengan peningkatan unjuk kerja mesin, dengan pemakaian busi yang dapat meningkatkan unjuk kerja dari mesin bensin (*Spark Ignition Engine*) dan pemakaian bahan bakar dengan nilai oktan yang lebih tinggi. Sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar serta menurunkan emisi gas buang kendaraan tersebut.

Pada mesin bensin, busi berfungsi untuk memberikan suatu celah dalam ruang bakar agar pulsa listrik tegangan tinggi dapat mengalir keluar yang selanjutnya akan menyalakan campuran yang ada disekitarnya dan kemudian bergerak meluas ke seluruh massa campuran dalam ruang bakar. Semakin tinggi nilai oktannya, semakin baik kualitas pembakaran dan semakin terhindar dari terjadinya ketukan (*knocking*). Sesuai

perkembangan teknologi saat ini banyak bermunculan busi racing dengan bahan terbuat dari *iridium alloy* dengan berbagai merk. Pada dasarnya para produsen busi tersebut menyatakan bahwa busi racing yang diproduksinya dapat meningkatkan unjuk kerja dan menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis mengambil penelitian guna meningkatkan dan mengembangkan performa mesin dengan judul : "Analisis Penggunaan Busi Racing Terhadap Unjuk Kerja Mesin Toyota Avanza 1300 CC".

Rumusan Masalah.

Dari uraian latar belakang di atas maka permasalahan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh penggunaan busi standar dan racing terhadap prestasi mesin?
- Bagaimana pengaruh penggunaan busi standar dan racing terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)?

Batasan Masalah.

Agar penelitian tidak terlalu meluas maka dilakukan batasan masalah sebagai berikut :

- Penelitian hanya menggunakan busi standart dan busi racing.
- Bahan bakar yang digunakan adalah jenis pertamax 92.
- Unjuk kerja mesin yang diamati meliputi parameter.
- Analisa hasil pengujian ditujukan untuk membandingkan torsi, daya, SFC, dan efisiensi termis yang dihasilkan dengan pemakaian busi *standard* terhadap busi *racing* menggunakan pertamax 92 dengan spesifikasi dan cara yang sama.

LANDASAN TEORI

Kendaraan Toyota Avanza adalah salah satu mobil keluarga berjenis *Multi Purpose Vehicle (MPV)* yang bermesin bensin, yang cukup populer di Indonesia pada tahun 90an hingga awal 2000an, dan bersaing ketat dengan mobil sejuta umat yakni Toyota Kijang. Toyota Avanza memiliki kelebihan yaitu mampu mengangkut banyak penumpang dan barang, untuk kapasitas penumpang saja mampu diisi 9 orang

termasuk supir, jadi cukup cocok dengan karakter orang Indonesia yang suka bepergian dengan keluarganya. Dan mobil Toyota Avanza ini didesain cocok dengan iklim dan topografi Indonesia sehingga mobil ini cukup mampu bertahan hingga sekarang.

Toyota Avanza saat ini menjadi top of mind merupakan kendaraan bagi keluarga, harganya yang terjangkau dan konsumsi BBM super irit menjadikan mobil ini sangat laris dipasaran. Dengan dua pilihan mesin sebagai berikut pertama menggunakan mesin 1.329 cc 4 silinder dengan dual VVT-i menghasilkan tenaga 95,1 Hp dengan torsi 12,3 Nm, dan kedua Avanza ditenagai dengan mesin 1.496 cc 4 silinder dengan VVT-i dan menghasilkan tenaga kisaran 102 HP. Dengan dibekalinya dengan mesin tersebut, Avanza dengan tipe 1.3 memiliki konsumsi BBM di kisaran 10km/liter. Dan untuk tipe Avanza 1.5 memiliki konsumsi BBM di kisaran 11,5 km/liter dengan konsumsi BBM avanza tersebut rasanya tak heran mengapa mobil yang satu ini menjadi pilihan utama untuk segmen mobil MPV. Selain konsumsi BBM yang super irit, Avanza juga menghadirkan berbagai fitur serta penampilan yang menarik.

a. **Motor Bakar.**

Motor bakar adalah suatu jenis mesin kalor (*Heat Engine/Thermal*) yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi kinetik yang menghasilkan kerja (Wiranto Arismunandar. 1988. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. Bandung : ITB). Ditinjau dari cara memperoleh energi *Thermal*, mesin kalor dibagi menjadi dua golongan yaitu mesin pembakaran luar (*external combustion engine*), dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Pada mesin pembakaran luar proses pembakaran terjadi di luar mesin, yaitu energi *Thermal* dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida mesin melalui dinding pemisah. Sedangkan pada mesin pembakaran dalam atau dikenal dengan motor bakar prinsip kerjanya menggunakan silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak *translasi* (bolak-balik). Di dalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara.

Motor bakar ini dibedakan menjadi dua yaitu motor bakar bensin dan motor bakar diesel. Pada prinsipnya motor bakar bensin

dan motor bakar diesel hampir sama. Yang membedakan, motor bensin (*Spark Ignition Engine*) pembakaran disebabkan oleh loncatan bunga api yang terjadi pada elektroda busi dan bahan bakar dicampur sebelum masuk ke ruang bakar. Pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan oleh karburator atau system injeksi, sedangkan motor *diesel* (*Compression Ignition Engine*) pembakaran terjadi dengan jalan mengkompresikan udara murni bertekanan tinggi.

Motor bakar torak termasuk salah satu jenis penggerak mula yang mengubah energi kimia bahan bakar ke dalam bentuk energi panas atau potensial gas hasil pembakaran untuk melakukan kerja mekanik. Proses ini berlangsung dalam ruangan yang dibatasi dinding silinder, kepala silinder dan puncak torak, sehingga motor bakar ini termasuk dalam mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Gas yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut berfungsi sebagai fluida kerja yang digunakan untuk menggerakkan torak yang dihubungkan dengan poros engkol.



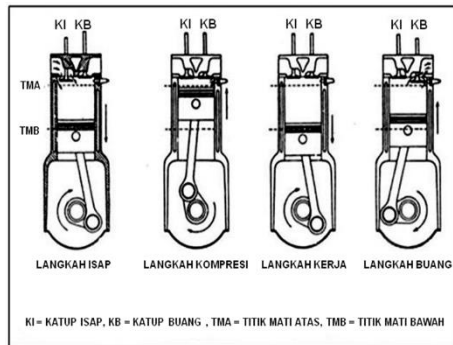
Gambar 2.1 Motor bakar torak.

Sumber :Arismunandar,

Gerak translasi dari torak mengakibatkan terjadinya gerak rotasi atau putaran pada poros engkol dan begitu juga sebaliknya gerak rotasi dari poros engkol.

Selain berdasarkan jenis penyalannya, motor bakar torak dapat juga dibedakan berdasarkan jumlah langkahnya tiap siklus, yakni motor bakar dua langkah dan motor bakar empat langkah. Motor bakar dua langkah adalah motor bakar yang memerlukan dua kali langkah piston dalam satu kali siklus kerjanya. Sedangkan motor bakar empat langkah adalah motor bakar

yang dalam satu kali siklus kerjanya memerlukan empat kali langkah piston. Satu kali langkah piston adalah gerak piston dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya. Untuk memperjelas prinsip kerja motor *Otto* empat langkah tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Skema Langkah Kerja Motor Bakar Empat Langkah.

Proses pembakaran didalam mesin Otto terjadi secara periodik sebagai berikut (H. Berenschot. 1996. Motor Bensin. Jakarta : Erlangga) :

- 1) Langkah hisap.
Torak bergerak dari posisi TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah), dengan katup KI (Katup Isap) terbuka dan KB (Katup Buang) tertutup. Karena gerakan torak tersebut maka campuran udara dan bahan bakar akan terisap masuk ke dalam ruang bakar.
- 2) Langkah kompresi.
Torak bergerak dari posisi TMB ke TMA, dengan KI dan KB tertutup, sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperatur dalam silinder naik.
- 3) Langkah ekspansi.
Sebelum posisi torak mencapai TMA pada langkah kompresi, busi dinyalakan, sehingga terjadi proses pembakaran. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi. Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA dan berakhir pada posisi TMB saat KB mulai terbuka pada awal langkah buang. Langkah ekspansi pada proses ini sering disebut

dengan *power stroke* atau langkah kerja.

- 4) Langkah buang.
Torak bergerak dari TMB ke TMA. KI tertutup dan KB terbuka, sehingga gas hasil pembakaran terbuang ke atmosfer.

Klasifikasi Motor Bakar.

Beberapa macam klasifikasi motor bakar adalah sebagai berikut (Rabiman dan Zainal Arifin, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2011) :

a. Berdasarkan sistem pembakarannya.

- 1) Mesin pembakaran dalam.
Mesin pembakaran dalam atau sering disebut sebagai *Internal Combustion Engine (ICE)*, yaitu dimana proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja.

- 2) Mesin pembakaran luar.
Mesin pembakaran luar atau sering disebut sebagai *External Combustion Engine (ECE)* yaitu dimana proses pembakarannya terjadi diluar mesin, energy termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin.

b. Berdasarkan sistem penyalaan.

- 1) Motor bensin.
Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut *spark ignition engine*. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya. Di dalam siklus otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstan.

- 2) Motor diesel.
Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Proses penyalaan bukan menggunakan loncatan

bunga api listrik. Pada waktu torak hamper mencapai titik TMA bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar. Terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 12 -25.

c. **Berdasarkan prinsip kerjanya.**

1) Motor 4 langkah, yaitu motor yang untuk menyelesaikan satu siklus kerja diperlukan 4 kali gerakan piston atau 2 kali putaran poros engkol.

2) Motor 2 langkah, yaitu motor yang untuk menyelesaikan satu siklus kerja hanya memerlukan 2 kali gerakan piston atau satu putaran poros engkol.

b. **Busi.**

Busi atau dalam bahasa Inggris disebut spark plug merupakan salah satu komponen didalam sistem pengapian pada mobil khususnya untuk motor bensin. Karena seperti yang kita ketahui bahwa pada mesin diesel campuran udara dan bahan bakar terbakar karena adanya panas yang disebabkan oleh langkah kompresi. Sedangkan pada mesin bensin campuran udara dan bahan bakar dibakar oleh percikan bunga api pada busi.

Dalam sistem pengapian busi berfungsi untuk memercikkan bunga api yang diperlukan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar yang ideal telah dikompresi, sehingga terjadi langkah usah. Busi memiliki 2 elektroda, yakni elektroda tengah dan elektroda negatif (*massa*). Setelah arus listrik dibangkitkan oleh koil pengapian menjadi arus listrik tegangan tinggi, kemudian arus tersebut mengalir menuju distributor, kabel tegangan tinggi dan ke busi, pada busi arus melompat dari elektroda tengah ke elektroda negatif (*massa*) sehingga menimbulkan loncatan bunga api yang dibutuhkan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar. Dibawah ini diperlihatkan gambar dari kontuksi busi (*spark plug*).

Gambar 2.3 Konstruksi Busi

Keterangan:

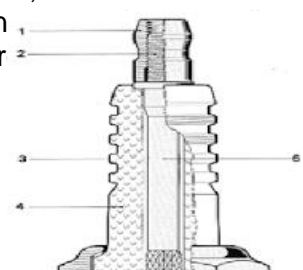
1. Mur terminal busi
2. Ulir terminal busi
3. Barrier
4. Isolasi
5. Seal penghantar khusus
6. Batang terminal
7. Bodi
8. Gasket
9. Isolator
10. Elektroda tengah
11. Elektroda massa

Berikut adalah hal – hal yang berkaitan dengan busi yang meliputi cara kerja maupun jenisnya.

a. **Cara kerja busi.**

Mesin pembakaran internal dapat dibagi menjadi mesin dengan percikan, yang memerlukan busi untuk memercikan campuran antara bensin dan udara, dan mesin kompresi (mesin diesel), yang tanpa percikan, mengkompresi campuran bensin dan udara sampai terjadi percikan dengan sendirinya (jadi tidak memerlukan busi).

Busi tersambung ke tegangan yang besarnya ribuan volt yang dihasilkan oleh koil pengapian. Tegangan listrik dari koil pengapian menghasilkan beda tegangan antara elektroda dibagian tengah busi dengan yang dibagian samping. Arus tidak dapat mengalir karena bensin dan udara yang ada di celah merupakan isolator, namun semakin besar beda tegangan antara kedua elektroda pada saat



tegangan melebihi kekuatan elektrik daripada gas yang ada, gas-gas tersebut mengalami proses ionisasi dan yang tadinya bersifat insulator, berubah menjadi konduktor.

b. Jenis – jenis busi.

Pemakaian busi yang tepat pada mesin mobil akan memberikan performa mesin yang lebih baik, walaupun dalam pemakaiannya kita masih harus memperhatikan beberapa faktor lain seperti kondisi suhu lingkungan, tempat mesin atau lokasi mobil berada. Untuk itu penggunaan busi yang beragam disesuaikan dengan kebutuhan mesin kendaraan. Berikut merupakan jenis-jenis busi yang terdapat di Indonesia :

1) Berdasarkan kemampuan mentransfer panas, busi dibagi dalam dua tipe yaitu :

a) Panas.

Busi tipe panas adalah busi yang lebih lambat untuk mentransfer panas yang diterima. Cepat mencapai temperatur kerja yang optimal namun jika untuk pemakaian yang berat bisa terbakar. Biasa digunakan pada motor-motor standard untuk penggunaan jarak dekat.

b) Dingin.

Busi tipe dingin lebih mudah mentransfer panas ke bagian *head cylinder*. Biasanya digunakan untuk penggunaan yang lebih berat misalnya untuk balap atau pemakaian jarak jauh karena sifatnya yang mudah dalam pendinginan.

2) Berdasarkan kualitas bahan penyusunnya, busi dibagi menjadi berbagai jenis, yaitu :

a) Busi *standard*.

Merupakan busi bawaan motor dari pabrikan. Bahan ujung elektroda dari nikel dan diameter *center electrode* rata-rata 2,5 mm. Jarak pemakaian busi standar bisa mencapai 20 ribu km, ketika kondisi pembakaran normal

dan tidak dipengaruhi oleh faktor lain.



Gambar 2.4 : Busi *Standard*

b) Busi platinum.

Ujung elektroda terbuat dari nikel dan *center electrode* dari platinum, sehingga pengaruh panas ke metal platinum lebih kecil. Diameter *center electrode* 0,6 mm - 0,8 mm, umur busi bisa mencapai 30 km.



Gambar 2.5 : Busi Platinum

c) Busi iridium.

Merupakan jenis busi semi kompetisi dan banyak digunakan untuk mesin non standar. Ciri khasnya ujung elektroda terbuat

dari nikel dan *center elektroda* dari *iridium alloy*, warna platinum buram. Diameter *center elektroda* 0,6 mm - 0,8 mm. Umur busi berkisar 50 ribu hingga 70 ribu km. Jenis busi ini cocok untuk mesin dengan kapasitas silinder yang besar.



Gambar 2.6 : Busi Iridium

d) Busi racing.

Busi ini didesain dan dipersiapkan dengan bahan yang tahan terhadap kompresi tinggi serta temperatur mesin yang tinggi dan dipersiapkan untuk mampu mengimbangi pemakaian *fullthrottle* dan *deceleration*. Busi racing tidak sama dengan busi Iridium. Diameter center elektroda pun relatif kecil meruncing macam jarum. Umur busi relatif pendek antara 20 ribu km hingga 30 ribu km.



Gambar 2.7 : Busi Racing

Busi merupakan komponen yang sangat vital pada sistem pengapian, biasanya busi diganti secara periodik kurang lebih setiap 20.000 KM. Untuk menjaga agar peran busi pada sistem pengapian tetap maksimal. Ada beberapa akibat jika busi tidak bekerja dengan baik, sudah jelek atau rusak (mati), diantaranya mesin pincang, tidak bertenaga, mesin sering mati sendiri, sulit hidup. Dan jika dikaitkan dengan emisi gas buang maka kandungan HC akan meningkat karena bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna.

Unjuk Kerja Motor Otto.

Pada saat pengujian dari motor bakar ada beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui unjuk kerja pada mesin, diantaranya yaitu (Sudarminto. 2003. Motor Bakar Edisi Ketiga. Bandung : Carya Remadja) :

a. **Torsi (T).**

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut dinamometer, yang akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman pada poros, sehingga harga torsi dapat dicari dari hubungan antara perkalian besarnya beban pengereman pada poros

dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros.
Besarnya poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F \cdot L \text{ (kg.m)} \dots\dots\dots(1)$$

(Sumber: Toyota Astra Motor, 1989 : 6)

Dimana:

- T = Torsi yang dihasilkan (kg.m).
- F = Besarnya beban pengereman (kg).
- L = Panjang lengan dinamometer (m).

b. Daya efektif (Ne).

Adalah daya yang terjadi pada poros untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya induksi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak, dimana sebagian dari daya ini digunakan untuk mengatasi gesekan mekanis, misalnya gesekan antara torak dengan dinding silinder, gesekan antara poros dengan bantalan, untuk menggerakkan peralatan bantu (pompa oli pelumas) dan lainnya. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan angular poros (ω). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \dots\dots\dots(2)$$

(Sumber : Arismunandar, 2002 :32)

Dimana:

- Ne : Daya efektif (PS)
- T : Torsi (kg.m)
- ω : Kecepatan angular poros (rad.detik⁻¹)
- n : Putaran poros (rpm)

c. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe).

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif selama 1 jam. *Specific*

Fuel Consumption Effective (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{F_c}{N_e} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- SFCe: *Specific Fuel Consumption Effective* (kg.PS⁻¹.jam⁻¹)
- F_c : Konsumsi bahan bakar(kg.jam⁻¹)
- N_e : Daya efektif (PS)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif dapat dijadikan ukuran ekonomis dan tidaknya pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang rendah menunjukkan efisiensi Thermal efektif yang tinggi karena efisiensi Thermal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif.

d. Efisiensi Thermal Efektif(η_{te}).

Efisiensi Thermal efektif merupakan perbandingan antara kalor yang dirubah menjadi daya efektif dengan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Seberapa efisien bahan bakar yang dapat dikonversi menjadi daya efektif poros. Nilai dari efisiensi Thermal efektif juga berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik. Jadi jika konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin turun, maka efisiensi Thermal efektif akan meningkat. Besarnya efisiensi Thermal efektif dihitung dengan rumus:

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100\% = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

(Sumber :Petrovsky, 1979 : 62)

Dimana:

- η_{te} : Efisiensi Thermal efektif (%)
- Q_e : Kalor yang dirubah menjadi daya efektif (kkal.kg⁻¹)

- Q_b : Kalor pembakaran bahan bakar dan udara (kcal.kg^{-1})
- F_c : Konsumsi bahan bakar (kg.jam^{-1})
- SFC_e : *Specific fuel consumption effective* ($\text{kg.PS}^{-1}.\text{jam}^{-1}$)

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan.

Dalam melaksanakan pengujian sangat diperlukan alat peralatan dan alat ukur yang digunakan berdasarkan atas ketersediaan alat, kemudahan pengoperasiannya, jangkauan pengukuran dan ketelitian ukurnya, yang berada di Peralatan Akmil.

a. Spesifikasi mesin bensin 4 langkah Toyota Avanza 1800 cc:

- 1) Merk mesin : Toyota 1300 cc
- 2) Tipe mesin : 4 langkah, OHV
- 3) Siklus : 4 langkah
- 4) Jumlah silinder : 4 buah
- 5) Diameter x langkah : 86 mm x 86 mm
- 6) Daya poros maksimum : 100 PS (5600) rpm
- 7) Torsi maksimum : 182 kgf.m (4000) rpm
- 8) Perbandingan kompresi: 8,9 : 1
- 9) Pencampur bahan bakar : Injeksi
- 10) Negara pembuat : Jepang

b Peralatan.

Peralatan yang dimaksud adalah alat-alat yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter pengujian dan juga alat-alat yang diperlukan untuk membantu pelaksanaan penelitian. Adapun peralatan bantu yang digunakan selama penelitian ini adalah:

- 1) *Tachometer* digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros mesin, satuan yang digunakan adalah rpm (*rotation per minute*).



Gambar 3.1 Tachometer.

- 2) *Stopwacth* digunakan untuk mengukur waktu.



Gambar 3.2 Stopwatch.

- 3) *Flow meter* (meter alir) berupa tabung pengukur berisi sejumlah bahan bakar dengan volume tertentu. Digunakan untuk mengukur bahan bakar yang dipakai selama pengujian.



Gambar 3.3 *Flow meter*.

4) *Dynamometer* digunakan untuk mengukur gaya pengereman pada poros *output*. Dalam hal ini alat yang digunakan sudah menunjukkan hasil besarnya torsi. Dinamo ini menggunakan air sebagai fluida untuk memberikan tahanan hidrolisis terhadap putaran dan mendisipasikan daya mesin menjadi panas.

5) *Digital Thermometer*.



Gambar 3.4. *Digital Thermometer*.

6) *Barometer*.



Gambar 3.4. *Barometer*.

c. **Instrumen pengukuran.**

Instrumen yang dipakai meliputi :

1) *Temperatur gauge* untuk mengukur :

- a) Suhu air masuk mesin.
- b) Suhu air keluar mesin.
- c) Suhu pelumas.
- d) Suhu gas buang.

2) *Pressure gauge*, untuk mengukur tekanan minyak pelumas.

3) *Manometer*, untuk mengetahui penurunan tekanan udara yang lewat orifice.

4) *Rotameter*, untuk mengetahui sirkulasi aliran pendingin di dalam mesin.

5) *Valve*, untuk mengukur :
 a) Sirkulasi aliran dalam mesin.
 b) Menambah jumlah air, untuk pendingin di dalam mesin.

6) *Ammeter*, untuk mengetahui arus listrik.

7) *Switch*, untuk penyalaan.

8) *Handle*, untuk mengetahui pembukaan *throttle*.

9) *Pipet*, untuk mengukur konsumsi bahan bakar.

10) *Morce switch*, untuk memastikan arus listrik ke salah satu busi.

Langkah – langkah pengambilan data

Prosedur pengujian dimulai secara bertahap. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

a. **Persiapan.**

- 1) Mempersiapkan busi standar.
- 2) Mesin dinyalakan beberapa menit sampai dalam kondisi kerjanya.
- 3) *Throttle* dibuka pada posisi 100%
- 4) Putaran mesin diatur pada putaran 2000 rpm dengan cara mengatur pembebanan pada dinamo meter, kemudian diambil data sebagai berikut:
 - a) Besarnya putaran (rpm)
 - b) Torsi mesin (N.m)
- 5) Perbedaan tekanan pada *orifice* konsumsi udara (mm kerosin)
 - a) Konsumsi bahan bakar (lt. Jam⁻¹)
 - b) Besarnya lamda (λ)
- 6) Putaran dinaikkan setiap 100 rpm kemudian diambil data seperti pada no.5 sampai pada putaran 2300 rpm.
- 7) Mengganti busi standar dengan busi iridium atau busi racing kemudian dilakukan langkah 4 dan 5.

b. Cara start mesin.

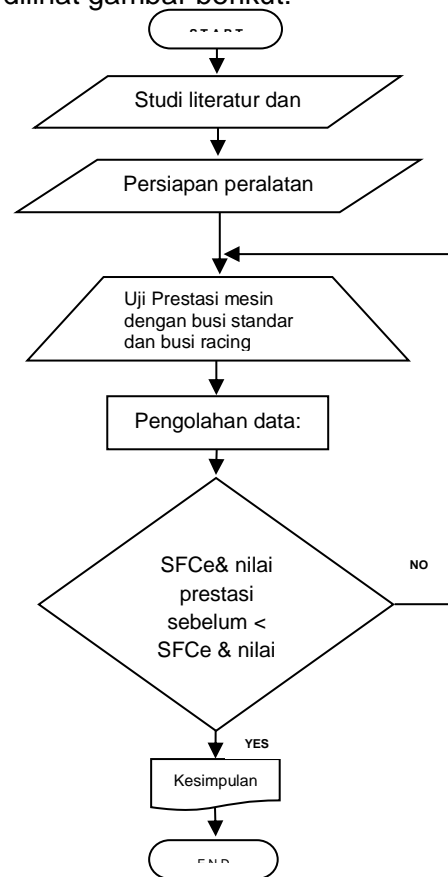
Sebelum mesin dihidupkan harus dilakukan pemeriksaan-pemeriksaan sebagai berikut.

- 1) Periksa bahan bakar dalam tanki bahan bakar. Putar *choke* agar bahan bakar dapat mengalir ke mesin.
- 2) Periksa air pendingin dalam tanki air. Buka kran air agar dapat masuk bersirkulasi ke mesin, buka kran air tambahan agar dapat mengalir ke dalam tanki air sehingga suhu air ke luar mesin berkisar antara 70-75 derajat C.
- 3) Jangan masukkan air ke dalam pendingin oli apabila mesin baru diatur pembukaanya sedemikian sehingga temperatur oli pelumas berkisar 70-80 derajat C.
- 4) Periksa oli pelumas mesin (harus pada batas yang diizinkan).
- 5) Putar kunci kontak searah jarum jam.
- 6) *Throttle control* diatur pada posisi skala 1-2.

- 7) Setelah mesin hidup, atur *throttle* di mana mesin mencapai kondisi idle 2-3 menit.
- 8) *Throttle* selanjutnya ditambah sampai putaran mesin menjadi 1800 rpm.
- 9) Beban ditambah dengan cara memutar *hand wheel sluice gate dynamometer* searah jarum jam.
- 10) Pada saat yang bersamaan, *throttle* juga diatur sehingga putaran mesin tetap 1800 rpm, dan beban awal 18 Nm.
- 11) Perhatikan air keluar mesin supaya berada pada suhu sekitar 70 derajat C dan suhu pelumas sekitar 75 derajat C. Pada seluruh langkah di atas tidak perlu mencatat data dan data baru langkah berikutnya datanya harus dicatat.

Diagram Alir Penelitian.

Prosedur penelitian merupakan tahapan-tahapan dalam proses penelitian, dapat dilihat gambar berikut:



Gambar Flowchat proses penelitian

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Uji prestasi dilakukan sebagai mekanisme untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap unjuk kerja dari mesin bensin 4 (empat) langkah. Pengambilan data yang dilakukan menggunakan beberapa variasi putaran mesin. Untuk variasi putaran dimulai dari 1800 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm dengan maksud agar tercapai semua kondisi mesin tersebut. Dengan menggunakan rumus-rumus yang tertulis pada landasan teori. Maka dapat dilaksanakan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat serta untuk mengetahui perbedaan dari mesin bensin 4 (empat) langkah saat menggunakan busi *standard* maupun busi *racing*.

Data Penelitian.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Massa jenis bensin (ρ) : 0,715 gr/ml
- b. Temperatur bola kering : 28,3°C
- c. Kelembaban relatif : 80%
- d. Tekanan udara : 751,5 mm Hg
- e. Nilai kalor (*LHV*) : 10698,15 Kkal/kg

Pengolahan Data.

Pengolahan data dapat dilakukan dengan menggunakan data hasil pengujian yang telah diperoleh. Sebagai contoh perhitungan diambil dari data percobaan yang telah dilakukan pada mesin yang menggunakan busi *standard* dan mesin yang menggunakan busi *racing*. Pada pengambilan data yang pertama, data yang diperoleh sebagai berikut :

a. Pengujian menggunakan busi standar.

- Putaran mesin : 1800 rpm
- Torsi : 7,85 kg.m
- Faktor reduksi (i) : 20,9375
- Massa jenis bensin (ρ): 0,74 gr/ml
- Waktu (t) : 29 detik
- Volume bahan bakar : 50 ml
- Nilai kalor (*LHV*) : 10698,15 kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,85 \text{ (kg.m)}$$

2) Daya efektif (N_e)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

$$= \frac{7,85 \text{ (kg.m)} \times 1800 \text{ (rpm)}}{716,2}$$

$$= 19,73 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (*SFC_e*).

Konsumsi bahan bakar (F_c) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{50 \text{ (ml)}}{29 \text{ (s)}} \times 0,74 \text{ (kg.liter}^{-1}\text{)} \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 4,59 \text{ kg.jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{4,59 \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}}{19,73 \text{ (PS)}}$$

$$= 0.233 \text{ kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{0.233 \text{ (kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)} \times 10698,15 \text{ (kKal.kg}^{-1}\text{)}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= 25,38\%$$

b. Pengujian menggunakan busi standar.

Putaran mesin : 2000 rpm
 Torsi : 7,85 kg.m
 Faktor reduksi (i) : 20,9375
 Massa jenis bensin (ρ) : 0,74 gr/ml
 Waktu (t) : 27 detik
 Volume bahan bakar : 50 ml
 Nilai kalor (LHV) : 10698,15 kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,85 \text{ (kg.m)}$$

2) Daya efektif (Ne)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (ps)}$$

$$= \frac{7,85 \text{ (kg.m)} \times 1800 \text{ (rpm)}}{716,2}$$

$$= 21,92 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe).

Konsumsi bahan bakar (Fc) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{50 \text{ (ml)}}{27 \text{ (s)}} \times 0,74 \text{ (kg.liter}^{-1}\text{)} \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 4,93 \text{ kg.jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{4,93 \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}}{21,92 \text{ (PS)}}$$

$$= 0,225 \text{ kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{0,225 \text{ (kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)} \times 10698,15 \text{ (kKal.kg}^{-1}\text{)}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= 26,25\%$$

c. Pengujian menggunakan busi standar.

Putaran mesin : 2300 rpm
 Torsi : 7,34 kg.m
 Faktor reduksi (i) : 20,9375
 Massa jenis bensin (ρ): 0,74 gr/ml
 Waktu (t) : 25 detik
 Volume bahan bakar: 50 ml
 Nilai kalor (LHV): 10698,15 kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,34 \text{ (kg.m)}$$

2) Daya efektif (Ne)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (ps)}$$

$$= \frac{7,34 \text{ (kg.m)} \times 2300 \text{ (rpm)}}{716,2}$$

$$= 23,58 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe).

Konsumsi bahan bakar (Fc) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{50 \text{ (ml)}}{25 \text{ (s)}} \times 0,74 \text{ (kg.liter}^{-1}\text{)} \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 5,33 \text{ kg.jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{5,33 \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)}}{23,58 \text{ (PS)}}$$

$$= 0,226 \text{ kg.PS}^{-1}\text{.jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 (\%)$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 (\%)$$

$$= \frac{632}{0,226 (\text{kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}) \times 10698,15 (\text{kKal} \cdot \text{kg}^{-1})} \times 100 (\%)$$

$$= 26,14\%$$

d. Pengujian menggunakan busi racing.

Putaran mesin : 1800 rpm
 Torsi : 7,239 kg.m
 Faktor reduksi (i) : 20,9375
 Massa jenis pertamax (ρ): 0,74 gr/ml
 Waktu (t) : 28,44 detik
 Volume bahan bakar: 50 ml
 Nilai kalor (LHV) : 10698,15 kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,239 (\text{kg} \cdot \text{m})$$

2) Daya efektif (N_e)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} (\text{PS})$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} (\text{ps})$$

$$= \frac{7,239 (\text{kg} \cdot \text{m}) \times 1800 (\text{rpm})}{716,2}$$

$$= 18,2 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e).

Konsumsi bahan bakar (F_c) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} (\text{kg} \cdot \text{jam}^{-1})$$

$$= \frac{50 (\text{ml})}{28,44 (\text{s})} \times 0,74 (\text{kg} \cdot \text{liter}^{-1}) \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 4,68 \text{ kg} \cdot \text{jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} (\text{kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1})$$

$$= \frac{4,68 (\text{kg} \cdot \text{jam}^{-1})}{18,2 (\text{PS})}$$

$$= 0,257 \text{ kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 (\%)$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 (\%)$$

$$= \frac{632}{0,257 \text{ kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1} (\text{kg} \cdot \text{PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}) \times 10698,15 (\text{kKal} \cdot \text{kg}^{-1})} \times 100\%$$

$$= 22,99 \%$$

e. Pengujian menggunakan busi racing.

Putaran mesin : 2000 rpm
 Torsi : 7,44 kg.m
 Faktor reduksi (i) : 20,9375
 Massa jenis pertamax (ρ): 0,74 gr/ml
 Waktu (t) : 26,61 detik
 Volume bahan bakar : 50 ml
 Nilai kalor (LHV) : 10698,15 kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,44 (\text{kg} \cdot \text{m})$$

2) Daya efektif (N_e)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} (\text{PS})$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} (\text{ps})$$

$$= \frac{7,44 (\text{kg} \cdot \text{m}) \times 2000 (\text{rpm})}{716,2}$$

$$= 20,79 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e).

Konsumsi bahan bakar (F_c) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} (\text{kg} \cdot \text{jam}^{-1})$$

$$= \frac{50 \text{ (ml)}}{26,61 \text{ (S)}} \times 0,74 \text{ (kg.liter}^{-1}) \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 5,01 \text{ kg.jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1})$$

$$= \frac{5,01 \text{ (kg.jam}^{-1})}{20,79 \text{ (PS)}}$$

$$= 0,24 \text{ kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{0,24 \text{ kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1} \cdot 10698,15 \text{ (kKal.kg}^{-1})} \times 100 \%$$

$$= 24,53 \%$$

f. Pengujian menggunakan busi racing.

- Putaran mesin : 2300 rpm
- Torsi : 7,04 kg.m
- Faktor reduksi (i) : 20,9375
- Massa jenis pertamax (ρ): 0,74 gr/ml
- Waktu (t) : 24,52 detik
- Volume bahan bakar: 50 ml
- Nilai kalor (LHV) : 10698,15 Kkal/kg

1) Torsi (T).

Torsi diukur dengan cara melihat angka yang tertera pada indikator alat dinamometer sebagai pengganti beban pengereman pada kendaraan. Torsi pada alat uji ditunjukkan dengan satuan Nm.

$$T = 7,04 \text{ (kg.m)}$$

2) Daya efektif (N_e)

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

$$= \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (ps)}$$

$$= \frac{7,04 \text{ (kg.m)} \times 2300 \text{ (rpm)}}{716,2}$$

$$= 22,59 \text{ PS}$$

3) Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e).

Konsumsi bahan bakar (F_c) diukur dengan menggunakan tabung ukur yang terintegrasi pada alat uji. Dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang

diketahui volumenya dan diukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut.

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg.jam}^{-1})$$

$$= \frac{50 \text{ (ml)}}{24,52 \text{ (S)}} \times 0,74 \text{ (kg.liter}^{-1}) \times \frac{3600}{1000}$$

$$= 5,43 \text{ kg.jam}^{-1}$$

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \text{ (kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1})$$

$$= \frac{5,43 \text{ (kg.jam}^{-1})}{22,59 \text{ (PS)}}$$

$$= 0,24 \text{ kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$$

4) Efisiensi termal efektif (η_{te})

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{632}{0,24 \text{ kg.PS}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1} \cdot 10698,15 \text{ (kKal.kg}^{-1})} \times 100 \%$$

$$= 24,57 \%$$

Pembahasan.

Analisis data dilakukan dengan menampilkan hasil perhitungan dengan menggunakan busi *standard* dan *racing* mulai dari putaran 1800 rpm sampai 2300 rpm dalam bentuk grafik sehingga memudahkan dalam proses analisis data guna mengetahui prestasi mesin. Analisis grafik hubungan putaran terhadap mesin Toyota 7K dengan parameter torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, dan efisiensi termal efektif dapat dilihat dalam grafik dibawah ini:

a. Hubungan antara Putaran dengan Torsi.

Hubungan antara putaran dengan torsi pada pemakaian busi *standard* dan busi *racing* menggunakan bensin pertamax dapat di lihat pada tabel 4.1.

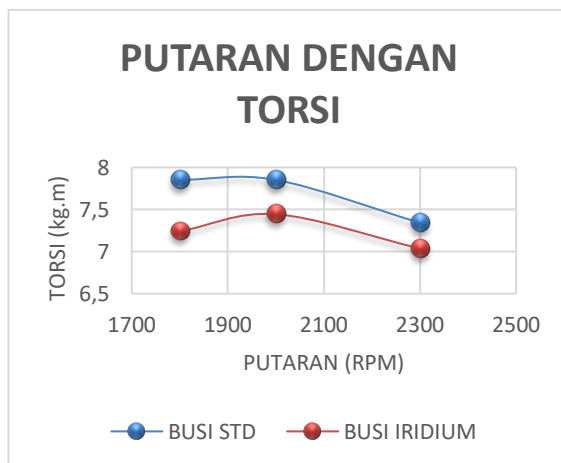
Tabel 4.1. Hubungan Antara Putaran dengan Torsi

Putaran (rpm)	Torsi (kg.m)	
	Busi <i>standard</i>	Busi <i>racing</i>
1800	7,85	7,24

2000	7,85	7,44
2300	7,34	7,04

Pada gambar 4.1, grafik hubungan antara putaran dengan torsi menunjukkan bahwa putaran berbanding terbalik dengan torsi hal ini ditandai dengan bertambahnya putaran maka torsi yang terjadi semakin kecil. Penyebabnya adalah putaran yang semakin tinggi, maka beban pengereman yang diberikan semakin kecil sehingga torsi yang dihasilkan akan semakin kecil. Torsi berbanding lurus dengan gaya pengereman (F), sesuai dengan persamaan 1 pada Bab Landasan Teori, yaitu :

$$T = F.L \text{ (kg.m)}$$



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Antara Putaran dengan Torsi.

Alasan lain menurunnya torsi disebabkan karena pada putaran yang semakin tinggi gesekan antara piston (torak) dan dinding silinder semakin banyak yang menyebabkan kerugian mekanis akibat gesekan semakin besar. Pada putaran tinggi gerakan buka tutup katup hisap juga semakin cepat, hal ini menyebabkan massa campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder semakin kecil, tekanan akhir kompresi dan tekanan gas hasil pembakaran bahan bakar akan menjadi kecil. Gaya inersia juga mempengaruhi gerak translasi torak. Gaya inersia berbanding lurus

dengan percepatan. Semakin tinggi putaran, maka percepatan gerak torak akan semakin tinggi yang menyebabkan gaya inersia torak semakin besar. Karena gaya inersia bekerja berlawanan arah dengan arah percepatan torak, maka gaya inersia akan menghambat gerak torak sehingga menurunkan torsi yang dihasilkan, hal ini ditunjukkan dengan tren menurun pada grafik.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin Toyota 7K dengan busi *standard* dihasilkan torsi yang paling tinggi karena teknologi alat uji yang digunakan kompatibel dengan busi tersebut (percobaan pada putaran rendah di bawah 2500 pm) sedangkan pada penggunaan busi *racing*, mesin cenderung panas sehingga torsi yang dihasilkan tidak maksimal sehingga dari seluruh percobaan yang dilakukan hasilnya selalu lebih rendah dibanding dengan penggunaan busi *standard*.

Nilai torsi terbaik ditunjukkan ada penggunaan busi *standard* yaitu nilai paling besar pada putaran 1800 dan 2000 rpm sebesar 7,85 kg.m dan paling rendah pada putaran 2300 rpm sebesar 7,34 kg.m. Sedangkan torsi yang dihasilkan pada penggunaan busi *racing* mempunyai nilai lebih rendah dari penggunaan busi *standard* dengan nilai tertinggi pada putaran 200 rpm sebesar 7,44 kg.m.

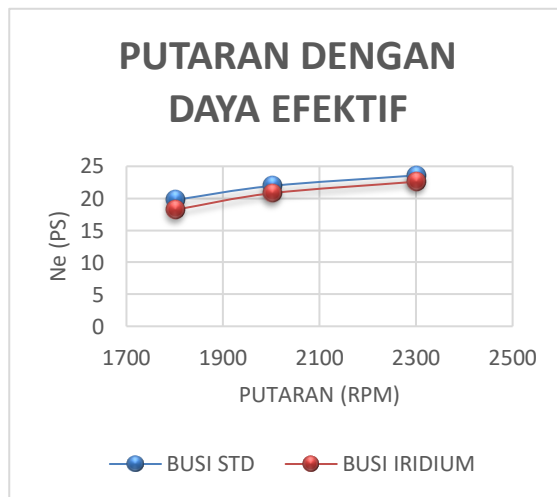
b. Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif.

Hubungan antara putaran dengan daya efektif pada pemakaian busi *standard* dan busi *racing* menggunakan bensin pertamax dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hubungan Antara

Putaran dengan Daya Efektif

Putaran (rpm)	Daya efektif (PS)	
	Busi <i>standard</i>	Busi <i>racing</i>
1800	19,734	18,196
2000	21,926	20,787
2300	23,578	22,595



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Putaran dengan Daya Efektif

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran maka daya efektif yang dihasilkan semakin tinggi pula pada putaran awal sampai pada putaran tertentu, tetapi setelah mencapai titik maksimum, daya efektif mengalami penurunan seiring dengan naiknya putaran. Hal ini terjadi karena

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (kg.PS ⁻¹ .jam ⁻¹)	
	Busi <i>standard</i>	Busi <i>racing</i>
1800	0,232807	0,257452
2000	0,225047	0,240857
2300	0,226025	0,240469

daya efektif berbanding lurus dengan torsi (T) yang dihasilkan dan putaran poros mesin (n) sesuai dengan persamaan 2 pada Bab Landasan Teori berikut:

$$Ne = \frac{T.n}{716,2} (PS).$$

Daya efektif akan semakin besar seiring dengan penambahan putaran sampai pada titik maksimum, kemudian daya efektif mengalami penurunan sejalan dengan bertambahnya putaran disebabkan kenaikan putaran tidak dapat mengimbangi penurunan torsi sehingga daya efektif juga disebabkan karena semakin besar kerugian yang terjadi seperti gesekan dan kehilangan panas.

Berdasarkan hasil pengujian mesin Toyota Avanza dengan variasi penggunaan busi *standard* dan *racing* diperoleh daya efektif yang paling besar pada penggunaan busi *standard* di putaran 2300 rpm kemudian disusul pada penggunaan busi *racing* di putaran 2300 rpm. Hal ini disebabkan pada penggunaan busi *standard* menghasilkan torsi yang paling besar pula. Sedangkan daya efektif pada penggunaan busi *racing* lebih rendah karena torsi yang dihasilkan juga lebih rendah. Hal ini disebabkan alat uji yang digunakan (mesin Toyota Avanza) hanya mampu digunakan pada putaran rendah yaitu di bawah 2500 rpm sedangkan menurut referensi yang digunakan, busi *racing* akan mencapai puncak performa bila digunakan pada putaran tinggi. Sehingga daya efektif yang optimal dihasilkan oleh penggunaan busi *standard* putaran 2300 rpm sebesar 23,578 PS dan paling rendah, saat penggunaan busi *racing* diputaran 1800 RPM sebesar 18,196 PS.

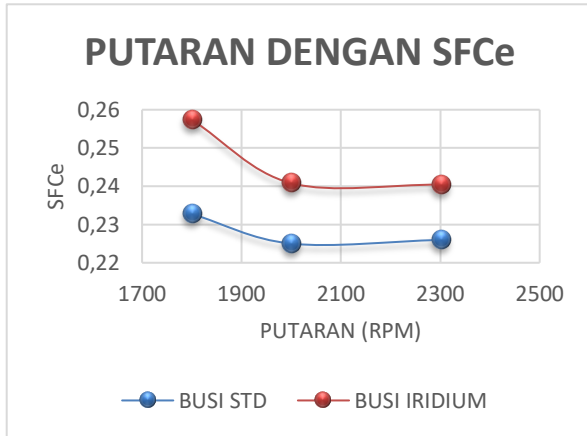
c. Hubungan antara Putaran dengan SFCE.

Hubungan antara putaran dengan SFCE pada pemakaian busi *standard* dan busi *racing* menggunakan bensin pertamax dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hubungan Antara Putaran dengan SFCE

Pengertian SFCE (konsumsi bahan bakar spesifik efektif) adalah jumlah bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif tiap jamnya sehingga konsumsi bahan bakar spesifik efektif ini dapat digunakan

untuk mengukur tingkat keekonomisan dari mesin, semakin rendah nilai *SFCe* maka mesin tersebut semakin ekonomis.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Putaran dengan SFCe

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran, maka *SFCe* akan semakin menurun sampai pada putaran tertentu kemudian *SFCe* akan mengalami kenaikan jika putaran dinaikkan lagi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi putaran, konsumsi bahan bakar akan semakin tinggi dan daya efektif juga meningkat kemudian daya efektif mengalami penurunan, maka *SFCe* akan mengalami kenaikan. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar (F_c) dan berbanding terbalik dengan daya efektif (N_e), sesuai dengan persamaan 3 pada Bab Landasan Teori berikut:

$$SFCe = \frac{F_c}{N_e} (\text{kg.PS}^{-1}.\text{jam}^{-1})$$

Pada keadaan diam sampai dengan keadaan bergerak yaitu di rpm atau putaran yang rendah, mesin membutuhkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan mekanisme mesin sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar yang tinggi pula. Jika putaran dinaikkan, maka putaran mesin akan dibantu oleh mekanisme itu sendiri seperti *flywheel* sehingga konsumsi bahan bakar menurun. Akan

tetapi jika putaran akan dinaikkan lagi, konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat dikarenakan kerugian seperti gesekan semakin meningkat sehingga menambah beban mesin.

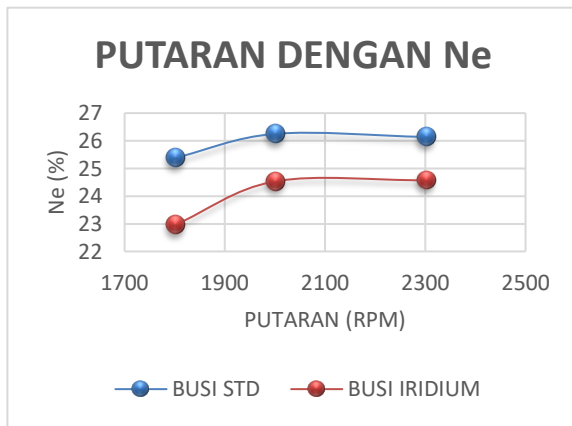
Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan mesin Toyota 7K dengan variasi penggunaan busi *standard* dan *racing*, diperoleh *SFCe* yang paling rendah pada penggunaan busi *standard* diputaran 1800 rpm. Hal ini dikarenakan pada penggunaan busi *standard* dengan putaran 1800 rpm (putaran rendah) pertamax yang disuplai ke ruang silinder tidak cepat terbakar sebab piston tidak bergerak terlalu cepat dan pembakaran yang dilakukan tidak terlalu signifikan sehingga konsumsi bahan bakar lebih rendah. Sedangkan pada penggunaan busi *racing* pada putaran rendah, yaitu 2000 – 2300 rpm konsumsi bahan bakarnya lebih tinggi dari penggunaan busi *standard* dengan putaran rendah. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang rendah dihasilkan oleh penggunaan busi *standard* pada putaran 2000 rpm yaitu sebesar $0,225047 \text{ kg.PS}^{-1}.\text{Jam}^{-1}$.

d. Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif.

Hubungan antara putaran dengan efisiensi termal efektif pada pemakaian pemakaian busi *standard* dan busi *racing* menggunakan bensin pertamax dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hubungan Antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif.

Putaran (rpm)	Efisiensi termal efektif (η_{te})	
	Busi <i>standard</i>	Busi <i>racing</i>
1800	25,375	22,946
2000	26,250	24,527
2300	26,137	24,567



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif.

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran maka efisiensi termal efektif akan mengalami kenaikan sampai pada putaran tertentu kemudian mengalami penurunan. Hal ini disebabkan nilai efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e) dan nilai kalor bahan bakar (LHV_{bb}), seperti pada persamaan 4 Bab Landasan Teori berikut:

$$\eta_{te} = \frac{632}{SFC_e \times LHV_{bb}} \times 100 (\%)$$

Nilai efisiensi termal akan mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Efisiensi termal berbanding terbalik dengan konsumsi bahan bakar spesifik, semakin tinggi putaran konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin kecil sehingga efisiensi termal efektif mengalami kenaikan. Jika putaran dinaikkan lagi maka efisiensi termal akan mengalami penurunan karena konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang meningkat pula. Semakin tinggi putaran campuran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder semakin kecil yang disebabkan mekanisme buka tutup katup masuk yang semakin cepat sehingga kalor yang dihasilkan pada poros pembakaran semakin kecil dan daya efektif juga semakin kecil pula sehingga efisiensi termal semakin

menurun. Selain itu karena kerugian mekanis yang ditimbulkan oleh gesekan torak dan dinding torak semakin tinggi yang menyebabkan daya efektif yang dihasilkan juga semakin turun.

Berdasarkan pengujian yang kami lakukan dengan variasi penggunaan busi *standard* dan *racing*, diperoleh efisiensi termal yang paling tinggi pada penggunaan busi *standard* karena memiliki nilai kalor bahan bakar yang lebih rendah. Dengan nilai kalor bahan bakar yang lebih rendah, tetapi dapat menghasilkan torsi dan daya sedikit lebih stabil, akan menghasilkan efisiensi termal yang tinggi. Pada penggunaan busi *racing* memiliki nilai kalor bahan bakar yang lebih tinggi sehingga pada saat dibakar menghasilkan efisiensi yang lebih rendah. Efisiensi termal yang paling tinggi dihasilkan oleh penggunaan busi *standard* dengan di2000 rpm sebesar 26,25%.

Tabel 4.5 menunjukkan nilai keseluruhan terbaik dari pengujian penggunaan variasi busi *standard* dan *racing*, dimana pada penggunaan busi *standard* mendapatkan torsi terbaik dengan nilai 7,852 kg.m pada 2000 rpm, untuk daya efektif terbaik pada 2300 rpm dengan nilai 23,578 PS. Kemudian pada 2000 rpm dengan busi *standard* mendapatkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif dengan nilai 0,225 kg. $PS^{-1}.jam^{-1}$ dan mendapatkan nilai Efisiensi termal efektif sebesar 26,25 %.

Tabel 4.5. Nilai Keseluruhan Terbaik dari Hasil Uji Prestasi.

BUSI	n (rpm)	T (kg.m)	Ne (PS)	SFCe	η_{te} (%)
STANDARD	2000	7,852	21,926	0,225	26,25
STANDARD	2300	7,342	23,578	0,226	26,14
STANDARD	2000	7,852	21,926	0,225	26,25
STANDARD	2000	7,852	21,926	0,225	26,25

Pemakaian kendaraan rata-rata di Indonesia khususnya di Akademi Militer dalam penggunaan sehari-hari pada putaran rendah antara 2000 rpm sampai 2300 rpm atau di bawah 2500 rpm sehingga pemakaian busi yang paling efektif adalah menggunakan busi *standard* karena unjuk kerja mesin lebih baik yaitu torsi 7,852 kg.m, daya 21,926 PS, SFCe 0,225, efisiensi 26,25%. Jika dibandingkan dengan penggunaan busi *racing*, busi jenis ini baru akan menunjukkan performa signifikan saat uji prestasi maupun efisien pada konsumsi bahan bakarnya bila digunakan pada rpm tinggi atau *full throttle*, dengan kata lain busi *racing* lebih cocok digunakan pada mesin berkompresi tinggi dan berkapasitas (cc) besar dengan pemakaian yang tidak *standard*. Oleh karena itu pemakaian busi *standard* lebih efektif digunakan pada mesin Toyota Avanza dikarenakan mesin tersebut merupakan mesin dengan kompresi rendah dengan *settingan* pabrik (*standard*) sehingga tidak kompatibel bila menggunakan busi model baru dengan teknologi tinggi seperti busi *racing*.

KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui penggunaan busi *standard* dan *racing* pada mesin berbahan bakar pertamax dan telah dianalisis dari hasil uji prestasi mesin maka dapat kami simpulkan bahwa:

- a. Torsi yang dihasilkan semakin kecil seiring dengan bertambahnya putaran baik pada penggunaan busi *standard* maupun *racing*, namun grafik yang lebih baik ditunjukkan pada penggunaan busi *standard* dengan nilai tertinggi sebesar 7,85 (kg.m) pada putaran 1800 dan 2000 rpm sedangkan busi *racing* hanya sebesar 7,44 (kg.m) pada putaran 2000 rpm.
- b. Daya efektif yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya putaran baik pada

penggunaan busi *standard* maupun *racing*, namun hasil maksimal ditunjukkan pada penggunaan busi *standard* yaitu sebesar 23,58 PS diputaran 2300 rpm sedangkan pada penggunaan busi *racing* hanya mampu mencapai angka 22,59 PS diputaran yang sama yaitu 2300 rpm.

c. SFCe atau konsumsi bahan bakar spesifik cenderung mengalami penurunan sedangkan efisiensi termalnya cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya putaran baik pada penggunaan busi *standard* maupun *racing*, hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran, konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin kecil sehingga efisiensi termal efektif mengalami kenaikan (nilai efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif).

d. Nilai terbaik dari pengujian penggunaan busi *standard* dan *racing* pada mesin Toyota Avanza adalah pada penggunaan busi *standard* diputaran 2000 rpm, karena penurunan torsi relative kecil dan SFCe, daya efektif serta efisiensi mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan penggunaan busi *racing* pada percobaan ini.

e. Pada penggunaan sehari-hari atau mesin dengan putaran rendah. Busi *standard* lebih cocok digunakan, karena menunjukkan prestasi dan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien. Namun pada pemakaian *full throttle* atau dominan di putaran tinggi, busi *racing* lebih baik digunakan karena daya tahan terhadap panasnya cukup tinggi dan titik lebur sekitar 2454°C dan menurut referensi yang digunakan dapat menunjukkan prestasi yang lebih baik dan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien bila dibandingkan dengan busi *standard*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin , Zainal dan Rabiman. 2011. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung : ITB.
- Heywood, John. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill.
- Sudarminto. 1983. *Motor Bakar Edisi Ketiga*. Bandung : Carya Remadja.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Alfabeta.
- Yusuf. 2010. *Pengaruh Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar KijaK*. Tegal.