

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Umum Mesin Bensin

Mesin bensin adalah jenis mesin pembakaran dalam yang mengubah energi kimia dari bensin menjadi energi mekanik melalui pembakaran campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar. Tekanan hasil pembakaran mendorong piston, yang gerakannya diubah oleh poros engkol menjadi rotasi untuk menggerakkan kendaraan (Kurniawan & Purnawan, 2022).

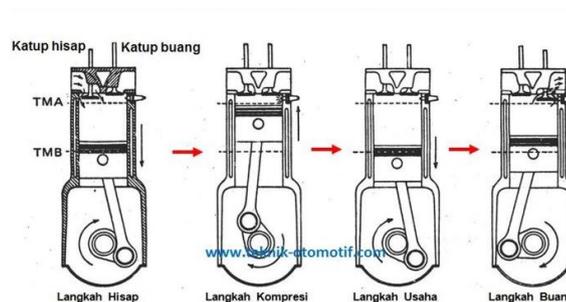
Mesin bensin memiliki efisiensi termal yang tinggi karena proses pembakaran terjadi langsung di dalam silinder, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien. Konstruksi mesin bensin tergolong sederhana, sehingga memudahkan dalam proses perakitan dan perawatan. Dimensi mesin bensin yang ringkas membuatnya tidak memerlukan ruang yang luas untuk instalasi.

Pada dasarnya, prinsip kerja mesin bensin adalah membakar campuran udara dan bahan bakar secepat mungkin di dalam ruang bakar untuk menghasilkan daya ledak maksimal. Saat katup hisap terbuka, campuran udara dan bensin masuk ke dalam ruang bakar. Campuran tersebut kemudian dibakar, menghasilkan ledakan yang mendorong piston dan diubah menjadi tenaga putar yang menggerakkan kendaraan. Mesin bensin banyak digunakan pada kendaraan seperti mobil dan Sepeda motor (Kurniawan & Purnawan, 2022).

2.2 Prinsip Kerja Mesin Bensin 4 Langkah

Prinsip dasar kerja mesin 4 langkah, yaitu memanfaatkan daya ledak yang terbentuk dari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang bakar. Daya ledak tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan piston melalui poros engkol yang berputar. Gerakan yang dimaksud adalah Gerakan piston dari posisi Titik Mati Atas (TMA) ke posisi Titik Mati Bawah (TMB) atau piston dari posisi atas ke bawah begitu juga sebaliknya dari bawah ke posisi atas yang disebut dengan rotasi putaran penuh. jika dilihat dari prinsip kerja tersebut, maka semakin besar daya ledak yang dihasilkan oleh pembakaran akan semakin cepat pula gerakan piston melalui putaran poros engkol.

Mesin 4 langkah bekerja melalui siklus berulang yang bertujuan menghasilkan tenaga untuk memutar poros engkol. Dalam dua kali putaran poros engkol, terjadi empat tahapan kerja yang berurutan, yaitu langkah hisap (*intake stroke*), langkah kompresi (*compression stroke*), langkah usaha (*power stroke*), dan langkah buang (*exhaust stroke*) (Kurniawan & Purnawan, 2022).



Gambar 2.1 Siklus Kerja Mesin 4 Langkah
Sumber : (Aong, 2020)

2.2.1 Langkah Hisap

Langkah hisap dimulai saat piston berada di Titik Mati Atas (TMA), lalu bergerak turun menuju Titik Mati Bawah (TMB) dengan katup masuk (*intake*) dalam keadaan terbuka. Gerakan ini menimbulkan kevakuman di dalam ruang bakar, sehingga campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk melalui katup masuk menuju ke dalam silinder (Kurniawan & Purnawan, 2022).

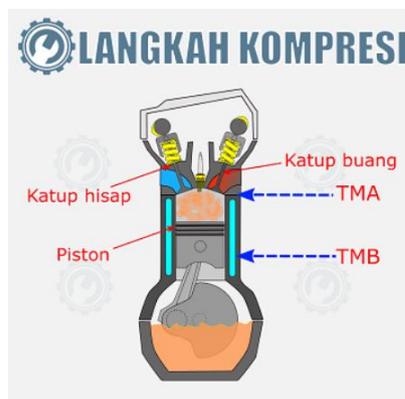


Gambar 2.2 Langkah Hisap
Sumber : (Pamungkas, 2023)

2.2.2 Langkah Kompresi

Langkah kompresi terjadi ketika katup masuk (*in*) dan katup buang (*ex*) dalam kondisi tertutup. Pada tahap ini, piston bergerak naik untuk memampatkan campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder. Pemampatan ini bertujuan untuk meningkatkan tekanan, sehingga proses pembakaran dapat menghasilkan ledakan yang lebih kuat dan efisien.

Langkah kompresi dimulai saat piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA). Gerakan ini mengurangi volume ruang bakar dan menyebabkan campuran udara serta bahan bakar menjadi tertekan. Akibatnya, tekanan dan suhu dalam ruang bakar meningkat secara signifikan. Pada akhir langkah ini, campuran berada dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi (*full pressure dan high temperature*), sehingga mudah terbakar ketika terkena percikan api dari busi (Kurniawan & Purnawan, 2022).

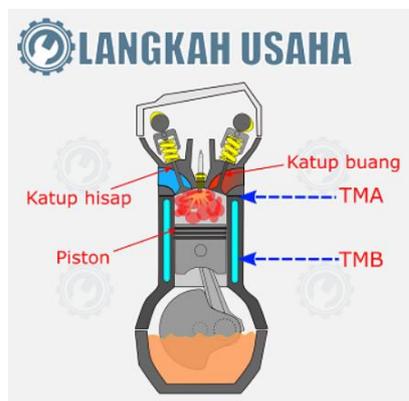


Gambar 2.3 Langkah Kompresi
Sumber : (Pamungkas, 2023)

2.2.3 Langkah Usaha

Langkah usaha terjadi ketika kedua katup, yaitu katup masuk dan katup buang, berada dalam posisi tertutup. Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB). Pada tahap ini, campuran udara dan bahan bakar yang sebelumnya telah dikompresi dengan tekanan dan suhu tinggi akan terbakar akibat percikan api dari busi. Proses pembakaran tersebut menghasilkan ledakan yang kuat, sehingga mendorong piston ke bawah dan menghasilkan tenaga yang digunakan untuk menggerakkan poros engkol.

Ledakan hasil pembakaran memberikan dorongan ekspansi yang mendorong piston bergerak ke arah Titik Mati Bawah (TMB). Dorongan ini menjadi sumber tenaga utama mesin. Energi ekspansi tidak hanya menggerakkan piston naik turun di dalam silinder, tetapi juga diteruskan ke sistem *powertrain* kendaraan. Dengan demikian, tenaga yang dihasilkan dari ledakan tersebut mampu menggerakkan kendaraan dan mempengaruhi kecepatan laju tergantung pada besarnya daya yang dihasilkan (Kurniawan & Purnawan, 2022).

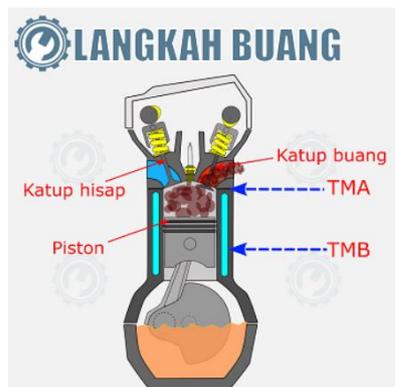


Gambar 2.4 Langkah Usaha
Sumber : (Pamungkas, 2023)

2.2.4 Langkah Buang

Langkah buang terjadi ketika katup buang (*exhaust valve*) terbuka dan katup masuk (*intake valve*) tertutup. Pada tahap ini, piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA), mendorong sisa gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar melalui katup buang menuju ke *exhaust manifold*. Langkah ini berlangsung setelah langkah usaha, dan berfungsi untuk membuang residu gas pembakaran agar ruang bakar siap untuk siklus berikutnya.

Langkah buang dimulai saat piston menerima dorongan dari proses ekspansi dan mencapai posisi Titik Mati Bawah (TMB). Selanjutnya, piston bergerak naik menuju Titik Mati Atas (TMA) akibat putaran poros engkol. Selama langkah ini, katup buang (*exhaust valve*) terbuka, sehingga sisa gas pembakaran terdorong keluar melalui *exhaust manifold*. Setelah piston mencapai TMA, katup buang tertutup dan katup masuk (*intake valve*) kembali terbuka, menandai dimulainya kembali langkah hisap dan berlangsungnya siklus kerja mesin 4 tak secara berulang (Kurniawan & Purnawan, 2022).



Gambar 2.5 Langkah Buang
Sumber : (Pamungkas, 2023)

2.3 Performa Mesin

Menurut Nugroho, (2016) Kemampuan mesin pembakaran dalam yang mampu mengubah energi dari bahan bakar menjadi daya yang dapat dimanfaatkan disebut sebagai kinerja atau performa mesin. Parameter berikut digunakan untuk menunjukkan performa kerja mesin.

2.3.1 Torsi

Torsi merupakan gaya putar yang menyebabkan benda bergerak memutar terhadap porosnya. Benda akan berhenti berputar jika terdapat gaya yang melawan torsi tersebut dengan besar yang sama namun berlawanan arah. Pada motor bensin, torsi dapat dihitung dari hasil pembagian daya keluaran mesin (dalam Watt) dengan kecepatan putaran mesin (dalam rpm).

Torsi merupakan penyebab utama benda dapat berputar terhadap porosnya. Putaran tersebut akan berhenti jika terdapat gaya yang bekerja melawan torsi dengan besar yang sama namun berlawanan arah (Rahman, dkk. 2019).

$$T = F \times r$$

dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F= adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

r= adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

2.3.2 Daya Mesin

Daya adalah ukuran kerja yang dilakukan oleh motor dalam setiap satuan waktu. Satuan daya dinyatakan dalam *horsepower* (hp). Pengukuran daya pada sepeda motor dapat dilakukan menggunakan alat *Dynotest* (Murdianto, 2021).

$$P = 2\pi \cdot n \cdot T / 6000 \text{ (kW)}$$

P = Daya mesin (KW)

T = Torsi

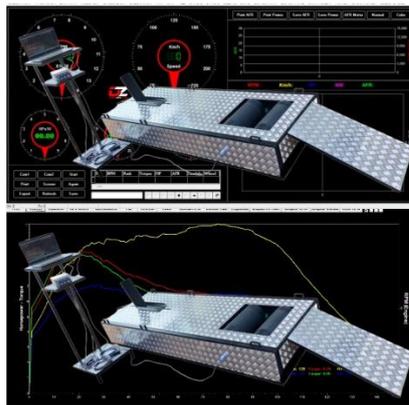
N = Putaran Mesin

2.4 *Dynotest*

Dynotest merupakan Alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya daya (*power*) dan torsi (*torque*) yang dihasilkan oleh mesin secara langsung saat mesin dioperasikan. Pengujian ini sangat berguna untuk mengevaluasi performa mesin, terutama setelah dilakukan perawatan atau perubahan pada sistem kendaraan (Mulyono, 2020).

Dalam prosesnya, sepeda motor diletakkan pada *roller* khusus *Dynotest* dan dijalankan pada berbagai tingkat putaran mesin. Sensor pada alat *Dynotest* akan mencatat data berupa putaran mesin, torsi, serta daya. Selanjutnya, data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak untuk menghasilkan grafik performa mesin yang menggambarkan hubungan antara rpm, torsi, dan daya keluaran.

Melalui pengujian ini, pengguna dapat mengetahui kapan mesin mencapai torsi dan daya puncak, sehingga bisa membantu dalam proses penyetelan agar mesin bekerja lebih efisien dan optimal (WAWAN, 2023).



Gambar 2.6 *Dynotest*
Sumber: (Rivibot, 2025)

2.5 Bahan Bakar

Bensin merupakan bahan bakar cair yang digunakan pada mesin pembakaran dalam dengan sistem pengapian. Bahan bakar ini terdiri dari campuran hidrokarbon ringan yang diperoleh melalui proses penyulingan minyak mentah. Kualitas bensin ditentukan oleh angka oktan, yang berguna untuk menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menahan detonasi atau ketukan saat dikompresi dalam silinder mesin. Semakin tinggi angka oktan, semakin baik kemampuan bensin dalam mencegah detonasi, sehingga cocok untuk mesin dengan rasio kompresi tinggi. Hal ini menjadi dasar dalam pengklasifikasian bensin berdasarkan nilai oktan yang disesuaikan dengan kebutuhan performa mesin (Adolph, 2022).

2.5.1 Pertamax

Pertamax adalah jenis bahan bakar minyak yang mengandung zat aditif serta memiliki angka oktan 92, yang dirancang untuk mesin dengan rasio kompresi antara 9:1 hingga 10:1. Bahan bakar ini pertama kali diperkenalkan sebagai pengganti Premium 88 karena kandungan MTBE yaitu senyawa pencemar air tanah yang bersifat karsinogenik terdapat pada premium berbahaya bagi lingkungan. Pertamax tidak menggunakan campuran timbal, sehingga mampu menekan kadar polutan dalam gas buang seperti nitrogen oksida dan karbon monoksida. Ciri fisik Pertamax antara lain berwarna kebiruan, memiliki tekanan uap antara 45 hingga 60 kPa, titik didih sekitar 205°C, serta massa jenis pada suhu 15°C berada di kisaran 715 hingga 780 kg/m³. Selain itu, kandungan maksimum sulfur dan oksigen dalam bahan bakar ini masing-masing adalah 0,1% dan 2,72% (Ryan, dkk. 2019).



Gambar 2.7 Pertamina
Sumber : (Ali, 2024)

Adapun spesifikasi pertamax sebagai berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pertamina (Migas, 2020)

Research Octane Number (RON)	92,0
Kandungan oksigen maksimal	27% m/m
Berat massa jenis pada suhu 15°C	Minimal 715 kg/m ³ Maksimal 780 kg/m ³
Berwarna	Biru

2.5.2 Metanol

Metanol adalah alkohol sederhana dengan satu atom karbon dan rumus kimia CH_3OH , berupa cairan bening, tidak berwarna, mudah menguap, dan sangat mudah terbakar, serta memiliki bau khas seperti etanol. Metanol sangat beracun dan tidak boleh dikonsumsi karena dapat menyebabkan kebutaan hingga kematian, serta sangat larut dalam air dan digunakan sebagai pelarut industri, bahan bakar alternatif, dan bahan baku pembuatan formaldehida (Permana dkk. 2021).

2.5.3 Butanol

Butanol adalah alkohol dengan empat atom karbon (C_4H_9OH) dan termasuk dalam kelompok alkohol primer, sekunder, atau tersier tergantung pada struktur isomernya. Terdapat empat isomer utama butanol, yaitu 1-butanol, 2-butanol, isobutanol, dan tert-butanol, yang berbeda dalam posisi gugus hidroksil (-OH) dan susunan rantai karbonnya (Hery Astuti dkk. 2021).

2.5.4 Propanol

Propanol adalah alkohol dengan tiga atom karbon yang memiliki dua isomer utama, yaitu 1-propanol dan 2-propanol (isopropil alkohol); keduanya merupakan cairan bening, mudah terbakar, larut dalam air, dan memiliki bau khas alkohol. 2-Propanol memiliki titik didih sekitar $82,6^{\circ}C$ dan digunakan sebagai antiseptik dan disinfektan, sedangkan 1-propanol memiliki titik didih sekitar $97^{\circ}C$ dan digunakan sebagai pelarut dalam industri (Klaudia BR Semimbing, 2021).

2.5.5 Etanol

Bahan bakar alternatif adalah jenis bahan bakar yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui. Penggunaannya bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta menekan emisi gas buang yang berdampak negatif terhadap lingkungan (Khaidir, 2020). Salah satu solusi bahan bakar alternatif yang tersedia adalah Etanol.

Etanol atau *ethyl alcohol* (C_2H_5OH), merupakan senyawa kimia berbentuk cairan tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, dan larut dalam air. Senyawa ini diperoleh melalui proses fermentasi biomassa yang mengandung gula atau pati, seperti jagung, tebu, singkong, dan limbah pertanian lainnya. Proses fermentasi tersebut melibatkan mikroorganisme seperti ragi, yang mengubah gula menjadi etanol dan karbon dioksida.

Sebagai bahan bakar alternatif, etanol memiliki beberapa keunggulan. Etanol dapat digunakan sebagai campuran bensin, dikenal dengan istilah gasohol, untuk meningkatkan angka oktan dan mengurangi emisi gas buang. Campuran etanol dalam bensin mampu meningkatkan angka oktan hingga 3 digit untuk setiap penambahan 10% etanol. Selain itu, penggunaan etanol juga dapat menurunkan emisi karbon monoksida dan senyawa organik mudah menguap, sehingga lebih ramah lingkungan (Novelia, dkk. 2022).



Gambar 2.8 Etanol
Sumber : (Pertamina, 2023)

2.5.6 Spesifikasi Alkohol

Tabel 2.2 Spesifikasi Alkohol

Parameter	Metanol (CH₃OH)	Etanol (C₂H₅OH)	Propanol (C₃H₇OH)	Butanol (C₄H₉OH)
Rumus Kimia	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₃ H ₇ O	C ₄ H ₉ O
Massa Molekul (g/mol)	32,04	46,07	60,1	74,12
Titik Didih (°C)	64,7	78,4	97 (1-P), 82.6 (2-P)	117 (1-B), 83 (tert-B)
Titik Leleh (°C)	-97,6	-114	-127 (1-P), - 89 (2-P)	-89 (1-B), -25 (tert-B)
Kepadatan (g/cm ³ , 20°C)	0,7918	0,789	0.804 (1-P), 0.785 (2-P)	0.810 (1-B), 0.775 (tert-B)
Kelarutan dalam Air	Sangat larut	Sangat larut	Larut	Sedikit larut (tergantung isomer)
Nilai Kalor (MJ/kg)	22,7	29,7	33,6	36
Nilai Oktan (RON)	109	108	~118 (2- Propanol)	96–113 (tergantung isomer)
Volatilitas	Sangat tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah
Toksisitas	Sangat beracun	Moderate (jika berlebihan)	Beracun ringan	Moderate