

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan (Fatra *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa variasi diameter piston berpengaruh signifikan terhadap performa mesin. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa piston dengan diameter 55,25 mm menghasilkan torsi tertinggi sebesar 121 N.m pada 2000 rpm, daya tertinggi sebesar 1.38 HP pada 8000 rpm, serta konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) tertinggi sebesar 0.279 kg/hp.jam. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja mesin tertinggi diperoleh dengan penggunaan piston berdiameter 55,25 mm.

Menurut penelitian (Arbiantara & Widodo, 2023) menunjukkan bahwa peningkatan diameter piston melalui *bore up* memberikan pengaruh positif terhadap kinerja mesin, di mana *bore up* 1.50 mm menghasilkan daya tertinggi sebesar 10.2 Hp dan torsi tertinggi sebesar 10.31 N.m. Sebaliknya, mesin standar menunjukkan performa terendah dengan daya 3.5 Hp dan torsi 3.40 N.m. Konsumsi bahan bakar juga mengalami peningkatan pada setiap variasi *bore up*.

Penelitian menurut (Saputra *et al.*, 2024) menemukan bahwa piston berdiameter 57 mm dapat menghasilkan daya maksimum 10.2 HP pada 7.132 rpm, torsi maksimum 10,20 Nm. Ketika piston berdiameter 58 mm menghasilkan daya tertinggi 15.7 HP, torsi 11.70 Nm pada 7.797 rpm beralih ke piston berdiameter 59 mm, mereka menghasilkan peningkatan daya dan torsi, dan piston berdiameter 59 mm dapat menghasilkan daya maksimum 17.7 HP, torsi maksimum 12.88 Nm pada 10.906 rpm.

Hasil pengujian menurut (Awal Saputra *et al.*, 2022) bahwa terjadi peningkatan output daya dari 9.57 dk menjadi 10.24 dk pada 6600 rpm, dan torsi meningkat dari 10.55 Nm menjadi 11.67 Nm. Meskipun oversize meningkatkan volume langkah dan rasio kompresi, penelitian juga mencatat adanya penurunan tekanan di ruang bakar. Secara keseluruhan, daya dan torsi tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan mesin standar, namun konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wijaya, 2024) menunjukkan bahwa peningkatan daya maksimum menjadi 6.136 kW serta torsi maksimum mencapai 0.92 kgm.f pada 7500 rpm, mengalami kenaikan sebesar 0.12 kgm.f dari kondisi standar. Perubahan diameter silinder ini juga membuat putaran mesin menjadi lebih responsif dan bertenaga. Selain itu, konsumsi bahan bakar meningkat sebesar 0.8% akibat perubahan volume langkah piston.

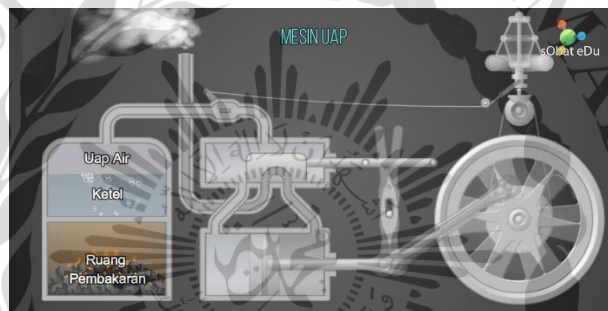
B. Landasan Teori

1. Motor Bakar

Motor bakar adalah mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi kerja mekanik. Dimana pekerjaan ini dicapai melalui konversi energi termal yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara yang dilengkapi dengan sistem pengapian. Performa mesin sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk kualitas bahan bakar dan tekanan kompresi mesin. Motor bakar diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu Mesin pembakaran luar (*external combustion engine*) dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dengan penjabarannya sebagai berikut :

a. Mesin pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

Motor bakar pembakaran luar yaitu motor bakar yang memanfaatkan ruang pembakaran energi panas di luar konstruksi atau mekanisme mesin untuk mengubah energi panas untuk disalurkan ke mesin menggunakan saluran penghubung lain atau proses pembakaran terjadi di luar mesin, fluida kerja mesin mengambil energi termal dari gas yang terbakar melalui beberapa rangkaian dinding pemisah. Contohnya seperti mesin uap bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

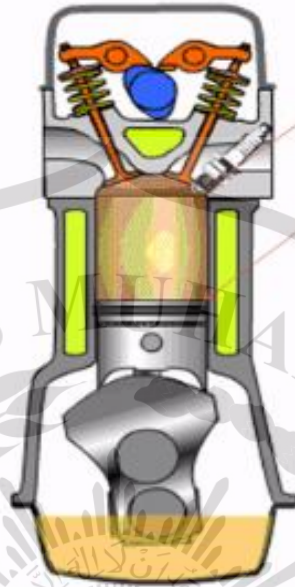


Gambar 2. 1 Mesin Uap (Edu, 2022)

b. Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*)

Mesin pembakaran dalam adalah mesin yang menghasilkan energi mekanik dari energi thermal yang dihasilkan dari proses pembakaran. Salah satu kendaraan yang digunakan setiap hari menggunakan teknologi ini, terjadinya proses pembakaran disebut ruang bakar. Selama piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), kevakuman akan menyebabkan campuran udara dan bahan bakar dihisap ke dalam ruang bakar. Kemudian akan dibakar di dalam ruang bakar dengan percikan bunga api dari busi. Tenaga ledakan dari pembakaran ini akan digunakan untuk

menggerakkan poros engkol kendaraan. Contoh mesin pembakaran dalam seperti sepeda motor, mobil, truk dan lain sebagainya.



Gambar 2. 2 Mesin pembakaran dalam (Pambudi, 2020)

Sistem penyalaan motor bakar dibagi menjadi dua sebagai berikut :

1. Motor bensin

Motor bensin atau yang biasa disebut dengan Motor *Otto* dengan sistem pembakaran bunga api menyalakan atau membakar campuran bahan bakar dengan bantuan bunga api. campuran bahan bakar-udara, busi berfungsi sebagai bunga api. Saat campuran bahan bakar-udara mencapai rasio kompresi, suhu, dan tekanan tertentu, busi akan menyala menghasilkan tenaga yang mendorong torak bergerak bolak-balik. Jenis pembakaran ini sering digunakan untuk kegiatan harian untuk masyarakat Indonesia seperti sepeda motor dan mobil (Rosid, 2016).

2. Motor diesel

Motor diesel yaitu jenis motor yang menggunakan tekanan kompresi tinggi untuk menyalakan bahan bakar. Motor diesel adalah jenis pembakaran dalam yang menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar. Bahan bakar disemprotkan atau diinjeksikan ke dalam silinder dengan tekanan dan suhu tinggi, sehingga bahan bakar terbakar secara spontan (Derrick Tanadi, Ryan Alexander, David Chandra, 2022).

2. Prinsip Kerja Motor Bensin

Berdasarkan cara kerjanya, motor bensin dibedakan menjadi dua yaitu mesin bensin 4 langkah dan mesin bensin 2 langkah (Fahrissal, 2009).

a. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah

1. Langkah isap

Langkah ini dimulai dengan pergerakan piston dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Selanjutnya, campuran bensin-udara masuk ke dalam ruang bakar melalui katup isap yang terbuka dan katup buang yang tertutup.

2. Langkah kompresi

Setelah mencapai TMB, poros engkol berputar menggerakkan torak ke TMA. Katup masuk dan buang tertutup. Setelah campuran udara dan bahan bakar dikompresi, tekanan dan suhu di dalam silinder meningkat, membuat campuran ini mudah terbakar. Ketika torak bergerak dari TMB

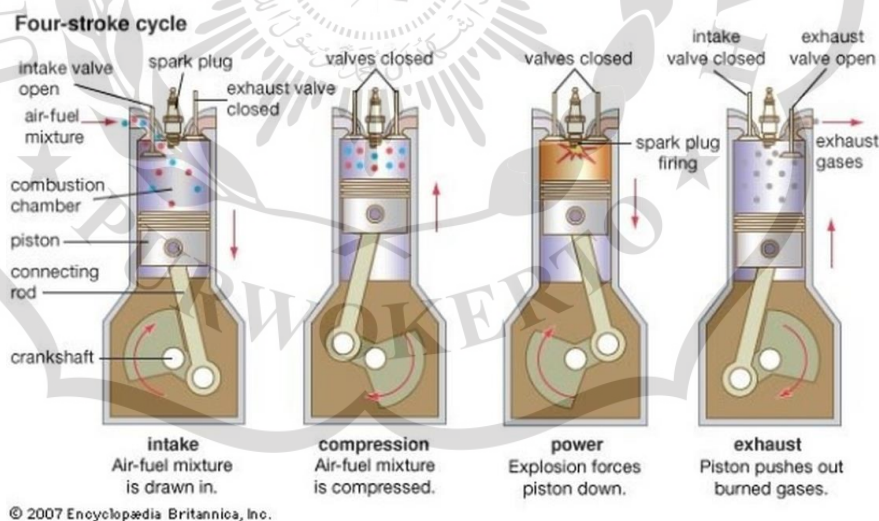
menuju TMA dan kedua katup tertutup, proses pemampatan ini disebut sebagai langkah tekan.

3. Langkah kerja

Kedua katup tertutup selama proses ini. Setelah torak mencapai TMA, bunga api listrik keluar dari busi dan membakar campuran udara-bahan bakar yang bertekanan tinggi.

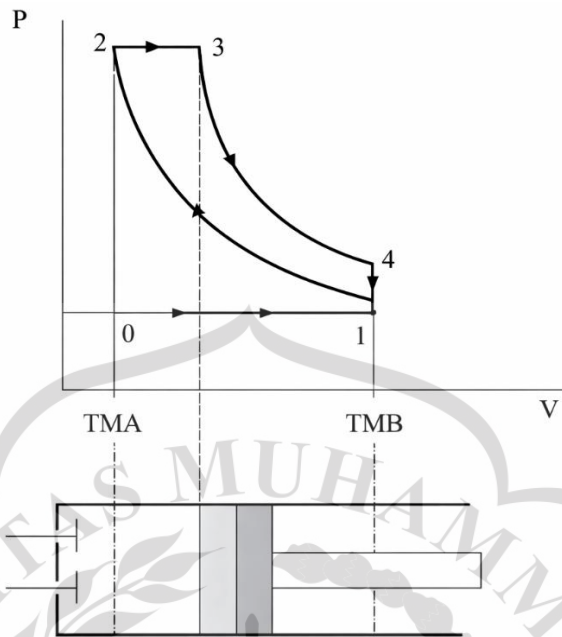
4. Langkah buang

Volume silinder berkurang setelah TMB dan poros engkol menggerakkan torak ke TMA. Saat langkah buang katub masuk tertutup, langkah buang katub keluar terbuka. Torak mengeluarkan gas sisa pembakaran dari silinder, sehingga siklus berulang. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Prinsip kerja motor bensin 4 langkah (Bestari, 2015).

Untuk lebih jelasnya proses-proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4 (empat) langkah dapat dijelaskan melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 4 Diagram P-V dari siklus ideal motor bakar bensin 4 langkah (Hetharia, 2021)

Keterangan gambar diatas mengenai proses pada siklus udara volume konstan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Proses $0 \rightarrow 1$: Langkah hisap (Intake) Pada langkah hisap campuran udarabahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan Bergeraknya piston ke bawah, dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedang katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.
2. Proses $1 \rightarrow 2$: Langkah kompresi Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar

terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

3. Proses 2 → 3 : Langkah pembakaran volume konstan Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup pada posisi tertutup. Proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

4. Proses 3 → 4 : Langkah kerja/ekspansi (Expansion) Kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi selanjutnya mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Dengan bergeraknya piston menuju TMB, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah, akibatnya temperatur dan tekanannya turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

b. Prinsip kerja motor bensin 2 tak (2 langkah)

1. Langkah kerja

Pada saat piston mencapai titik mati atas (TMA), bunga api listrik yang loncat dari busi membakar campuran bahan bakar-udara dengan tekanan tinggi. Ledakan menyebabkan piston terdorong ke bawah, yang

memicu langkah ekspansi atau langkah tenaga. Pada saat yang sama, campuran udara-bahan bakar memasuki saluran isap.

2. Langkah kompresi

Setelah piston mencapai titik mati bawah (TMB), piston akan bergerak kembali ke titik mati atas. Gerakan ini mengompres campuran bahan bakar-udara di dalam silinder. Ini juga merupakan langkah buang, di mana sisa pembakaran ditarik keluar melalui saluran buang dan kembali ke siklus langkah semula.



Gambar 2. 5 Prinsip kerja motor bensin 2 tak (Bestari, 2015)

3. Piston

Piston adalah bagian yang sangat penting dalam sistem pembakaran dalam. Piston juga disebut torak, adalah bagian mesin pembakaran dalam yang dipegang oleh setang piston, yang mendapatkan gerakan turun-naik dari gerakan berputar crankshaft (Usriadi, 2022). Piston berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder liner. Beberapa komponen utama piston adalah ring piston, celah piston, batang piston,

snap ring, dan pena piston. Penyebab kerusakan piston yaitu salah satunya dikarenakan gesekan yang mengakibatkan keausan (Mizhar *et al.*, 2024). Saat mesin pembakaran dalam beroperasi, ring piston dan liner silinder mengalami keausan, yang seringkali menyebabkan kekencangan udara silinder dan efisiensi pembakaran berkurang. Akibatnya, konsumsi daya gesekan meningkat secara signifikan sementara umur mesin berkurang. Untuk piston dapat melakukan siklus kerja mesin yang optimal, mereka harus memenuhi syarat-syarat berikut:

a. Ringan

Sehingga mesin dapat dengan mudah mencapai putaran tinggi, jika konstruksi piston terlalu berat mesin akan kesulitan mencapai putaran tinggi yang menyebabkan mobil atau sepeda motor menjadi sangat lambat saat mencapai kecepatan tinggi meskipun gas sudah ditarik.

b. Tahan terhadap tekanan

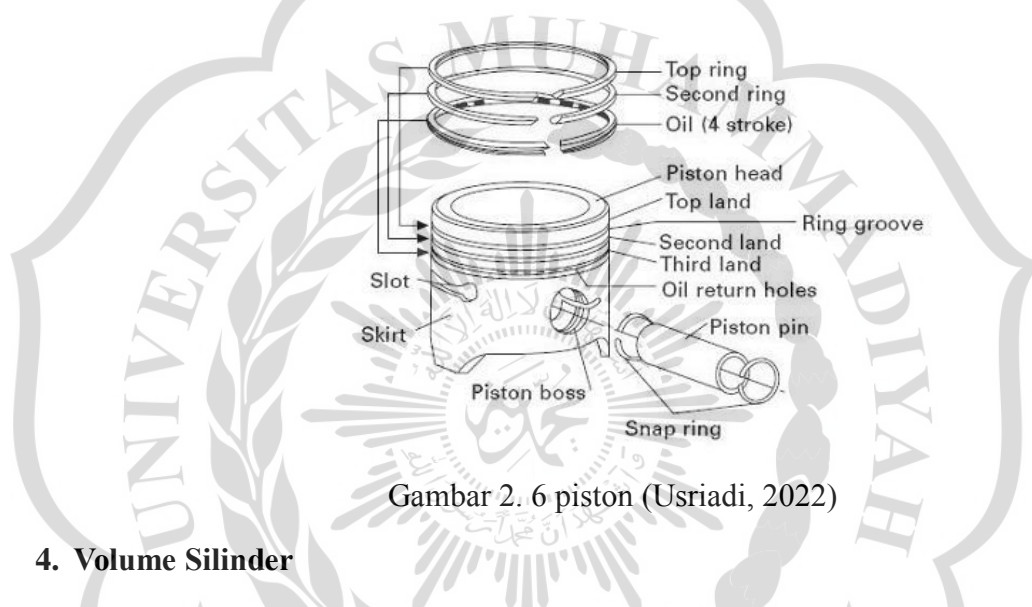
Tahan tekanan ledakan yang dihasilkan dari pembakaran. Percikan bunga api listrik dari busi membakar bensin dan udara selama proses operasi. Pembakaran ini akan menyebabkan ledakan dan tekanan yang sangat kuat di dalam ruang bakar. Selain piston harus ringan, piston juga harus kuat untuk menahan ledakan dan tekanan yang dihasilkan dari pembakaran agar dapat terus menggerakkan poros engkol.

c. Tahan terhadap pemuaian

Suhu di ruang bakar akan melonjak tinggi karena pembakaran campuran bensin dan udara. Seperti yang kita ketahui, logam akan memuai atau berubah bentuk ketika suhu meningkat. Selain itu, piston yang terbuat

dari logam khusus akan mengalami pemuaian yang cukup. Jika piston mengalami pemuaian yang berlebihan, piston akan terkunci atau ngancing ke dinding silinder blok, sehingga piston tidak dapat bergerak naik turun dalam silinder.

Secara umum, piston terbagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut :



Gambar 2. 6 piston (Usriadi, 2022)

4. Volume Silinder

Volume silinder adalah besarnya volume langkah di tambah volume ruang bakar. Volume langkah dihitung dari volume piston pada posisi TMB sampai garis TMA. Sedangkan volume ruang bakar dihitung pada saat piston pada posisi TMA, bisa disebut dengan volume sisa. Besarnya volume langkah atau langkah piston yaitu luas lingkaran dikalikan dengan panjang piston. Volume silinder dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Dharma & Wahyudi, 2017).

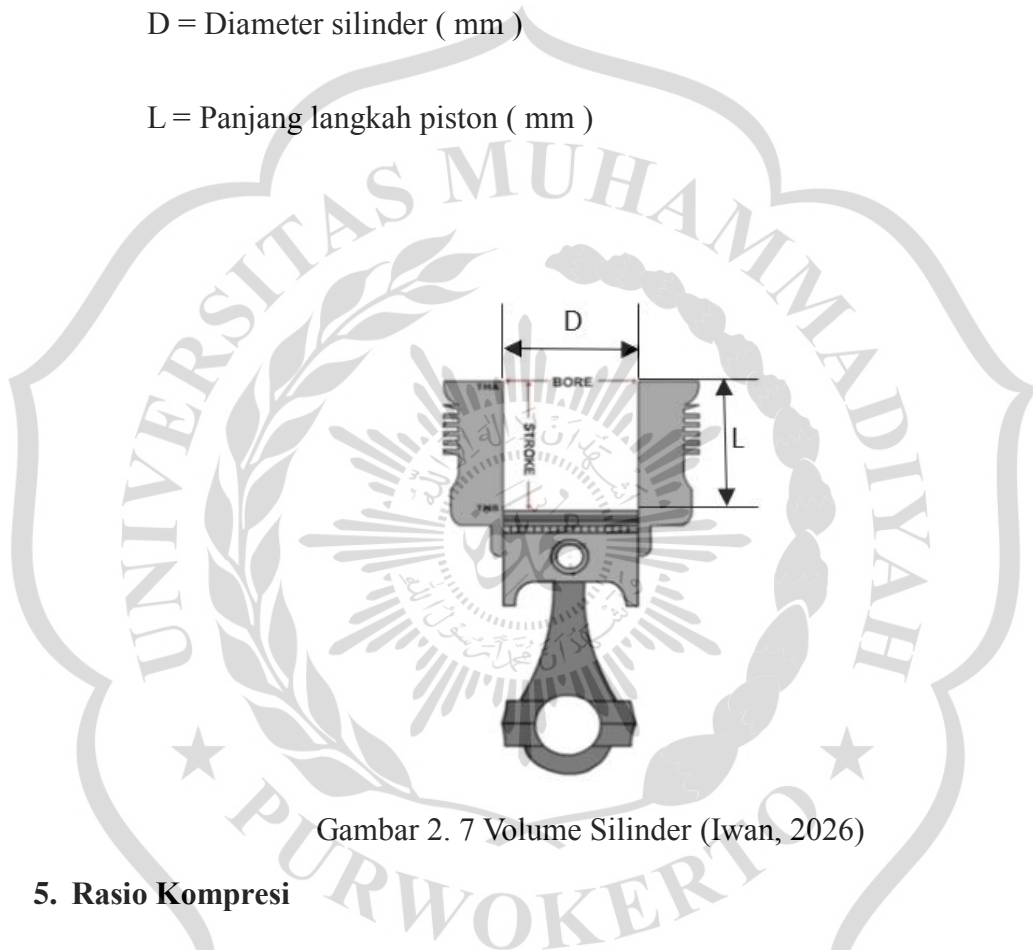
$$V_L = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

V_L = Volume silinder (mm^3)

D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang langkah piston (mm)



Gambar 2. 7 Volume Silinder (Iwan, 2026)

5. Rasio Kompresi

Rasio kompresi adalah perbandingan antara volume ruang bakar dan volume total silinder. Semakin besar diameter dan panjang langkah torak sepeda motor, semakin banyak tenaga yang dihasilkan, yang menghasilkan nilai perbandingan kompresi yang lebih tinggi. Yang dapat dinyatakan dengan perhitungan sebagai berikut (Marbun, 2020):

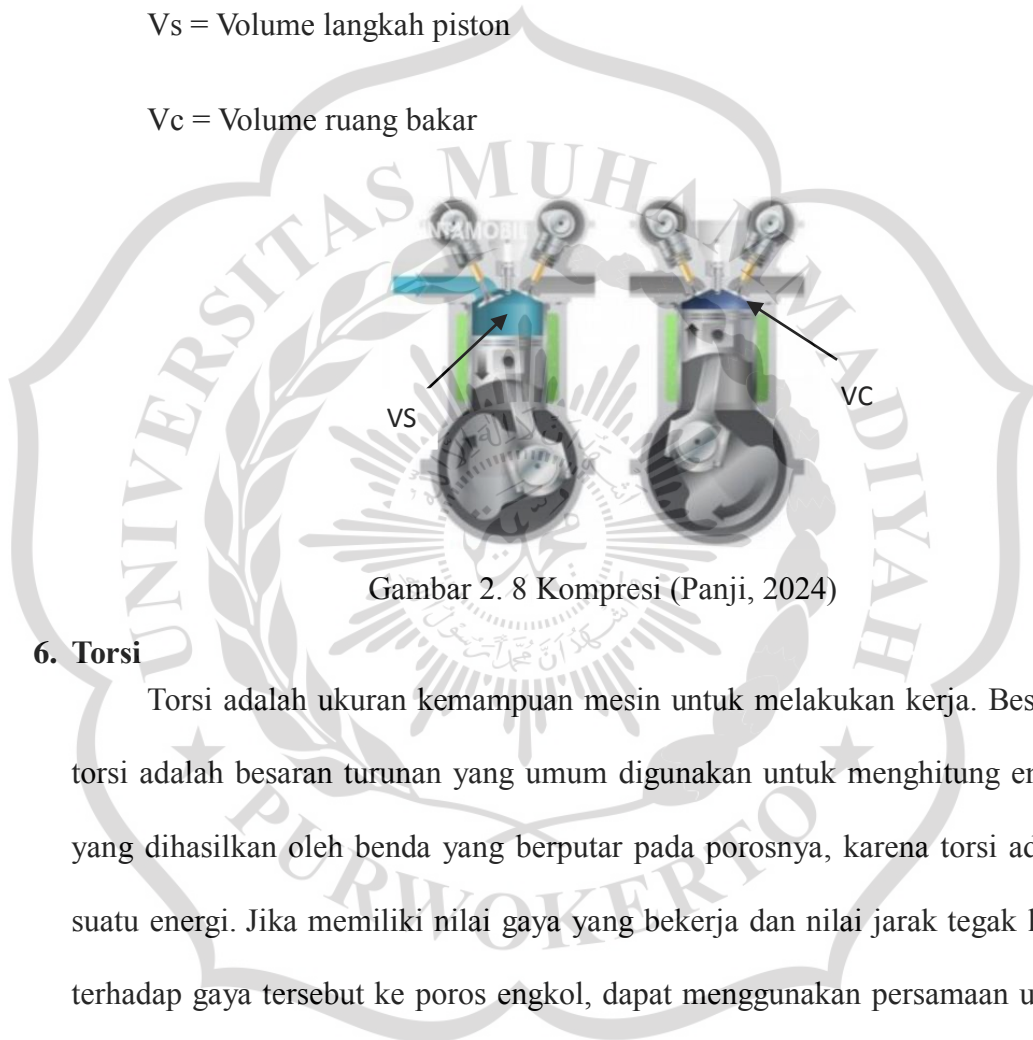
$$PK = \frac{V_s + V_c}{V_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

PK= Perbandingan kompresi

Vs = Volume langkah piston

Vc = Volume ruang bakar



Gambar 2. 8 Kompresi (Panji, 2024)

6. Torsi

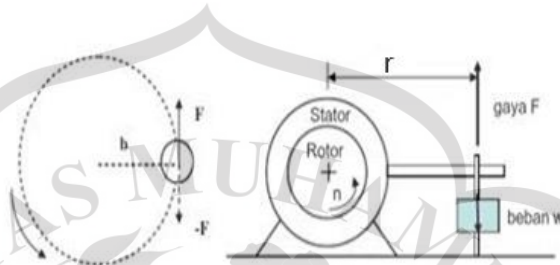
Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Besaran torsi adalah besaran turunan yang umum digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh benda yang berputar pada porosnya, karena torsi adalah suatu energi. Jika memiliki nilai gaya yang bekerja dan nilai jarak tegak lurus terhadap gaya tersebut ke poros engkol, dapat menggunakan persamaan untuk menemukan nilai torsi. Persamaan untuk menentukan nilai torsi sebagai berikut (Bastian Yuda Kriswinarto, 2020):

$$T = F.r \dots\dots\dots(2.3)$$

Ket : T : Torsi (Nm)

F : Gaya (N)

r : Jarak (m)



Gambar 2. 9 Skematik torsi (Bastian Yuda Kriswinarto, 2020)

7. Daya

Daya adalah jumlah energi yang dihasilkan oleh suatu mesin dalam waktu tertentu, atau laju energi yang dihasilkan selama melakukan usaha dalam periode waktu tertentu. Sedangkan daya yang biasanya disebut sebagai daya yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam silinder motor bakar, dikenakan pada piston yang bekerja bolak balik di dalam silinder mesin. Menghitung daya poros mesin dapat dengan rumus sebagai berikut (Bastian Yuda Kriswinarto, 2020):

$$P = \frac{2\pi.n.T}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

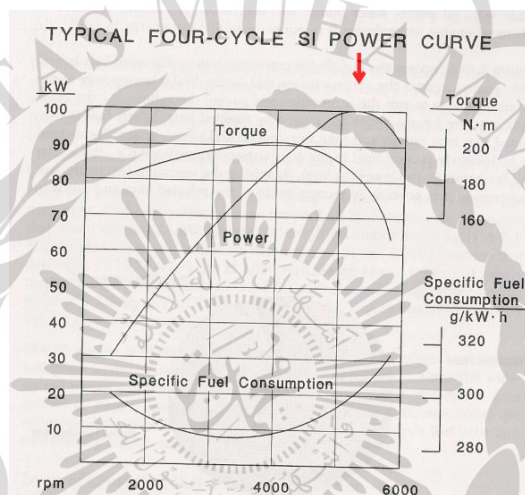
P = Daya poros (KW)

T = Torsi (N.m)

n = Putaran mesin (RPM)

8. Konsumsi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang digunakan setiap kali untuk menghasilkan daya. konsumsi bahan bakar spesifik ini digunakan untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dalam waktu tertentu. Pada penelitian ini untuk perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut (Bastian Yuda Kriswinarto, 2020):



Gambar 2. 10 Konsumsi bahan bakar (Rauf, 2023)

$$mf = \frac{\rho \times Vf \times 10^{-3}}{tf} \times 3600 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

mf = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

ρ = Massa jenis pertamax 92 (kg/L)

Vf = Volume bahan bakar yang di uji (ml)

tf = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar yang diuji (s)

9. Dynotest

Di dunia otomotif yang maju, banyak perusahaan besar yang membuat berbagai macam jenis kendaraan. Test dynamometer adalah alat untuk mengukur

hasil kekuatan torsi dan kekuatan kuda. Selama bertahun-tahun, telah terjadi peningkatan dalam teknologi yang terpasang di sistem kendaraan bermotor dan mesin. Mesin akan terus berkembang untuk mempermudah sistem komponen bekerja, menghasilkan fitur penting seperti kecepatan, kenyamanan, dan hemat energi. Setiap putaran mesin memiliki daya yang disebut torsi dan daya horse power. Kedua daya ini dapat diukur dengan mudah dengan alat ukur *dynotest*.

Gambar dibawah ini adalah contoh mesin *dynotest*.



Gambar 2. 11 Mesin *dynotes*

C. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa penggantian diameter piston memengaruhi performa mesin secara signifikan. Ini didasarkan pada latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian. Diperkirakan bahwa meningkatkan diameter piston dapat meningkatkan daya mesin, meningkatkan torsi mesin, dan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, yang biasanya meningkat seiring dengan peningkatan diameter piston.