

BAB II

KAJIAN TEORITIK

2.1 Motor Bensin

2.1.1 Prinsip Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin adalah salah satu jenis motor pembakaran dalam yang banyak digunakan untuk menggerakkan atau sebagai sumber tenaga dari kendaraan darat, baik itu motor bensin empat tak ataupun motor bensin dua tak. Motor bensin menghasilkan tenaga dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder, dimana dengan pembakaran bahan bakar ini akan timbul panas yang sekaligus akan mempengaruhi gas yang ada di dalam silinder untuk mengembang. Karena gas tersebut dibatasi dengan dinding silinder dan kepala silinder maka walaupun ingin mengembang tetap tidak ada ruang, akibatnya tekanan dalam silinder akan naik. Tekanan inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga yang akhirnya dapat menggerakkan mobil.²

Cara kerja motor empat tak terdiri dari empat langkah untuk menghasilkan satu kali langkah usaha. Langkah tersebut diantara lain :

² Wardan suyanto, *Teori Motor Bensin*, (Jakarta, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, 1989), h.20.

a. Langkah Hisap

Bertujuan untuk menghisap campuran bahan bakar dan udara ke dalam silinder. Dalam langkah hisap yang terjadi adalah :

- 1) Piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah).
- 2) Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup.
- 3) Karena piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah) maka terjadi ke vakuman di dalam ruang bakar, sehingga campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk ke ruang bakar.

b. Langkah Kompresi

Tujuan dari langkah kompresi ini adalah untuk meningkatkan temperatur sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat bersenyawa. Dalam langkah kompresi yang terjadi adalah :

1. Piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas).
2. Kedua katup (hisap dan buang) menutup.
3. Karena piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Tiyik Mati Atas) maka campuran bahan bskar dan udara yang berada didalam ruang bakar tertekan ke atas dan dimampatkan didalam ruang bakar.

c. Langkah Usaha

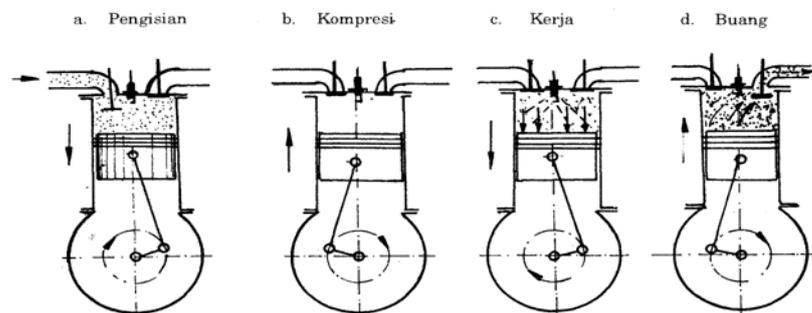
Tujuan dari langkah usaha ini adalah untuk menaikan tekanan di dalam silinder sehigga piston bergerak ke bawah. Dalam langkah usaha yang terjadi adalah :

1. Kedua katup (hisap dan buang) menutup.
2. Sesaat sebelum piston mencapai TMA (Titik Mati Atas) busi memercikan bunga api ke dalam ruang bakar, sehingga campuran bahan bakar dan udara yang sudah dimampatkan akan terbakar dan akan menimbulkan tenaga yang mendorong piston ke bawah.

d. Langkah Buang

Tujuan dalam langkah buang adalah untuk membuang sisa-sisa pembakaran. Dalam langkah buang yang terjadi adalah :

- 1) Piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas).
- 2) Katup buang membuka dan katup hisap menutup.
- 3) Karena piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) maka gas sisa pembakaran di dalam ruang bakar akan terdorong oleh piston keluar melewati katup buang.



Gambar 2.1 Langkah Motor 4 Tak

2.2 Mekanisme Katup

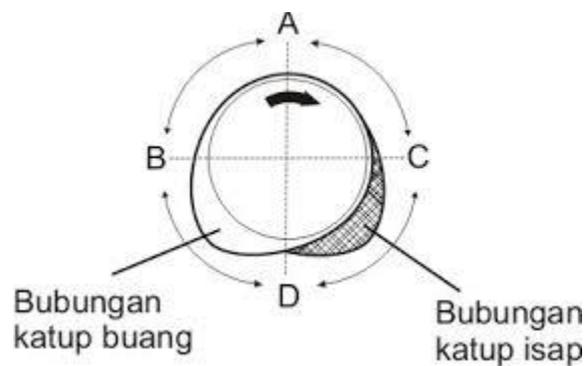
Mekanisme katup merupakan bagian penting dari mesin pembakaran dalam empat langkah yang berfungsi untuk mengatur terjadinya proses isap, kompresi, usaha dan buang pada siklus didalam mesin agar menghasilkan tenaga sesuai dengan tingkat percepatan. Mekanisme katup pada intinya digunakan mengatur pembukaan dan penutupan saluran, baik itu saluran masuk maupun saluran buang sehingga proses yang terjadi pada ruang bakar dapat bekerja secara sistematis dan teratur.

2.2.1. Poros Nok (*camshaft*)

Poros nok adalah penentu utama kapan saat pembukaan dan penutupan katup terjadi serta berapa lama dan berapa lebar pembukaan katup tersebut³. Membuka dan menutupnya katup sesuai dengan langkah torak yaitu dari TMA sampai ke TMB dan dari TMB sampai ke TMA, tergantung dari langkahnya.

Proses kerja dari noken as yaitu saat titik A menyentuh *rocker arm*, maka katup mulai terangkat penuh setelah mencapai titik B. setelah melewati titik B katup akan turun kembali tertutup rapat setelah sampai titik C.

³ *Ibid.*, h.100



Gambar 2.2 Noken As

2.2.2. Pelatuk (*Rocker Arm*)

Pelatuk (*Rocker Arm*) berfungsi sebagai perantara antara batang penumbuk dengan ujung katup atau antra poros nok dengan ujung katup sehingga apabila poros nok mengangkat maka gerakan ini akan diteruskan ke katup melalui pelatuk.⁴

Rocker arm selalu bergesekan dengan poros *camshaft*, sehingga *rocker arm* poros *camshaft* cepat aus. Keausan pada bagian tersebut menyebabkan celah katup membesar, suara mesin menjadi berisik. Upaya mengatasi perubahan celah dengan cara menyetel katup secara priodik, sedangkan untuk mencegah cepat aus maka harus ada pelumasan yang baik pada bagian *rocker arm* yang bergesekan dengan *camshaft*.

Ada bermacam-macam jenis *rocker arm* yang digunakan pada kendaraan bermotor, namun *rocker arm* yang menggunakan poros atau *rocker arm* yang dipasang pada poros adalah jenis yang sering dipakai,

⁴ Ibid., h. 96

walaupun ada juga poros yang tidak menggunakan pelatuk tapi poros nok langsung berhubungan dengan ujung batang katup.

2.3 Perbandingan *Rocker Arm* Konvensional Dengan *Roller Rocker Arm*

Perbandingan antara *rocker arm* konvensional dengan *roller rocker arm* bukan saja dari bentuknya yang berbedanya karena *roller rocker arm* menggunakan bearing pada ujung yang bersentuhan dengan nok. Tetapi tujuan memodifikasi *rocker arm* konvensional menjadi *roller rocker arm* tidak lain untuk mendapatkan efisiensi pada mesin. Sebab, dengan adanya bearing secara teori dapat menimbulkan gesekan yang lebih rendah antara *rocker arm* dengan bubungan nok. Sehingga selain mengurangi hambatan pada *rocker arm* mesin, juga bias meredam panas berlebih. Dampaknya otomatis membuat tenaga yang dihasilkan menjadi semakin baik. Sehingga pemakaian bahan bakar menjadi lebih efisien.



Gambar 2.3 *Rocker Arm* Konvensional

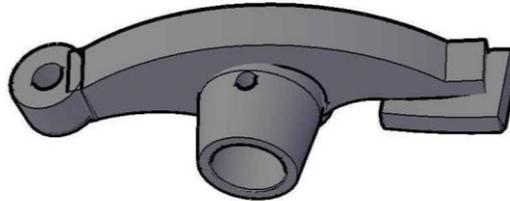


Gambar 2.4 *Roller Rocker Arm*

2.3.1 *Rocker Arm* Konvensional

Rocker arm konvensional merupakan salah satu jenis *rocker arm* yang umum diaplikasikan di motor yang berfungsi sebagai penghubung antara poros nok dengan ujung katup. Bentuk fisik lengan yang

berhubungan dengan noken as dari pelatuk konvensional ini berbentuk *flat* atau datar.



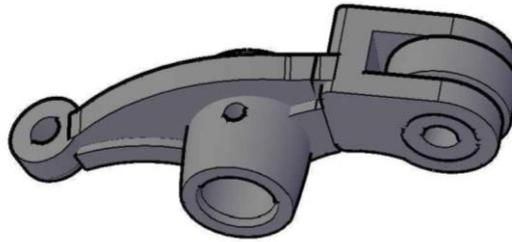
Gambar 2.5 *Rocker arm* konvensional 3D

2.3.2 *Roller Roker Arm*

Roller rocker arm merupakan salah satu alternatif para mekanik untuk mendongkrak performa pada mesin. Perbedaan pelatuk konvensional dengan pelatuk *roller* terdapat pada lengan yang bersentuhan pada noken as. Seperti namanya pelatuk *roller* berbentuk rol dan biasanya menggunakan *bearing*.

Bantalan (*bearing*) adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur.⁵ Manfaat penggunaan bearing pada lengan katup adalah untuk meminimalisir gesekan pelatuk terhadap permukaan noken as. Dengan begitu permukaan noken as tidak akan cepat aus, dan kerja mesin akan lebih enteng, sehingga getaran mesin juga berkurang.

⁵ Ir. Sularso MSME, Dasar Perencanaan Dan Pemeliharaan Elemen Mesin, (Jakarta, PT.PRADNYA PARAMITA, 1978). h.103.



Gambar 2.6 Roller rocker arm 3D

2.4 Valve Timing Diagram

Pembukaan dan penutup katup harus sesuai dengan proses kerja motor. Seperti dijelaskan pada prinsip kerja motor 4 tak, waktu pembukaan dan penutupan katup adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Posisi Katup Hisap Dan Katup Buang Tiap Langkah Piston

Langkah	Gerakan Piston	Katup Hisap	Katup buang
Hisap	TMA ke TMB	Terbuka	Tertutup
Pompresi	TMB ke TMA	Tertutup	Tertutup
Usaha	TMA ke TMB	Tertutup	Tertutup
Buang	TMB ke TMA	Tertutup	Terbuka

Dari tabel tersebut katup hisap terbuka saat TMA langkah hisap dan tertutup di TMB, namun dalam perencanaan sesungguhnya katup hisap terbuka beberapa derajat sebelum TMA dan tertutup beberapa derajat setelah TMB. Pembukaan katup lebih awal dari TMA disebut pembukaan

awal, sedangkan penutupan yang lebih lambat dari seharusnya yaitu di TMB disebut penutupan susulan.

Tujuan pembukaan awal dan penutupan susulan adalah untuk meningkatkan efisiensi volumetrik atau jumlah campuran yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan inersia aliran campuran bahan bakar.

Saat langkah buang katup buang terbuka jauh sebelum TMB dan tertutup setelah TMA, tujuan pembukaan awal dan penutupan susulan pada katup buang adalah agar gas buang di dalam silinder benar-benar bersih, sehingga pada langkah berikutnya silinder dapat terisi dengan gas baru yang tidak terkontaminasi dengan gas bekas yang tidak terbuang. Adanya pembukaan awal katup masuk dan penutupan susulan katup buang menyebabkan kedua katup terbuka bersama, kondisi ini disebut *overlapping*. Tujuan *overlapping* adalah untuk pembilasan yaitu memasukkan gas baru untuk mendorong gas bekas keluar, adanya pembilasan diharapkan agar ruang bakar benar-benar bersih.

Besar *overlapping* harus memperhatikan inersia aliran gas buang, besar inersia aliran gas buang ditentukan oleh kecepatan, bentuk aliran dan massa gas buang yang keluar. Kecepatan aliran ditentukan oleh putaran mesin dan luasan saluran keluar. Bentuk aliran tergantung disain ruang bakar, disain saluran buang dan disain kenalpot. Massa gas buang tergantung jumlah bahan bakar yang terbakar.

Kapan katup masuk mulai terbuka dan tertutup, serta kapan katup buang mulai terbuka dan tertutup dapat digambarkan dalam diagram

pembukaan katup (*Valve timing diagrams*). Sedangkan lama katup masuk terbuka, maupun lama katup buang terbuka disebut durasi katup (*valve duration*).⁶

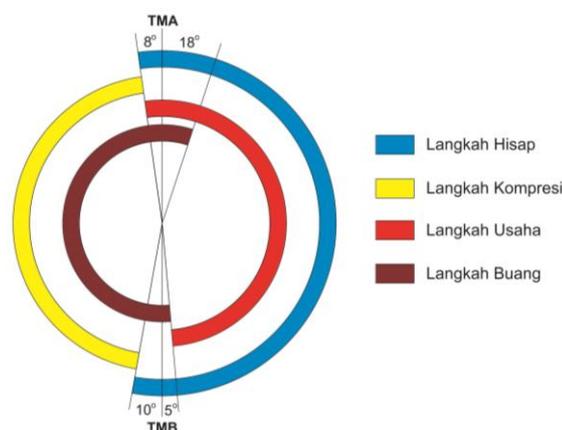
Contoh: Data sepeda motor Honda Tiger tercatat, katup masuk terbuka 10° sebelum TMA dan tertutup 40° setelah TMB. Katup buang terbuka 35° sebelum TMB dan tertutup 10° setelah TMA. Dari data tersebut dapat dibuat diagram *timing valve* sebagai berikut:

Dari diagram di atas dapat diketahui lama katup terbuka (durasi katup), yaitu :

$$\text{Katup masuk} = 10^\circ + 180^\circ + 40^\circ = 230^\circ$$

$$\text{Katup buang} = 10^\circ + 180^\circ + 35^\circ = 225^\circ$$

$$\text{Overlapping} = 10^\circ + 10^\circ = 20^\circ$$



Gambar 2.7 *Valve Timing Diagram*

2.5 Air Fuel Ratio (AFR)

Bahan bakar (bensin) yang hendak dimasukkan kedalam ruang bakar haruslah dalam keadaan yang mudah terbakar, hal tersebut agar bias

⁶ <https://mazfixs.wordpress.com/2011/11/17/diagram-pembukaan-katup/>

didapatkan efisiensi tenaga motor yang maksimal. Campuran bahan bakar yang belum sempurna akan sulit dibakar oleh percikan bunga api dari busi. Bahan bakar tidak dapat terbakar tanpa adanya udara (O_2), tentunya dengan keadaan yang homogen. Bahan bakar atau bensin yang dipakai dalam pembakaran sesuai dengan ketentuan atau aturan, sebab bahan bakar yang melimpah pada ruang bakar justru tidak meningkatkan tenaga dari motor tersebut namun akan merugikan motor sendiri. Semakin banyak bahan bakar yang tidak terbakar akan meningkatkan filamen pada dinding silinder. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar dapat dipengaruhi oleh pemakaian bahan bakar. Perbandingan udara dan bahan bakar dinyatakan dalam bentuk volume atau berat dari bagian udara dan bensin. Bensin harus dapat terbakar seluruhnya agar menghasilkan tingkat emisi gas buang.

Air Fuel Ratio adalah faktor yang mempengaruhi kesempurnaan poros pembakaran didalam ruang bakar. Merupakan komposisi bensin dan udara. Idealnya AFR bernilai 14,7 artinya terdiri dari 1 bensin dan 14,7 udara biasa disebut Stoichiometry. AFR dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$AFR = \frac{m_u}{m_b}$$

Keterangan : m_u = Laju aliran massa udara

m_b = Laju pemakaian bahan bakar

⁷ Dr. Ir. I Made Astina, Panduan Pratikum Pengujian Performasi Mesin, (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2008), h. 40

2.6 Daya Motor

Daya motor adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu. Sehingga satuan daya di pilih watt. Biasanya satuan daya tadi dinyatakan dalam kilowatt.⁸ Daya mesin dalam artian yang lain adalah kemampuan mesin dalam beroperasi. Semakin besar kemampuan operasi mesin tersebut, maka dapat dikatakan mesin tersebut memiliki daya yang makin besar. Dalam bahasa teknik, dapat diartikan semakin besar beban yang mampu diangkat mesin maka semakin besar kemampuan mesin tersebut.

Hampir semua istilah dari ukuran untuk daya adalah *horse power* (hp). Satu *horse power* adalah sebuah ukuran dari tingkat dimana seekor kuda dapat mengangkat beban sebesar 200 lb per menit sejauh 165 ft.

Rumus *horse power* :

$$HP = \frac{ft. lb \text{ per menit}}{33000} = \frac{L \times W}{33000}$$

Keterangan : Hp = *horse power*

W = gaya dalam pound

L = jarak dalam meter

T = waktu dalam menit

Dalam suatu metric, daya mesin menggunakan satuan kilowatt (kw).

Satu *horse power* adalah 0.746 kw, satu kw adalah 1.34 hp.

⁸ BPM.Arendes dan H.berenschot, Motor Bensin, (Jakarta, Erlangga, 1980), h.18.

Daya mesin dapat diketahui jika tenaga berputar dari mesin dan kecepatan torsi per menitnya. Dalam satuan US rumus yang dipakai adalah :

$$HP = \frac{\text{torsi} \times \text{rpm}}{5252}$$

Rumus ini digunakan untuk mengukur kemampuan mesin dengan alat pengukur daya mesin yaitu dynamometer, ketentuan penting lain yang tidak bias kita abaikan dalam industri otomotif adalah momen punter atau torsi.

Daya indicator merupakan sumber tenaga per satuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Mesin selama bekerja mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu dengan lainnya membentuk kesatuan yang kompak. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi daya indicator.⁹

Jadi daya indicator adalah daya yang dihasilkan di dalam silinder pada proses pembakaran. Untuk menghitung daya indikator, perlu ditentukan terlebih dahulu tekanan indicator rata-rata dihasilkan dari proses pembakaran satu siklus kerja.

Tekanan rata-rata dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{rata-rata} = \frac{\text{kerja persiklus}}{\text{volume langkah torak}}$$

⁹ Drs. Masagus S. Rizal, Mesin Konversi Energi, (Jakarta: Kememtrian Pendidikan Dan Kebudayaan), h.83

$$P_{rata-rata} = \frac{W_{net2}}{V_d} \text{ jadi } W_{net2} = P_{rata-rata} \times V_d^{10}$$

Keterangan : $P_{rata-rata} = \text{Tekanan rata - rata}$

$W_{net2} = \text{Kerja persiklus}$

$V_d = \text{Volume silinder}$

Untuk mesin multi silinder untuk 4 langkah dan 2 langkah, rumus umum untuk menghitung daya indikatif adalah :

$$N_i = P_{rata-rata} \times V_d \times n \times a \times z^{11}$$

Keterangan :

$N_i = \text{Daya indikator}$

$n = \text{Putaran mesin (rpm)}$

$a = \text{jumlah siklus putaran (1 untuk 2 langkah } \frac{1}{2} \text{ untuk 4 langkah)}$

$z = \text{jumlah silinder}$

Momen putar adalah gaya lengan ($M = F.r$)

Bila gaya F sekali berputar mengelilingi lingkaran, maka ini berarti bahwa telah dilakukan kerja besar :

$$2. \pi. r$$

Besarnya kerja menjadi :

$$F. 2. \pi. r \text{ (N. m)}$$

Dalam hal ini : F = Gaya dalam newton

¹⁰ Ibid., 94

¹¹ Ibid., 96

r = Jari-jari meter

Bila motor mempunyai n putaran tiap detik, maka kerja yang terjadi tiap detik adalah :

$$F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \text{ (N. m)}$$

Mengingat bahwa kerja tiap detik disebut daya, maka dikatakan sebagai berikut :

$$P = F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \text{ (N. m/s atau watt)}$$

Karena $F \cdot r$ membentuk momen putar M dan N.m, rumusnya menjadi :

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M$$

Dalam hal ini : P = Daya dalam watt

n = frekuensi putaran mesin dalam rad/s

M = Momen putar dalam N. m.

2.7 Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan oleh motor bensin adalah bahan bakar yang mudah terbakar yaitu premium. Premium ini adalah bahan bakar cair yang pada umumnya diperoleh dari hasil pengolahan minyak mentah. Di dalam minyak bumi ini terutama terkandung unsur-unsur karbon dan hydrogen sehingga disebut juga dengan nama hidrocarbon.¹²

¹² op,cit., h.129

2.8 Bilangan Oktan

Bilangan oktan adalah satu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan satu bahan bakar terhadap detonasi.¹³ Detonasi atau knocking adalah peristiwa terbakarnya bagian-bagian yang belum dikenai oleh percikan bunga api dari busi dalam ruang pembakaran. Saat campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam ruang bakar dilakukan langkah pemampatan (piston menuju titik mati atas). Pada langkah pemampatan ini tekanan di ruang bakar naik. Dengan naiknya tekanan mengakibatkan suhu ruang bakar juga naik. Kenaikan suhu ruang bakar ini mencapai titik nyala dari campuran bahan bakar dan udara, karena bahan bakar berangka oktan rendah.

Di saat campuran bahan bakar dan udara dinyalakan oleh busi, tidak berapa lama kemudian timbul pula penyalaan di lokasi titik yang terjauh dalam ruang bakar, karena suhu tinggi tersebut. Selanjutnya terjadi benturan dua penyalaan yang disebut detonasi. Detonasi ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus kita hindari. Beberapa angka oktan untuk bahan bakar:

- **Oktan 78**
- **Oktan 88**
- **Oktan 91**
- **Oktan 92**

¹³ Ibid., h.133

- **Oktan 95**

2.9 Pengaruh Variasi *Rocker Arm* Terhadap Performa Mesin, Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Matic

Merubah *rocker arm* konvensional menjadi *roller rocker arm* adalah untuk mereduksi gesekan antara pelatuk dengan noken as. Selain itu *rolle rocke armr* dipercaya dapat menambah performa mesin, menghemat konsumsi bahan bakar dan berpengaruh pada emisi gas buang kendaraan.

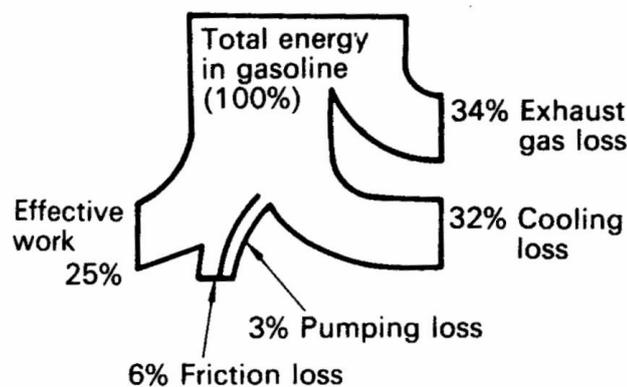
2.7.1 Pengaruh Terhadap Performa Mesin

Variasi *rocker arm* dilakukan secara garis besar adalah untuk mencari atau menambah kecepatan atau performa mesin menjadi lebih tinggi. Variasi yang dilakukan biasanya dengan merubah model dari *rocker arm* konvensional menjadi *roller rocker arm*, yang mana diyakini *roller* pada *rocker arm* mampu mereduksi gesekan pelatuk pada noken as sehingga putaran mesin menjadi lebih ringan.

2.7.2 Pengaruh Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Modifikasi *roller* pada *rocker arm* menyebabkan gesekan yang terjadi pada noken as dengan *rocker arm* akan berkurang. Sehingga terjadilah efisiensi mekanis atau minimalisasi gesekan, dengan berkurangnya gesekan maka mesin semakin ringan berputar, tenaga yang dihasilkan lebih besar, dan juga konsumsi bahan bakar akan lebih irit. Pada gambar di bawah ini nampak bahwa dari total energy yang dihasilkan oleh

proses pembakaran, hanya 25% yang dimanfaatkan yang menjadi kerja efektif. Panas yang hilang bersama gas buang kira-kira 34%, panas yang terbangun akibat proses pendinginan 32%, akibat pemompaan 3%, dan akibat gesekan 6%. Dengan memakai *roller* pada pelatuk mampu menghemat 6% energy dari bahan bakar.



Gambar 2.8 Neraca Kalor

2.7.3 Pengaruh terhadap Uji Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin, emisi yang dikeluarkan melalui system pembuangan mesin. Emisi yang dikeluarkan oleh pembakaran kendaraan bermotor pada umumnya berdampak negatif terhadap lingkungan. Sehingga perlu diambil beberapa langkah untuk dapat mengendalikan gas buang yang dihasilkan tersebut. Salah satu caranya adalah dengan pemeriksaan atau uji emisi berkala untuk mengetahui kandungan gas buang kendaraan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pada negara-negara yang memiliki standar emisi gas buang kendaraan yang ketat, ada 5 unsur dalam gas buang kendaraan yang akan

diukur yaitu senyawa HC , CO , CO_2 , O_2 , dan senyawa NO_x . Sedangkan pada negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya mengukur 4 unsur dalam gas buang yaitu senyawa HC , CO , CO_2 , dan senyawa O_2 .

1. Emisi Senyawa Hidrokarbon

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan ikut terbang bersama sisa pembakaran. Apabila satu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin ($AFR=Air-to-Fuel-Ratio$) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat “bersembunyi” dari api pada saat proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi.

Apabila *Cylinder Cap* bekerja dengan normal tapi HC tetap tinggi, maka hal ini menunjukkan gejala bahwa AFR yang tidak tepat atau terjadi *misfire*. Ini bias disebabkan antara lain kebocoran *fuel pressure regulator*, setelan karburator tidak tepat, filter udara yang tersumbat, sensor temperature yang tidak normal dan sebagainya yang dapat menyebabkan AFR terlalu kaya. *Injector* atau *fuel pressure* yang terlalu rendah dapat membuat butiran bensin menjadi terlalu besar untuk terbakar dengan sempurna dan ini juga dapat membuat emisi HC menjadi tinggi. Apapun

alasanya, *AFR* yang terlalu kaya akan membuat emisi *CO* menjadi tinggi dan bahkan output dari “*Cylinder Cap*” mengalami *overheat*, tetapi *CO* dan *HC* yang tinggi juga bias disebabkan oleh rembasnya pelumas ke ruang bakar.

2. Emisi Karbon Monoksida (*CO*)

Gas karbon monoksida adalah gas yang relative tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi *CO₂* dan bantuan sedikit oksigen dan panas. Saat mesin bekerja dengan *AFR* yang tepat, emisi *CO* pada ujung knalpot berkisar 0.5% sampai 1% untuk mesin yang dilengkapi dengan system injeksi atau sekitar 2,5% untuk mesin yang masih menggunakan karburator. Dengan bantuan *air injection*, maka *CO* dapat dibuat serendah mungkin mendekati 0%.

Apabila *AFR* sedikit saja lebih kaya dari angka idealnya (*AFR* ideal = $\lambda = 1.00$) maka emisi *CO* menunjukan bahwa *AFR* terlalu kaya dan ini bias disebabkan antara lain karena masalah di *fuel injection system* seperti *fuel pressure* yang terlalu tinggi, sensor suhu mesin yang tidak normal, air filter yang kotor, *PCV system* yang tidak normal, karburator yang kotor atau setelahnya yang tidak tepat.

3. Emisi Karbon Dioksida (*CO₂*)

Konsentrasi *CO₂* menunjukan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat *AFR*

berada di angka ideal, emisi CO_2 berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu sedikit atau terlalu kaya, maka emisi CO_2 akan turun secara drastis. Apabila CO_2 berada di bawah 12% maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO_2 ini hanya di ruang bakar. Apabila CO_2 terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*.

4. Oksigen (O_2)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO_2 . Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidro karbon.

Dalam ruang bakar, campuran udara dan bensin dapat terbakar dengan sempurna apabila bentuk dari ruang bakar tersebut melengkung secara sempurna. Kondisi ini memungkinkan molekul bensin dan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Tetapi sayangnya, ruang bakar tidak dapat sempurna melengkung dan halus dan sehingga memungkinkan molekul bensin seolah-olah bersembunyi dari molekul oksigen dan menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi dengan sempurna.

Untuk mengurangi emisi HC maka dibutuhkan sedikit tambahan udara atau oksigen untuk memastikan bahwa semua molekul bensin dapat

“bertemu” dengan molekul oksigen untuk bereaksi dengan sempurna. Ini berarti *AFR* 14,7:1 ($\lambda = 1,00$) sebenarnya merupakan kondisi yang sedikit kurus. Inilah yang menyebabkan oksigen dalam gas buang akan berkisar antara 0,5% sampai 1.

Mesin tetap dapat bekerja dengan baik walaupun *AFR* terlalu kurus bahkan hingga *AFR* mencapai 16:1. Tapi dalam kondisi seperti ini akan timbul efek lain seperti mesin cenderung *knokong*, suhu mesin bertambah dan emisi senyawa NO_x juga akan meningkat drastis.

Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1,2% atau lebih kecil bahkan 0%. Tapi kita harus berhati-hati apabila konsentrasi oksigen mencapai 0%. Ini menunjukkan bahwa semua oksigen dapat terpakai semua dalam proses pembakaran dan ini dapat berarti bahwa *AFR* cenderung kaya. Dalam kondisi demikian, rendahnya konsentrasi oksigen akan bersamaan dengan tingginya emisi CO . Apabila konsentrasi oksigen tinggi dapat berarti *AFR* terlalu sedikit tapi juga dapat menunjukkan beberapa hal lain. Apabila dengan tingginya CO dan HC bila oksigen terlalu tinggi dan lainnya rendah berarti ada kebocoran di *exhaust system*.

5. Emisi Senyawa NO_x

Selain ke empat gas di atas, emisi NO_x tidak dipentingkan dalam melakukan diagnose terhadap mesin. Senyawa NO_x adalah ikatan kimia antara unsur nitrogen dan oksigen. Dalam kondisi normal *atmosphere*, nitrogen adalah gas *inert* yang sangat stabil yang tidak akan berikatan

dengan unsur lain. Tetapi dalam kondisi suhu tinggi dan tekanan tinggi dalam ruang bakar, nitrogen akan memecah ikatannya dan berikatan dengan oksigen.

Senyawa NO_x ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen untuk membentuk NO_2 . Inilah yang sangat berbahaya karena senyawa ini amat beracun dan bila terkena air akan membentuk asam nitrat.

Tingginya konsentrasi senyawa NO_x disebabkan karena tingginya konsentrasi oksigendi tambah dengan tingginya suhu ruang bakar. Untuk menjaga agar konsentrasi NO_x tidak tinggi maka diperlukan control secara tepat terhadap AFR dan suhu ruang bakar harus dijaga agar tidak terlalu tinggi baik dengan EGR maupun *long valve overlap*. Normalnya NO_x pada saat idle tidak melebihi 100 ppm. Apabila AFR terlalu sedikit, timing pengapian yang terlalu tinggi atau sebab lainnya yang menyebabkan suhu ruang bakar meningkat, akan meningkatkan konsentrasi NO_x dan ini tidak akan dapat di atasi oleh CC atau sistem EGR yang canggih sekalipun.

Ketarang :

CO : Carbon Monoxida

CO_2 : Carbon Dioxida

HC : Hydro Carbon

NO_x : Nitrogen Oxida

O₂ : Oksigen

2.10 Dinamometer

Dynamometer adalah satu alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya poros motor belakang. Pada prinsipnya, dynamometer bekerja dengan cara memberikan beban kepada poros motor bakar melalui mekanisme pengereman pada poros engkolnya.

Dynamometer mesin mengukur besarnya daya dengan cara melihat putaran *flywheel* atau roda gigi. Jenis pengujian daya dengan dynamometer mesin ini banyak dilakukan di pabrik-pabrik ataupun di bengkel otomotif yang melakukan pengembangan mesin-mesin mereka. Dynamometer mesin ini juga satu-satunya metode yang secara internasional dikenal untuk menentukan keluarannya daya suatu mesin.



Gambar 2.9 Dinamometer

2.11 Gas Analyzer

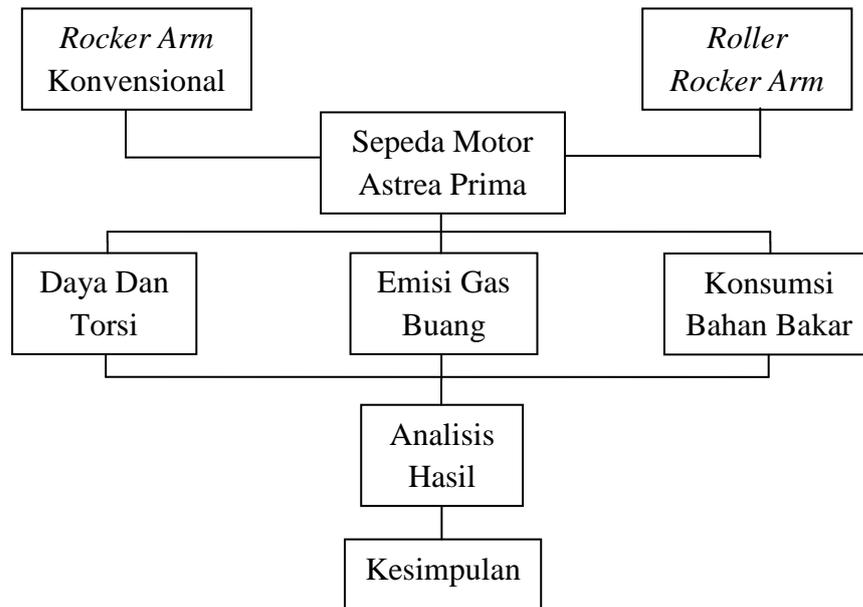
Gas analyzer sebuah alat uji untuk menganalisa dan mengetahui tingkat konsentrasi dari nilai HC, CO, dan O₂ yang mengikat berubah didalam zat gas. pengujian juga dapat dilakukan untuk menguji perubahan kandungan gas berlebih. Kegiatan pengujian ini baik dilakukan pengaplikasiannya pada mesin-mesin industri maupun mesin-mesin kendaraan.



Gambar 2.10 Gas Analyzer

2.12 Kerangka Berpikir

Berdasarkan kajian teori di atas, maka dalam penelitian ini kerangka berpikirnya adalah sepeda motor akan menggunakan *rocker arm* konvensional dan *roller rocker arm* secara bergiliran. Lalu akan dilakukan pengukuran-pengukuran untuk dijadikan data. Dan data itu akan menunjukkan hasil karakteristik dari *roller rocker arm*.



Gambar 2.11 Diagram Alur Kerangka Berfikir

2.13 Hipotesis Penelitian

Dari uraian kajian materi di atas, maka dalam penelitian ini dijadikan hipotesis yaitu, *roller rocker arm* dapat menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan *rocker arm* konvensional, untuk uji konsumsi bahan bakar *roller rocker arm* lebih irit bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan *rocker arm* konvensional.