

BAB II

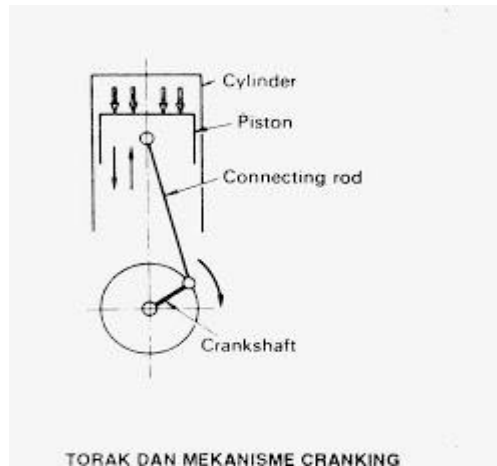
KAJIAN TEORI

2.1 Prinsip Kerja Motor bensin 4 Tak

Prinsip kerja motor bensin adalah mengubah energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian menjadi energi mekanik. Pada umumnya mesin mobil dan sepeda motor mempergunakan mesin 4 langkah, dimana proses pembakaran terjadi pada setiap 4 langkah gerakan *piston* atau 2 kali putaran poros engkol. Dengan anggapan bahwa katup masuk dan katup keluar terbuka dan tertutup tepat pada saat *piston* berada pada TMA dan titik mati bawah TMB. *Piston* bergerak di antara bagian atas dan bagian bawah disebut titik mati bawah. Panjang atau jarak gerak *piston* dari TMA hingga TMB disebut panjang langkah atau *stroke*.

Pada motor bensin, campuran udara dan bensin dari karburator yang dihisap masuk ke dalam silinder oleh *piston*, kemudian di kompresi sampai titik mati atas yang mengakibatkan tekanan dan temperatur meningkat. Bersamaan dengan itu, busi dinyalakan sehingga terjadi proses pembakaran di dalam silinder (ruang bakar). Dengan terbakarnya campuran bensin dan udara tersebut, tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar semakin meningkat sehingga *piston* akan terdorong kebawah dan menghasilkan langkah usaha (*power stroke*) akibat tekanan tinggi yang dihasilkan.¹

¹Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak* (Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 35.



Gambar 2.1 Torak dan Mekanisme *Cranking*

Pada motor bensin 4 langkah, dimana setiap silindernya membutuhkan empat kali gerakan *piston* untuk mendapatkan satu kali pembakaran, yaitu : dua kali gerak ke TMA dan dua kali gerak ke TMB atau dua kali putaran poros engkol (720°).

Langkah kerja motor 4 langkah ini adalah :

A. Langkah hisap (*intake stroke*)

Langkah ini dimulai ketika *piston* bergerak dari TMA, dimana katup masuk mulai membuka, dan campuran bahan bakar serta udara yang telah dicampur di dalam karburator masuk dan dihisap ke dalam silinder. Katup akan menutup pada saat *piston* berada pada TMB.

B. Langkah kompresi (*compression stroke*)

Langkah ini dimulai ketika *piston* bergerak dari TMA, dimana katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup, sehingga gas yang telah dihisap di dalam silinder mesin tidak dapat keluar pada saat ditekan oleh *piston*. Hal tersebut mengakibatkan tekanan gas meningkat dan mencapai tekanan

optimum. Beberapa saat sebelum *piston* mencapai TMA, gas yang telah mencapai tekanan optimum tersebut dibakar oleh bunga api berasal dari busi.

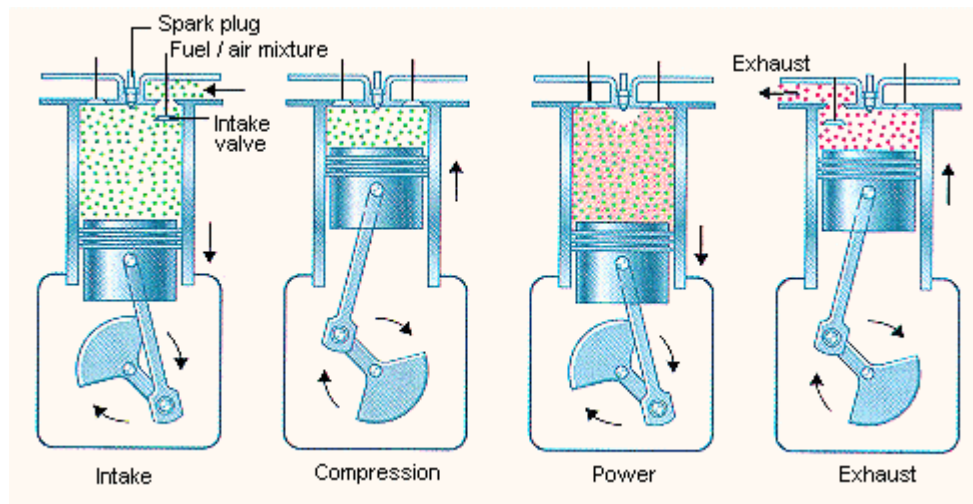
C. Langkah kerja (*power stroke*)

Gas hasil pembakaran yang terjadi memiliki tekanan dan suhu yang tinggi akan mengembang dan mendorong *piston* kebawah, sehingga dengan tenaga yang sangat kuat, *piston* ditekan dan dipaksa untuk kembali hingga TMB. Pada saat ini, pertama kali tenaga panas diubah menjadi tenaga mekanis (tenaga mesin). Tenaga ini kemudian disalurkan melalui batang torak (*connecting rod*) dan oleh poros engkol (*crankshaft*) diubah menjadi tenaga putar. Pada langkah ini, katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup.

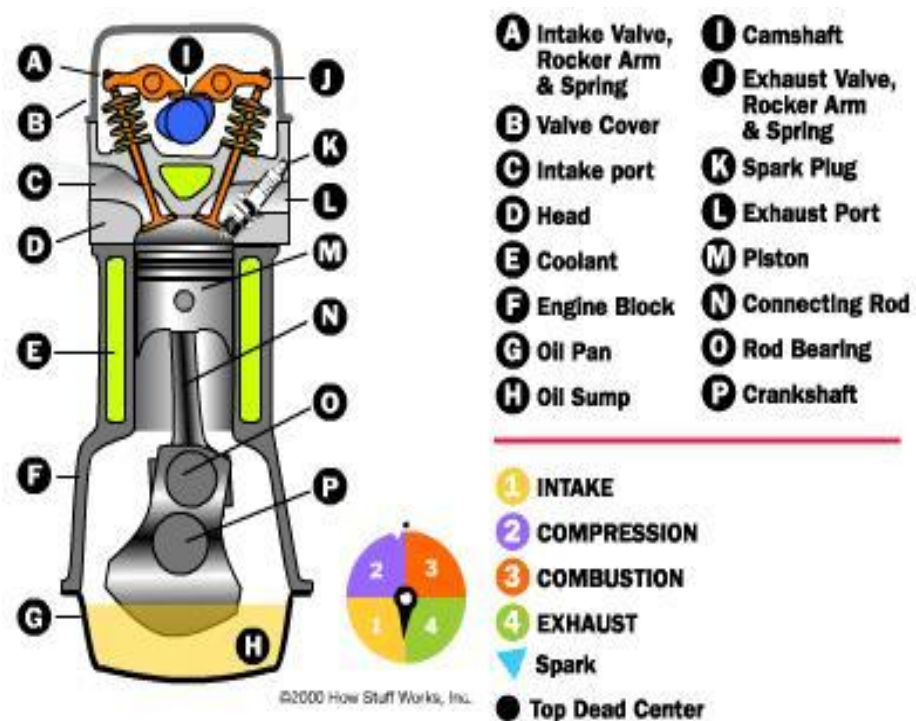
D. Langkah buang (*exhaust stroke*)

Langkah ini merupakan langkah terakhir dari siklus kerja motor 4 langkah, dimana *piston* bergerak dari TMB menuju TMA dan katup buang mulai terbuka. Dengan demikian, gas sisa hasil pembakaran akan terdorong oleh *piston* dan dikeluarkan melalui saluran *exhaust* menuju udara bebas. Dengan terbuangnya gas sisa hasil pembakaran ke udara bebas, maka kerja dari motor 4 langkah telah selesai untuk satu siklus kerja.²

²Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak* (Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 36.



Gambar 2.2 Prinsip kerja mesin 4 langkah³



Gambar 2.3Komponen dalam motor 4 langkah⁴

³William H. Crouse and Donald Anglin, *Automotive Engine Eight Edition*, (New York: Mc Graw-Hill International 1994), hlm. 49.

⁴*Ibid*, hlm. 49.

2.1.1 Sistem Pembakaran Motor Bensin

Pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar *internal combustion engine* pada motor bensin diawali dengan percikan bunga api pada busi pada akhir langkah kompresi. Pada keadaan biasa, bisa mendapatkan pembakaran teratur dimana selalu terdapat dua tahapan yaitu : bagian yang tidak terbakar dan bagian yang terbakar, keduanya dibatasi oleh api pembakaran. Sedangkan pada keadaan yang tidak biasa, akan terjadi pembakaran yang tidak teratur atau tidak sempurna.

Pembakaran tidak sempurna misalnya, seperti *knocking* dan *pre-ignition*. Pembakaran yang tidak sempurna umumnya disebabkan oleh suatu hal antara lain, suhu dari gas yang belum terbakar menjadi tidak sama. Sehingga terjadi gangguan keseimbangan dengan tekanan tinggi setempat, atau lebih tepatnya gerakan terombang ambing dari massa gas yang panas sekali. Jadi pembakaran yang tidak sempurna dapat menjadi pembebanan pada mekanisme mesin.

Penyebab pembakaran tidak sempurna bisa bermacam-macam, penyebab sebenarnya adalah suhu yang terlalu tinggi dari gas yang terbakar atau bentuk ruang bakar yang tidak memenuhi syarat. Campuran bahan bakar dan udara pada sistem pembakaran pada motor bensin, sebelum masuk ke ruang bakar terlebih dahulu disaringkan di *venturi* untuk bercampur dengan udara (pada mesin tipe karburator).⁵

⁵Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak*(Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 37.



Gambar 2.4 Proses pembakaran sempurna dan tidak sempurna⁶

2.1.2 Pembakaran Sempurna Dan Tidak Sempurna

Pembakaran sempurna adalah peristiwa senyawa kimia antara bahan bakar dan oksigen yang menghasilkan panas. Pembakaran yang terjadi di dalam motor bensin, terjadi diakhiri langkah kompresi saat *piston* belum mencapai (TMA). Syarat-syarat untuk terjadi pembakaran sempurna adalah :

1. Bunga api yang dihasilkan oleh busi harus bagus.
2. Campuran udara dan bahan bakar bensin, harus dapat terbakar pada waktu yang tepat sesuai dengan beban dan kecepatan mesin. Jika kecepatan per menit (RPM) mesin bertambah, maka perbandingan campuran udara dan bahan bakar akan berkurang, karena itu waktu pengapian harus dipercepat sesuai dengan kecepatan mesin.
3. Campuran bahan bakar dan udara harus tepat disemua kecepatan.
4. Campuran bahan bakar dan udara harus terbakar sebelum *piston* mencapai (TMA) pada langkah akhir kompresi.

⁶Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak*(Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 37.

5. Campuran bahan bakar dan udara harus homogen, pencampuran ini dapat dicapai dengan mengkonstruksikan ruang bakar sedemikian rupa, sehingga dapat menjadi turbelensi antara campuran bahan bakar dan udara tersebut. proses pembakaran terjadi dalam 4 tahapan :

1. Penyalaan.
2. Pembakaran ledakan (*explosive*)
3. Tekanan pembakaran berakhir
4. Pembakaran berakhir⁷

Ada beberapa kasus yang akan mempengaruhi pada sistem pembakaran seperti *pre-ignition* dan *knocking*.

A. *Pre-ignition*

Pre-ignition adalah pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang terjadi sebelum busi memercikkan bunga api biasanya terjadi akibat *over heating* atau panas berlebihan pada mesin. Selain pernyataan tersebut, *pre-ignition* bisa terjadi karena :

1. Sistem pendinginan yang kurang baik. Hal ini yang memacu terjadinya *over heating* pada mesin, karena temperatur mesin akan menjadi tinggi, sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar dengan sendirinya.
2. Menggunakan bahan bakar nilai oktan rendah. Bensin dengan nilai oktan rendah memiliki *delay* periode pendek, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh nyala api busi untuk merambat ke bagian yang terjauh

⁷Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak*(Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 38.

dari busi. Akibatnya usaha untuk memperpanjang *delay period* tidak tercapai.

3. Bahan bakar sudah panas akibat kompresi tinggi, sehingga suhu bahan bakar menjadi tinggi, hal ini terjadi pada mesin yang memiliki perbandingan kompresi yang tinggi. Maka untuk motor yang memiliki kompresi yang tinggi diperlukan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi. Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi tidak peka terhadap *knocking*.
4. Ruang bakar banyak terdapat kerak karbon sisa pembakaran, kerak dapat membara karena panas dari pembakaran, sehingga akan membakar campuran udara dan bahan bakar sebelum busi memercikan bunga api.
5. Saat pengapian tidak tepat, apabila terlalu cepat pengapian tersebut jauh sebelum *piston* mencapai TMA, maka akan terjadi letupan balik (*back fire*), sehingga dapat terjadi penurunan daya. Apabila terlalu lambat, maka proses pembakaran untuk menghasilkan daya akan berlangsung saat *piston* sudah bergerak dari TMA menuju TMB. Sehingga tekanan gas maksimum akan terjadi saat *piston* sudah jauh meninggalkan TMA. Maka daya mesin dapat berkurang.

B. *Knocking*

Knocking adalah berekspansinya lapisan gas yang telah terbakar, sehingga menimbulkan kerapatan gas di dalam ruang bakar yang tidak merata. Lapisan gas yang berekspansi tersebut terbakar karena terjadi *pre-*

ignition dalam ruang bakar, maka terjadi pembakaran sebagian gas dalam ruang bakar yang tidak dikontrol oleh percikan bunga api busi. Biasanya terjadi *knocking*, pada kendaraan yang dimodifikasi ruang bakarnya atau nilai oktan bensin terlalu tinggi.

Peristiwa ini menimbulkan letupan dan mengakibatkan terjadinya gelombang tekanan, kemudian menumbuk *piston* dan dinding silinder sehingga terjadilah ketukan. *Slight knock* adalah *knocking* ringan, karena pengapian dimundurkan waktu penyalaan pada 28° sebelum TMA. Sedangkan saat penyalaan pengapian dimajukan 32° sebelum TMA, terjadi *knocking* yang kuat. *Knocking* terjadi pada saat rpm yang tinggi, *trottle valve* yang penuh. Terjadinya *knocking* akibat penyebaran api yang terlalu lambat serta penempatan busi yang tidak tepat, juga waktu penyalaan yang terlalu cepat. Jadi, yang mempengaruhi *knocking* adalah temperatur dan tekanan gas akhir yang menghasilkan fenomena pembakaran spontanitas, sehingga menyebabkan ketukan (*knocking*).⁸

2.2 Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani :*hydro*: air, *genes* : membentuk) adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen adalah unsur teringan didunia. Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam

⁸Arismunandar Wiranda, *Motor Bakar Torak* (Bandung : Penerbit ITB, 1990), hlm. 39-40.

semesta. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar karena ada beberapa sebab antara lain:

- a. Dapat terbakar dalam oksigen membentuk air dan menghasilkan energi.
- b. Bersama oksigen dapat digunakan dalam sel bahan bakar menghasilkan energi listrik.

Keuntungan yang diperoleh jika hidrogen digunakan sebagai bahan bakar antara lain:

- a. Suatu cuplikan hidrogen jika dibakar akan menghasilkan energi sebanyak kira-kira tiga kali energi yang dihasilkan bensin dengan berat yang sama.
- b. Dalam mesin kendaraan bermotor hidrogen akan terbakar lebih efisien jika dibandingkan dengan bahan bakar lain. Pembakaran hidrogen kurang menghasilkan polusi. Polutan yang terjadi hanya oksida nitrogen yang terjadi jika suhu pembakaran tinggi.⁹

2.3 Air

Air adalah senyawa kimia yang merupakan hasil ikatan dari unsur hidrogen (H_2) yang bersenyawa dengan unsur oksigen (O) dalam hal ini membentuk senyawa H_2O . Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air

⁹Triyudhanton Kusumanendra, *Elektrolisa Air Sebagai Penghasil Gas Hidrogen dan Pengaruhnya Terhadap Presentase Sodium Bicarbonate (NaHCO)*(Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2008), hlm. 42.

bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu tekanan 100 kpa (1 bar) and temperature 273,15 K (0°C).

Air adalah senyawa yang penting bagi semua bentuk kehidupan sampai saat ini di Bumi. Air menutupi hampir 71% permukaan Bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di Bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam objek-objek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut.

Air bersih penting bagi kehidupan manusia. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri. Ada beberapa jenis air, diantaranya :

1. Kangen *Water*, Air Kangen atau biasa disebut Kangen *Water* adalah air minum murni yang bersih dari zat-zat kimia dan memiliki pH sekitar 8.5 - 9.5. Dimana Air Kangen memiliki reduksi yang kuat untuk mencegah proses penuaan dan membantu menjaga tubuh pada pH basa optimal. Kangen *Water* adalah air minum yang lezat, dibuat dari teknologi inovatif Enagic yang dapat memproduksi Air Alkalidan Air Asam Terionisasi melalui elektrolisis. Air ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk minum, memasak, kecantikan dan pembersihan.

2. Air Suling, Air suling memiliki pH 7 dengan tingkat kemurnian tinggi (*ultrapure distilled water*) dapat diperoleh dengan melakukan penyulingan ulang air suling biasa. Kemudian air hasil penyulingan kedua kali tersebut dialirkan melalui sistem saringan dengan karbon aktif dan tabung deionisasi. Air suling dapat dimanfaatkan sebagai larutan elektrolit untuk mengisi tabung elektroliser. Volume air suling yang digunakan tergantung pada volume tabung yang digunakan.
3. *Acidic Water*, Jenis air ini sedikit asam dan air ini tidak untuk diminum, sangat cocok digunakan untuk perawatan kecantikan, sehingga sering disebut *beauty water* (air kecantikan). Selain itu air ini juga digunakan untuk perawatan rambut, perawatan bulu hewan, membersihkan segala noda, bahkan untuk mandi. Sebelum Anda mandi, tambahkan air asam untuk mandi untuk menjaga bak Anda bebas dari kotoran yang menempel. Dan yang paling berkesan, mandi dengan air ini akan menghangatkan tubuh dan membuat kulit lebih indah.

Gaya tarik-menarik listrik antar molekul-molekul air membuat masing-masing molekul saling berdekatan, membuatnya sulit untuk dipisahkan dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen. Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperature standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan

sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-).¹⁰

2.4 Sejarah Teknologi Gas HHO

Teknologi menghemat bahan bakar menggunakan air ini diawali dengan keberadaan dan perkembangan penggunaan alat bahan bakar air berupa kendaraan berbahan bakar air (*watercar*) yang telah dirilis sejak tahun 1805 oleh beberapa peneliti dan ilmuwan-ilmuwan. HHO adalah teknologi dalam memproduksi gas Hidrogen. Terdiri dari tabung/bejana yang tahan terhadap tekanan dan temperature tinggi, elektroda sebagai penyalur arus listrik, lubang pernafasan, dan lubang transfer gas HHO.

Teknologi HHO atau juga dikenal dengan nama *Oxyhydrogen* adalah teknologi yang sengaja dibuat menjadi teknologi *open source* tanpa paten. Strategi ini dipilih oleh sang penemu karena niat tulus untuk membantu menyelamatkan bumi dari polusi yang tidak terkendali sekaligus membantu warga dunia untuk mendapatkan bahan bakar murah dan mudah didapat. Dari proses elektrolisa air ini menghasilkan gas Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Gas Hidrogen (H_2) adalah gas yang sangat mudah terbakar. Sehingga jika H_2 tersebut disalurkan ke dalam ruang pembakaran akan mensuplai energi yang besar bagi kehidupan.¹¹

¹⁰Triyudhanton Kusumanendra, *Elektrolisa Air Sebagai Penghasil Gas Hidrogen dan Pengaruhnya Terhadap Presentase Sodium Bicarbonate ($NaHCO_3$)*(Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2008), hlm. 43-44.

¹¹Ajat Sudrajat&Eddy Arifin, *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*(Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Nasional, 2011), hlm. 31.

Berikut percobaan yang dilakukan beberapa ilmuwan dalam kaitannya dengan penggunaan air sebagai bahan bakar.

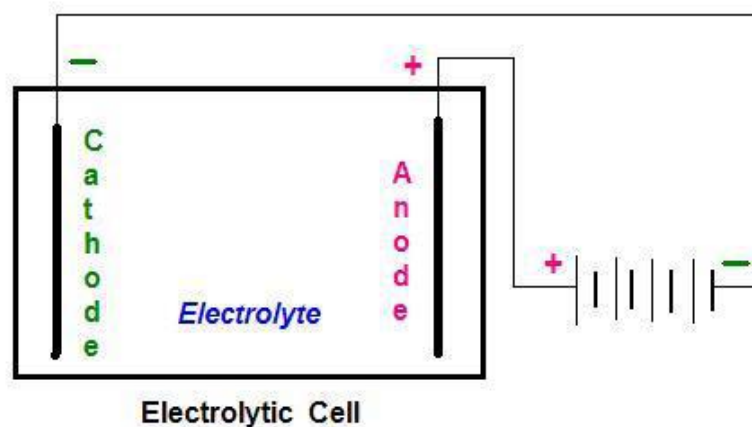
1. Isaac de Rivaz, seorang ilmuwan asal Swiss. Ketika ia melakukan penelitiannya, minyak bumi belum ditemukan sebagai bahan bakar. Ia merancang dan membuat sendiri mesin pembakaran dalam, yang merupakan pertama kalinya ilmuwan yang menggunakan gas hidrogen untuk menjalankan mobil dengan cara elektrolisis.
2. Yull Brown, ia seorang peneliti dari Australia. Ia berhasil menjalankan kendaraannya yang menggunakan air sebagai bahan bakar. Dalam kendaraannya sama seperti yang dilakukan Isaac de Rivaz, yaitu dengan mengelektrolisis air. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis tersebut dinamakannya "*Brown Gas*".
3. Stanley Meyer, berasal dari Ohio, Amerika Serikat. Penelitiannya berhasil mendesain dan menjalankan mobilnya tanpa menggunakan bahan bakar minyak, melainkan dengan berbahan bakar gas hidrogen yang berasal dari air. Stanley Meyer adalah penemu teknologi bahan bakar air yang paling sempurna yang dapat berhasil diaplikasikan pada kendaraan.

Lewat penemuan dan percobaan yang dilakukan tersebut, menjadi dasar acuan teknologi menghemat bahan bakar menggunakan air, yaitu dengan proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen hidrogen oksigen (HHO) atau gas *brown* (berasal dari nama penemunya Yull Brown) yang dapat menghemat konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor. Jelang tahun 2006 ke tahun 2007, teknologi ini mulai berkembang pesat. Pada tahun 2008 teknologi ini makin banyak mendapat perhatian cukup besar dari beberapa negara seperti India, Jerman, Afrika Selatan, Kanada,

China, dan Indonesia, khususnya Negara yang pecinta hemat bahan bakar. Di Indonesia cukup banyak pula beberapa peneliti yang melakukan eksperimen dengan teknologi ini. Seperti Voll Johanes Bosco dari Palu, Ir. FX Agus Unggul Santoso (dosen Sanata Dharma), Joko Suprpto di Jawa Timur, dan beberapa peneliti dan kaum awan yang sudah mulai menerapkan dan meneliti teknologi penghemat bahan bakar ini.¹²

2.5 Generator HHO

Generator HHO merupakan perangkat atau sistem yang dapat menghasilkan gas hidrogen. Perangkat generator HHO terdiri dari tabung reaktor yang di dalamnya terdapat sepasang elektroda dan elektrolit. Sumber listrik yang digunakan pada yaitu sumber listrik arus searah (DC) yang berasal dari baterai ataupun *accu*. Generator ini bekerja dengan prinsip elektrolisa air. generator hho dapat digambarkan sebagai berikut :



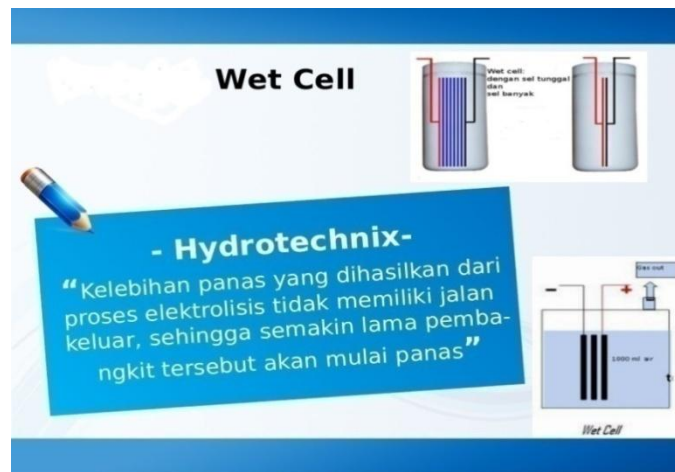
Gambar 2.5 Elektrolisis Air

¹²Ajat Sudrajat&Eddy Arifin, *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*(Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Nasional, 2011), hlm. 32.

Pada generator HHO yang terdiri dari 2 elektroda yaitu katoda dan anoda yang terhubung dengan sumber tegangan arus searah akan terjadi proses elektrolisis apabila elektroda direndam dalam larutan elektrolit. Karena terdapat larutan elektrolit, maka arus dapat mengalir dan akan terjadi perubahan kimia pada elektroda. Pada katoda akan terjadi proses reduksi yang menghasilkan gas hidrogen dan pada anoda akan terjadi proses oksidasi yang akan menghasilkan gas oksigen.¹³Metode elektrolisis yang digunakan sampai saat ini terdapat dua acara yaitu :

1. *Wet Cell* adalah generator HHO, dimana elektrodanya terendam elektrolit di dalam sebuah bejana air. Sistemnya yaitu dengan menempatkan air pada suatu wadah dan menempatkan dua buah plat konduktor sebagai anoda dan katoda dalam air. Kemudian plat tersebut diberikan sumber arus searah atau *direct current* (DC) (Kutub positif sebagai anoda dan kutub negatif sebagai katoda). Dengan menggunakan sistem ini, gas hidrogen dapat dihasilkan namun permasalahannya adalah kelebihan panas yang dihasilkan dari proses elektrolisis tidak memiliki jalan keluar, sehingga semakin lama pembangkit tersebut digunakan maka air akan mulai panas. Hal ini mengakibatkan air tersebut akan menghasilkan uap air dan bercampur dengan gas hidrogen dan oksigen.

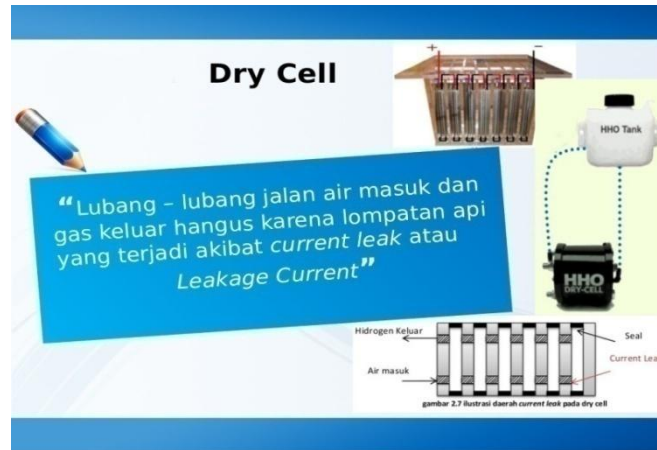
¹³Ajat Sudrajat&Eddy Arifin, *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*(Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Nasional, 2011), hlm. 33.



Gambar 2.6 *Wet cell*

2. *Dry Cell* adalah pembangkit gas hidrogen yang elektrodanya tidak terendam elektrolit. Sistemnya dengan membuat air (*water reservoir*) sebagai bahan baku terpisah dengan tempat terjadinya elektrolisis air. *Water reservoir* dibuat sebagai penampungan air biasa dan tidak ada sistem rumit di dalamnya seperti pengontrolan dan sebagainya. Sedangkan tempat terjadinya elektrolisis terdiri dua buah plat konduktor yang diberi jarak dengan *seal*. Kemudian air dimasukan ke dalam tempat terjadinya elektrolisis tersebut dengan melubangi plat yang ada di dalam dan plat tersebut diberikan beda potensial. Kelebihan panas seperti yang terjadi pada *wet cell* tidak terjadi pada *dry cell*. Akan tetapi masih terdapat kelemahan pada *dry cell*, yaitu lubang-lubang tersebut hangus karena lompatan api yang terjadi akibat *current leak* atau *Leakage Current*. Adanya *current leak* ini mengakibatkan suhu air meningkat dan pada waktu tertentu *dry cell* menghasilkan uap air. Maka daripada itu, diperlukan suatu terobosan metode elektrolisis yang tidak dapat menyebabkan *current leak* seperti pada *dry cell* dan air yang dapat terganti secara berkala yang

disebut *Zero Current Leak Cell (ZCLC)*. ZCLC telah mengoptimalkan pembangkit gas hidrogen jika dibandingkan dengan *dry cell*.¹⁴



Gambar 2.7 Dry cell

2.6 Current Leak (Arus Bocor)

Current leak (arus bocor) atau *Leakage Current* adalah arus yang mengalir melalui *ground* konduktor ke permukaan non konduktor di sekitarnya. Dalam elektrolisis, *current leak* dapat terjadi pada larutan air yang ditambahkan dengan elektrolit dan pada *dry cell* terjadi pada lubang-lubang yang mengalirkan air ke dalam *cell* dan lubang tersebut hangus karena lompatan api. Selain itu, sistem elektrolisis ini dapat didekatkan dengan sistem *electrolytic capasitor* karena *electrolytic capasitor* juga tersusun dari dua buah plat konduktor dengan larutan tertentu diantaranya. Pada kapasitor, *Leakage Current* (LC) atau arus bocor dapat terjadi karena *defect* atau kerusakan yang dapat terjadi pada kristal, tekanan, retak, dan kerusakan instalasi, Jika dilihat pada *dry cell* terdapat lubang pada plat anoda dan

¹⁴Ajat Sudrajat&Eddy Arifin, *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*(Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Nasional, 2011), hlm. 34-35.

katodanya dan memungkinkan kedua lubang ini dianggap sebagai *defect* sehingga menyebabkan LC atau *current leak* terjadi.

Current leak ini akan mengakibatkan pembangkit gas hidrogen panas. Hal ini dikarenakan lubang tersebut menyebabkan bagian dalam elektroda terbuka dan bagian dalam elektroda tidak memiliki lapisan anti karat (*stainless*) seperti *Chromium* (Cr) dan *Nickel* (Ni) karena pada umumnya pembuatan *stainless steel* menggunakan metode *coating* (pelapisan). Jika dilihat dari datasheet SS 316 L terdapat *manganes* (Mn). Mn termasuk logam berat, rapuh, dan mudah teroksidasi. Lubang ini menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi antara oksigen yang dihasilkan dengan Mn. Dalam kasus ini, oksidatornya adalah oksigen dan yang dioksidasi adalah Manganese (Mn) sehingga melepaskan elektronnya. Pelepasan elektron ini berupa panas dan dalam waktu yang lama akan menyebabkan lubang tersebut hangus dan akan menghasilkan uap air sehingga gas hidrogen yang dihasilkan tidak optimal. Selain itu lubang-lubang tersebut semakin lama akan teroksidasi dan rapuh sehingga lubang menjadi lebih besar.¹⁵

2.6.1 SISTEM ZERO CURRENT LEAK CELL

Berdasarkan percobaan *Faraday*, dalam elektrolisis suatu larutan, sistem tersebut harus memiliki satu atau beberapa *cell* (satu *cell* terdiri dari dua elektroda), tempat penampungan larutan, dan sumber listrik DC. Maka dalam proses elektrolisis air, tegangan yang terdapat dalam 1 *cell* adalah 1,967 Volt atau kurang lebih 2 Volt.

¹⁵Ajat Sudrajat&Eddy Arifin, *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*(Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Nasional, 2011), hlm. 36.

Hal ini masih termasuk rentang tegangan listrik antar *cell* yang diperbolehkan agar pembangkit gas hidrogen tersebut tidak panas, yaitu 2,0 sampai 3,0 Volt menurut Bob Boyce, suhu dari ZCLC $\pm 40^\circ$ Celcius.

Dikarenakan pembangkit gas hidrogen ini dibuat dengan 6 buah *cell* dengan 7 plat, maka tegangan maksimum agar tidak terjadi panas yang berlebih pada pembangkit gas tersebut yaitu $6 * 2 = 12$ Volt. Sumber listrik yang digunakan dalam ZCLC adalah sumber listrik DC. Untuk ZCLC yang diimplementasikan ke motor dan mobil dengan sumber listrik yang berasal dari baterai basah atau aki (untuk aki motor 12 Volt DC, maksimal 6A dan untuk aki mobil 12 Volt DC, maksimal 20A).

2.7 Elektrolisis Air

Elektrolisis air adalah proses untuk menghasilkan gas Hidrogen dan Oksigen dengan pemanfaatan energi listrik, berupa sumber arus searah atau arus DC. Arus searah dialirkan ke elektroda (elektroda positif adalah plat konduktor yang diberi tegangan positif baterai dan elektroda negatif diberikan tegangan negatif dari baterai) di larutan air dan katalis. Elektrolisis secara komersial sangat penting sebagai tahap dalam pemisahan dari unsur. Elektrolisis adalah arus listrik yang melalui zat ionic berupa cair atau dilarutkan dalam pelarut yang sesuai, menghasilkan reaksi kimia pada elektroda dan pemisahan bahan.¹⁶

Elektrolisis adalah suatu proses pemecahan senyawa kimia tertentu menjadi suatu molekul baru dengan bantuan arus listrik dan dua elektroda. Dimana arus listrik

¹⁶Triyudhanton Kusumanendra, *Elektrolisa Air Sebagai Penghasil Gas Hidrogen dan Pengaruhnya Terhadap Presentase Sodium Bicarbonate (NaHCO)*(Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2008), hlm. 45-46.

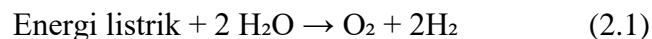
tersebut dialirkan pada elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif (katoda), apabila diterapkan pada air maka senyawa kimia H_2O akan terpecah menjadi gas hidrogen (H_2) serta gas Oksigen (O_2). Agar suatu proses elektrolisa bekerja dengan cepat maka diperlukan zat lain yang disebut dengan katalis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air disebut gas HHO atau *oxyhydrogen* atau disebut juga *Brown's Gas*. Brown (1974), dalam penelitiannya melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamakan dan dipatenkan dengan nama *Brown's Gas*. Dalam proses elektrolisis air ada beberapa bagian yang peranannya sangat penting dalam proses elektrolisa tersebut, antara lain:

1. Elektroda, Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam. Elektroda merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam proses elektrolisis. Elektroda berfungsi sebagai menghantarkan arus listrik dari sumber listrik ke air yang dielektrolisis. Pada elektrolisis dengan sumber DC, Anoda didefinisikan sebagai elektroda positif dimana elektron diambil atau diserap dari *cell* sehingga terjadi oksidasi. Sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda negatif dimana elektron dari sumber tegangan memasuki *cell* dan reduksi terjadi. Elektroda yang digunakan dalam elektrolisis harus mempunyai konduktivitas listrik dan ketahanan korosi yang baik, sehingga dalam pengujian ini dipilih elektroda berbahan stainless steel.
2. Katalis, Katalis merupakan suatu senyawa yang dibutuhkan dalam mempercepat proses elektrolisa. Katalis berfungsi sebagai percepat reaksi

elektrolisis, senyawa yang digunakan sebagai katalis tidak ikut bereaksi dan tidak menghasilkan produk. Katalis dapat menurunkan energi aktivasi sehingga mampu meningkatkan laju reaksi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan sehingga partikel dapat bertumbukan dan menghasilkan reaksi. Katalis yang digunakan dalam pengujian ini adalah KOH (Kalium Hidroksida).¹⁷

Prinsip kerja elektrolisis air yaitu tegangan listrik dihubungkan ke dua buah elektroda atau dua buah plat (umumnya terbuat dari beberapa logam *inert* seperti *platinum* atau *stainless steel*) yang mana dicelupkan kedalam air. Hidrogen akan muncul pada katoda (elektroda bermuatan negatif, dimana elektron masuk kedalam air) dan oksigen akan muncul pada anoda (elektroda bermuatan positif). Satu buah anoda dan satu buah katoda diletakkan di dalam air disebut satu *cell*.¹⁸

Persamaan kimia elektrolisa air adalah sebagai berikut :



Terjadi tekanan listrik pada elektroda negatif (katoda) untuk mendorong elektron ke dalam air dan pada anoda (elektroda positif) terjadi penyerapan elektron. Molekul air dekat katoda terbagi menjadi ion hidrogen positif (H^+) dan ion hidroksida (OH^-).



¹⁷Triyudhanton Kusumanendra, *Elektrolisa Air Sebagai Penghasil Gas Hidrogen dan Pengaruhnya Terhadap Presentase Sodium Bicarbonate (NaHCO)*(Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2008), hlm. 46.

¹⁸Departemen Teknik Kimia ITB, *Modul 1.08 Elektrolisis Air*(Fakultas Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2009), hlm. 35.

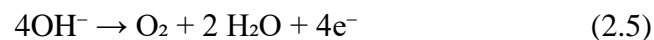
H^+ merupakan proton terbuka, bebas untuk menangkap elektron (e^-) dari katoda, kemudian menjadi atom hidrogen biasa dan netral.



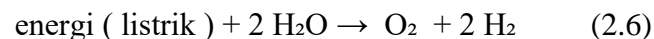
Atom hidrogen ini berkumpul dengan atom hidrogen lain dan membentuk molekul gas dalam bentuk gelembung dan kemudian naik ke permukaan.



Elektroda positif telah menyebabkan ion hidroksida (OH^-) untuk bergerak ke anoda. Ketika mencapai anoda, anoda akan melepas kelebihan elektron yang diambil oleh hidroksida dari atom hidrogen sebelumnya, kemudian ion hidroksida bergabung dengan molekul hidroksida yang lain dan membentuk 1 molekul oksigen dan 2 molekul air :



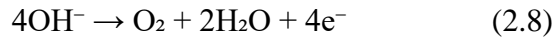
Molekul oksigen ini sangat stabil dan kemudian gelembungnya naik ke permukaan. Demikian seterusnya dan terjadi pengulangan proses. Reaksi tersebut terjadi hanya tergantung pada jenis kation dalam larutan. Jika kation berasal dari logam dengan potensial elektroda lebih rendah dari pada air, maka air yang akan tereduksi (terpecah). Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi gas oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut.



Pada katoda, empat molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron sehingga tereduksi menjadi gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^-).



Sementara itu pada anoda, dua molekul air terurai menjadi gas oksigen (O₂) dan melepaskan empat ion H⁺ serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H⁺ dan OH⁻ mengalami netralisasi sehingga akan terbentuk kembali beberapa molekul air.



Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut :



Hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini akan membentuk gelembung pada elektrode dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen peroksida (H₂O₂) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen.¹⁹

2.8 Torsi dan Daya Mesin

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi atau kemampuan mesin untuk menggerakkan/memindahkan suatu mobil/motor dari diam hingga sampai berjalan. Torsi mesin yang dihasilkan dari tekanan pembakaran akan mendorong *piston* menuju TMB. Ketika *piston* bergerak ke bawah pada langkah usaha, piston tersebut menerapkan torsi pada *connecting rod* ke poros engkol (*crank shaft*) mesin.²⁰

¹⁹Departemen Teknik Kimia ITB, *Modul 1.08 Elektrolisis Air*(Fakultas Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2009), hlm. 36.

²⁰Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*(Makalah Penelitian. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada, 2013), hlm. 67.

Besarnya tekanan pembakaran dipengaruhi oleh sempurna tidaknya pembakaran tersebut. Ada beberapa hal yang mempengaruhi suatu proses pembakaran menjadi sempurna, antara lain : percikan bunga api busi yang kuat, nilai oktan bahan bakar, kondisi ruang bakar, dan bentuk ruang bakar. Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan. Pada motor bakar untuk mengetahui daya poros harus diketahui dulu torsinya. Pengukuran torsi pada poros motor bakar menggunakan alat yang dinamakan Dinamometer.

Untuk mengukur torsi mesin pada poros mesin diberi rem yang disambungkan dengan w pengereman atau pembebanan. Pembebanan diteruskan sampai poros mesin hampir berhenti berputar. Beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin F. Dari definisi disebutkan bahwa perkalian antara gaya dengan jaraknya adalah sebuah torsi, dengan definisi tersebut Torsi pada poros dapat diketahui dengan rumus:²¹

$$\mathbf{T = w \times d \text{ (Nm)}} \quad (2.10)$$

dengan :

T = Torsi Mesin (Nm)

W = Beban (N)

d = Jarak pembebanan dengan pusat putaran (m)

²¹*Ibid*, hlm. 68.

Daya Mesin (*horse power*) adalah kemampuan untuk seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu. Semakin besar kemampuan operasi mesin tersebut, maka dapat dikatakan mesin tersebut memiliki daya yang semakin besar. Dengan pengertian bahasa teknik dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang mampu diangkat mesin, maka semakin besar kemampuan mesin tersebut. Hal ini dapat dibuktikan bahwa daya yang berkaitan dengan beban dan waktu. Jadi yang dimaksud yaitu daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Daya mesin adalah daya yang bekerja pada *crank shaft*. Hampir semua istilah dari ukuran untuk daya adalah *horse power* (HP).²²

Rumus *horse power* :

$$HP = \frac{\text{ft. Lb. per menit}}{33000} = \frac{L \cdot W}{33000} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Hp = Horse Power

L = Jarak dalam meter (m)

T = waktu dalam menit

L = gaya dalam jarak

Dalam satuan metrik, daya mesin menggunakan dalam satuan kilowatt (kW). 1 *Horse Power* adalah 0,745 kW, maka daya mesin dapat dihitung jika diketahui daya putar dari mesin dalam lbf.ft dan rpm nya. Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut.

²²Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, *Mesin Konversi Energi* (Makalah Penelitian. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada, 2013), hlm. 69.

$$HP = \frac{\text{Torsi} \times \text{rpm}}{5252} \quad (2.12)$$

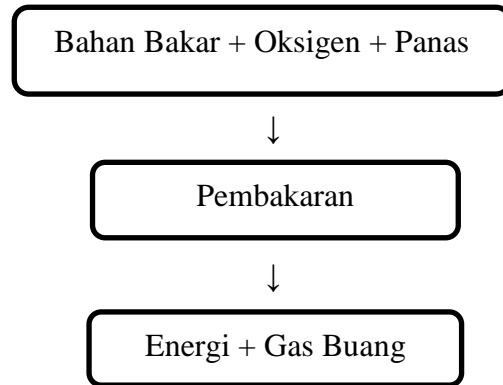
Pada otomotif atau *mechanical engineering* antara torsi dan daya (*horse power*) memiliki kaitan erat karena akan menentukan performa dan kesesuaian aplikasinya. Torsi dan daya (*horse power*) pada kendaraan dipengaruhi oleh kapasitas silinder dan kompresi, semakin besar kapasitas silinder dan kompresi maka bias menghasilkan tenaga yang lebih besar pula tentunya dengan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak pula. Selain itu bobot kendaraan menjadi faktor mempengaruhi lainnya, karena semakin berat bobot kendaraan maka semakin besar torsi awal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan sehingga semakin panjang waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan tenaga puncak dan *horse power* yang besar untuk percepatannya. Torsi dan *horse power* memiliki puncaknya pada putaran tertentu (*torque peak dan horse power peak*), untuk mengetahuinya sebuah kendaraan dites dengan dinamometer untuk melihat nilai puncak dan putarannya.²³

2.9 Pembakaran Dan Emisi Gas Buang

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Jika salah satu komponen tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran.²⁴

²³Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, *Mesin Konversi Energi* (Makalah Penelitian. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada, 2013), hlm. 69.

²⁴Augustian Hendra, *Analisa Kinerja dan Emisi Gas Buang Motor terhadap penggunaan aditif bahan bakar bensin dan aditif bahan bakar pelumas* (Tugas Akhir: Depok, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2004), hlm. 77.



Pada prakteknya, pembakaran dalam mesin tidak pernah terjadi dengan sempurna meskipun sudah dilengkapi dengan *control system* yang canggih. Dalam mesin, bensin terbakar karena tiga hal berikut :

- A. Bensin dan udara homogen dengan perbandingan berat 1:14,7.
- B. Campuran tersebut dimampatkan oleh gerakan *piston* hingga tekanan dalam silinder 12 bar sehingga menimbulkan panas.
- C. Kemudian campuran tersebut bereaksi dengan panas yang dihasilkan oleh percikan api busi dan terjadilah pembakaran pada tekanan tinggi timbul ledakan.²⁵

Karena pembakaran diawali oleh percikan api busi maka bensin jenis ini disebut juga *spark-ignition engine* atau mesin pengapian busi. Proses pembakaran mesin bensin tidak terjadi dengan sempurna karena 4 alasan berikut ini :

- A. Waktu pembakaran singkat.
- B. *Overlapping* katup.
- C. Udara yang masuk tidak murni oksigen.
- D. Kompresi tidak terjamin rapat semua.

²⁵*Ibid*, hlm. 78.

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan beroda, perahu/kapal dan pesawat terbang yang menggunakan bahan bakar. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Emisi Gas Buang merupakan salah satu penyebab terjadinya efek rumah kaca dan pemanasan global yang terjadi akhir-akhir ini.

Pemasyarakatan akan kepedulian terhadap lingkungan khususnya pencemaran udara sudah menjadi keharusan bagi semua lapisan masyarakat, untuk itu kita tidak harus menunggu hingga kondisi udara yang kita hirup setiap hari menjadi lebih buruk lagi, khususnya kota-kota besar di Indonesia yang kita cintai ini bila kita tidak peduli dan tidak melakukan aksi dari peran kita masing-masing.

Bengkel adalah tempat yang memungkinkan pencemaran akibat gas buang dari kendaraan lebih tinggi dari area lain seperti jalanan , hal ini dikarenakan sumber pencemaran yang bergerak terkondisi menjadi sumber pencemar tidak bergerak, sementara banyak sekali bengkel tidak melengkapi sistem yang memadai mengatasi hal tersebut.²⁶

²⁶Augustian Hendra, *Analisa Kinerja dan Emisi Gas Buang Motor terhadap penggunaan aditif bahan bakar bensin dan aditif bahan bakar pelumas* (Tugas Akhir: Depok, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2004), hlm. 80.



Gambar 2.8 Emisi gas buang buruk pada mobil

Konsentrasi emisi akan cepat bergerak naik bila terakumulasi pada tempat yang tertutup dan tidak memiliki sistem ventilasi atau sistem pembuangan yang memungkinkan pertukaran udara di dalam ruang dengan udara segar dari luar ruangan. Hal ini sangat berbahaya terhadap pekerja dalam ruangan tersebut khususnya bengkel kendaraan bermotor, *pool*, terminal, garasi dan sejenisnya. Emisi gas buang kendaraan bermotor dari segala model mesin pembakaran di dalam (*Internal combustion engine*), dengan penyempurnaan konstruksi dan teknologi yang diterapkan, tetap menghasilkan emisi gas buang, hal ini terjadi karena perubahan wujud bahan bakar dan udara pada saat terjadi proses pembakaran.²⁷

Tabel 2.1 Tabel Interpelasi emisi gas buang

Nomor	Emisi	Idle	1000 rpm	2500 rpm	Catatan	Jenis Kerusakan	Keterangan
1.	CO	>	>	>	tinggi pada semua rpm	- campuran kaya/gemuk	- asap hitam
	HC	=	=	=	rata-rata normal	- tutup	- knalpot

²⁷ Augustian Hendra, *Analisa Kinerja dan Emisi Gas Buang Motor terhadap penggunaan aditif bahan bakar bensin dan aditif bahan bakar pelumas* (Tugas Akhir: Depok, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2004), hlm. 81.

Nomor	Emisi	Idle	1000 rpm	2500 rpm	Catatan	Jenis Kerusakan	Keterangan
	CO2	<	<	<	selalu rendah	karburator longgar - filter udara kotor - <i>choke</i> tertutup - karburator rusak - setelan pelampung ketinggian	- konsumsi bahan bakar tinggi
	O2	=	=	=	selalu normal		
2.	CO	>	>	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>	- campuran kaya/gemuk - penyetelan karburator salah - <i>idle jet</i> bermasalah	- asap hitam - konsumsi tinggi - <i>rpm idle</i> kasar
	HC	>	=	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>		
	CO2	<	=	=	rendah pada <i>rpmidle</i>		
	O2	=	=	=	selalu minimum		
3.	CO	<	=	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>	- campuran kaya/gemuk - penyetelan IMAS salah - <i>idle jet</i> kotor	- konsumsi tinggi - <i>rpm idle</i> tidak teratur
	HC	=	=	=	rata-rata normal		
	CO2	<	=	=	rendah pada <i>rpmidle</i>		
	O2	=	=	=	selalu minimum		
4	CO	<	=	=	rendah pada <i>rpmidle</i>	- campuran kurus - penyetelan karburator salah - pasokan udara berlebih	- <i>rpmidle</i> tak teratur - <i>rpm</i> akselerasi tidak teratur - suara ledakan di knalpot
	HC	>	=	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>		
	CO2	<	=	=	rendah pada <i>rpmidle</i>		
	O2	>	=	=	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi		
5	CO	=	=	=	rata-rata normal	- pengapian terganggu - kontak point tidak baik - kabel busi/busi rusak	- konsumsi tinggi - <i>rpmidle</i> tak teratur - tenaga kurang
	HC	>	>	>	selalu tinggi		
	CO2	<	<	<	rendah pada <i>rpmidle</i>		

Nomor	Emisi	Idle	1000 rpm	2500 rpm	Catatan	Jenis Kerusakan	Keterangan
	O ₂	>	>	>	selalu tinggi	- kapasitor rusak - kabel busi terbalik	
6	CO	=	=	=	rata-rata normal	- kompresi rendah - <i>seat valve</i> rusak	- kompresi rendah
	HC	>	>	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>	- silinder rusak	
	CO ₂	=	=	<	rendah pada <i>rpmidle</i>	- <i>intake manifold</i> bocor	
	O ₂	>	>	=	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi	- <i>ring piston</i> rusak	
7	CO	=	=	=	rata-rata normal	- pengapian terganggu - timing terlalu maju	- konsumsi tinggi - tenaga kurang
	HC	=	=	>	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi	- pengapian terganggu <i>rpm</i> tinggi	
	CO ₂	=	=	<	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi	- <i>coil</i> rusak	
	O ₂	=	=	=	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi	- <i>gap</i> busi terlalu kecil	
8	CO	>	>	<	tinggi pada <i>rpm</i> rendah	- campuran kaya/gemuk	- konsumsi tinggi
	HC	>	=	=	tinggi pada <i>rpmidle</i>	- <i>nozle</i> karburator aus	- tenaga kurang
	CO ₂	<	<	<	selalu rendah		
	O ₂	=	=	>	tinggi pada <i>rpm</i> tinggi		

*sumber data dari Swiss Contact Clean air Project. Jakarta

2.9.1 Standar Penilaian Uji Emisi Kendaraan di Indonesia.

Untuk menilai hasil pengukuran uji emisi kendaraan memenuhi atau tidak, maka dilakukan pengujian menggunakan standar emisi kendaraan yang sesuai dengan

Peraturan Lalu Lintas Indonesia Nomor 22/2009. Berikut nilai standar emisi kategori kendaraan berbahan bakar bensin:

Tabel 2.2 Tabel Standar Emisi Kendaraan Bensin di Indonesia

Klasifikasi Kendaraan	Model Kendaraan (tahun)	CO (%)	HC (ppm)
Kendaraan Karburator	Pre- 1985	4,0	1000
	1986 – 1995	3,5	800
	1996 Dan Baru	3,0	700
Kendaraan Injeksi	1986 – 1995	3,0	600
	1996 Dan Baru	2,5	500

*sumber: Peraturan Lalu Lintas Indonesia No. 22/2009

2.9.2 Batasan Baik Dan Buruknya Emisi Gas Buang Dalam Pembakaran .

Untuk mengetahui batasan baik dan buruknya emisi kendaraan yang sesuai dengan Peraturan Lalu Lintas Indonesia Nomor 22/2009 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Batasan Baik dan Buruknya Emisi Gas Buang

Batasan Emisi Gas Buang	CO	HC	CO₂
Kadar Baik Emisi Gas Buang Dalam Pembakaran	3,5 %	2400 ppm	6 %

Kadar Buruk Emisi Gas Buang Dalam Pembakaran	5,5 %	12.000 ppm	15 %
---	-------	------------	------

*Sumber Kementerian Negara Lingkungan Hidup.

Dampak buruk bagi kesehatan, apabila kadar emisi gas buang melebihi batas yang sudah ditentukan oleh pemerintah yaitu akan menimbulkan gangguan kesehatan dan menimbulkan pencemaran udara.

2.10 Dinamometer (*Dynotest*)

Dynotest atau dinamometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya daya yang dihasilkan oleh sebuah putaran mesin yang sedang berputar. Dinamometer ada dua jenis yaitu dinamometer mesin dan dinamometer *chasis*.

A. Dinamometer *Chasis*

Proses pengukuran yang dilakukan pada *dynotest* adalah dengan cara meletakkan posisi roda belakang pada *chasis dynotest*. Saat mesin dihidupkan dan roda gigi percepatan dimasukkan, maka roda akan memutar *roller* pada *chasis daynotest* tersebut. *Dynotest* memiliki layar indikator yang berfungsi untuk menunjukkan besarnya daya dan torsi mesin, yang dikeluarkan oleh mesin tersebut.

B. Dinamometer Mesin

Jenis dinamometer ini adalah jenis *dynotest* yang banyak digunakan oleh pabrik-pabrik otomotif, yang melakukan banyak pengembangan pada jenis mesin yang diproduksi pabrik tersebut. Dinamometer mesin ini merupakan salah satu

metode yang secara international dikenal untuk menentukan daya dan torsi dari suatu mesin yang diuji. Namun jenis dinamometer mesin ini sudah dianggap tidak praktis, maka beberapa ahli mulai mencari alternatif dinamometer jenis yang lain