

2. STUDI LITERATUR

2.1 Definisi *Drag Race*

Pengertian *Drag Race* adalah Olahraga balap motor atau mobil dimana performa mesin diukur melalui pencapaian waktu tersingkat untuk menempuh interval jarak tertentu. *Drag Race* juga dapat diartikan sebagai Kompetisi dimana kendaraan bersaing untuk menjadi yang tercepat mencapai garis akhir (finish).

2.1.1 Istilah dalam *Drag Race*

Terdapat banyak macam istilah pada olahraga balap *drag race*. Berikut adalah istilah-istilah berikut penjelasannya:

1. RT (*Reaction Time*)

Reaction Time adalah periode waktu pembalap bereaksi menginjak gas pedal untuk melajukan mobil saat lampu start menyala hijau. *Reaction time* di hitung saat lampu start menyala sesaat dari kuning ke hijau. Waktu *reaction time* biasanya berkisar antara 0.001 detik hingga 0,800 detik bergantung dari seberapa cepat pembalap bereaksi saat lampu hijau menyala.

2. ET (*Elapsed Time*)

Elapsed Time adalah periode waktu ketika mobil sudah melaju sesaat setelah meninggalkan garis *start* sampai melewati garis *finish*. Di garis *finish* ditempatkan sensor untuk mengukur waktu dari *elapsed time*.

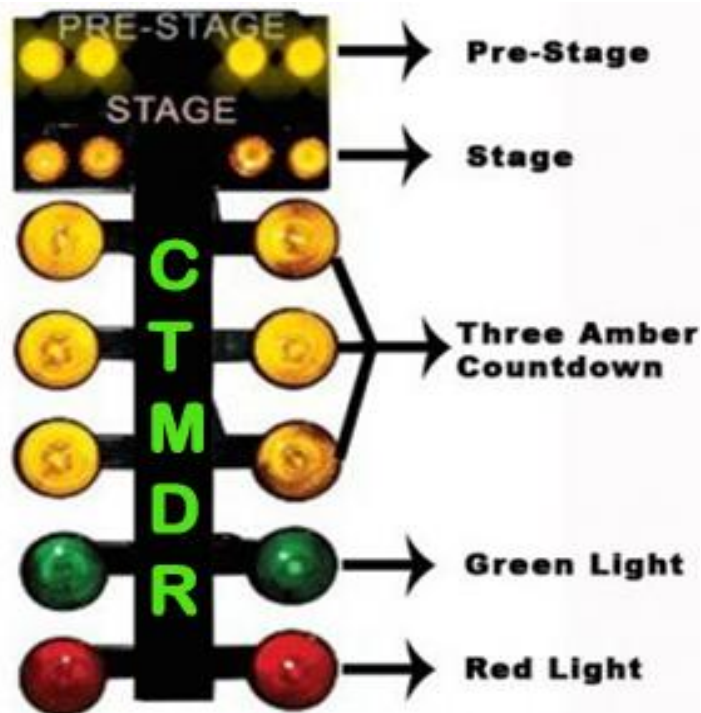


Gambar 2. 1 Diagram sirkuit *Drag Race*

Sumber : (AndySpeedRacing, 2017)

3. *Total Time*

Total Time adalah waktu tempuh keseluruhan di garis *start* ke garis *finish*. Waktu tempuh ini didapatkan dari penambahan *reaction time* dan *elapsed time*. Dari parameter waktu tersebut, balap *drag race* membutuhkan ketangkasan reaksi dari pembalap serta membutuhkan *power* dari mesin kendaraan untuk melesat dari garis *start* menuju garis *finish*. Pada penelitian ini *target time* yang diekjar adalah *elapsed time* karena pada periode waktu tersebut *power* dari mesin keluar sepenuhnya. *Reaction time* tidak di analisa karena reaksi setiap pembalap berbeda-beda. Bila dilakukan oleh pembalap yang professional, data periode *reaction time* cenderung baik dengan digit angka yang kecil. Hal tersebut dapat terjadi karena pembalap professional memiliki keahlian untuk menginjak pedal gas pada waktu yang tepat untuk melaju menuju garis *finish* ketika lampu *start* menyala hijau.



Gambar 2. 2 Lampu tanda start dalam balap *drag race* (Christmas Tree)
 Sumber : (Sonny, 2017)

Penjelasan lampu tanda *start* (Gambar 3.5) adalah sebagai berikut,

- *Pre-Stage Light*, Indikator lampu ini menunjukkan ban depan dari mobil sudah sangat dekat dengan garis *start*.
- *Stage Light*, ketika *stage light* menyala adalah tanda bahwa ban depan sudah menyentuh garis *start* dan sudah siap untuk *start*.
- *Countdown Light*, masing-masing dari lampu *countdown light* menyala adalah tanda bahwa *start* akan segera di mulai.
- *Green Light*, indikator lampu dimulai *start*.
- *Red Light*, indikator lampu terjadinya *false start* atau mobil melaju sebelum lampu hijau menyala.

2.1.2 Klasifikasi *Drag Race* 201 meter kelas *Standard* dan *Bracket* waktu

Pada kompetisi *Drag Race* terdapat beberapa spesifikasi kelas dan bracket waktu, dalam kelas *standard* berdasarkan peraturan (IMI, “Ikatan Motor Indonesia”.,2018) dari *Drag Race* 201m menjelaskan spesifikasi mesin kelas *standard*:

1. Kapasitas mesin sesuai dengan kelasnya.

2. Merk dan tipe mesin harus sesuai asli kendaraan tersebut.
3. Tidak diizinkan menggunakan Turbo/NOS/Supercharger atau alat penambah tenaga lainnya.
4. Kapasitas mesin (CC) harus sesuai dengan spesifikasi kendaraan tersebut yang dipasarkan di Indonesia.
5. Baut-baut mesin bebas.
6. Engine mounting bahan bebas, jumlah dan tempat sesuai dengan aslinya.
7. Bumper, body panel / body parts harus sesuai aslinya.
8. Panel-panel dalam ruang mesin yang berfungsi hanya dekorasi dan tidak memiliki fungsi keselamatan sama sekali, boleh dilepas.
9. Penggunaan parts Non Genuine/Non Orisinil/ bukan buatan ATPMnya diperbolehkan tetapi jenis bahan, ukuran/dimensi dan fungsi harus sesuai aslinya, kecuali dinyatakan lain dalam pasal bersangkutan.
10. *Exhaust Manifold*/Manipol Api bebas, *Exhaust Pipes*/ Pipa Knalpot ukuran bebas, Sistem/ pipa knalpot yang berada sesudah *manifold* bebas, tail pipe/ ujung knalpot belakang harus keluar ditempat aslinya.

Pada kelas standard memiliki bracket waktu yang telah ditentukan pada jarak 201 meter, yaitu:

1. Kelas 8 Detik (Waktu tempuh 08,000 s.d. 08,999 detik)
2. Kelas 9 Detik (Waktu tempuh 09,000 s.d. 09,999 detik)
3. Kelas 9,5 Detik (Waktu tempuh 09,500 s.d 10,499 detik)
4. Kelas 10 Detik (Waktu tempuh 10,000 s.d. 10,999 detik)
5. Kelas 10,5 detik (waktu tempuh 10,500 s.d. 11,499 detik)
6. Kelas 11 Detik (Waktu tempuh 11,000 s.d. 11,999 detik)
7. Kelas 11,5 detik (waktu tempuh 11,500 s.d. 12,499 detik)
8. Kelas 12 Detik (Waktu tempuh 12,000 s.d. 12,999 detik)
9. Kelas 13 Detik (Waktu tempuh 13,000 s.d. 13,999 detik)

2.2 Definisi Mobil

Mobil adalah kendaraan darat yang digerakkan oleh tenaga mesin, beroda empat, yang menggunakan bahan bakar bensin atau solar untuk menghidupkan

mesin. Umumnya mesin yang digunakan pada mobil merupakan mesin pembakaran dalam yang menggunakan piston dalam pengubahan energi bahan bakar menjadi tenaga gerak. Ada dua jenis motor yang dibagi langkah penggerakannya, yaitu motor 2 langkah dan motor 4 langkah.

2.3 Motor 4 Langkah

Motor 4 langkah adalah sebuah mesin dimana menghasilkan tenaga dan memerlukan empat proses langkah naik turun piston dan dua kali rotasi poros engkol. Ciri-ciri umum motor empat langkah adalah konsumsi bahan bakar lebih irit, menggunakan satu minyak pelumas untuk melumasi dinding silinder, piston, dan ruang engkol, dan lebih ramah lingkungan. Prinsip kerja motor empat langkah adalah sebagai berikut:

1. Langkah Hisap

Bertujuan untuk masuknya kabut udara – bahan bakar ke dalam silinder, sebagaimana tenaga mesin dihasilkan tergantung dari jumlah bahan bakar yang terbakar selama proses pembakaran.

2. Langkah Kompresi

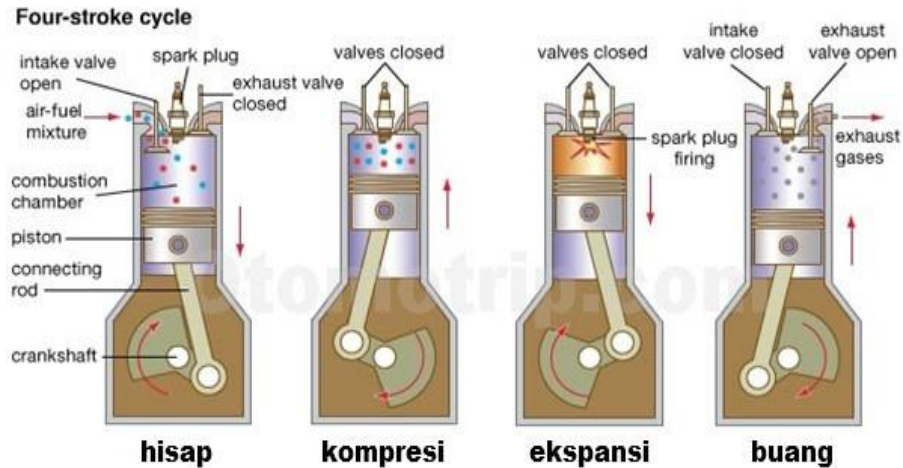
Piston terdorong kearah atas untuk meningkatkan temperatur sehingga campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna.

3. Langkah Tenaga

Campuran udara-bahan bakar dinyalakan oleh busi dan terjadi ledakan mengakibatkan kepala silinder sehingga piston terdorong turun, gerakan piston turun dirubah jadi gerak pada poros engkol.

4. Langkah Buang

Piston bergerak mendorong gas sisa pembakaran keluar dari silinder menuju pipa knalpot.



Gambar 2. 3 Urutan langkah kerja piston mesin 4 langkah

Sumber: (OtomoTrip, n.d.)

2.3.1 Komponen Utama Motor Bakar 4 Langkah

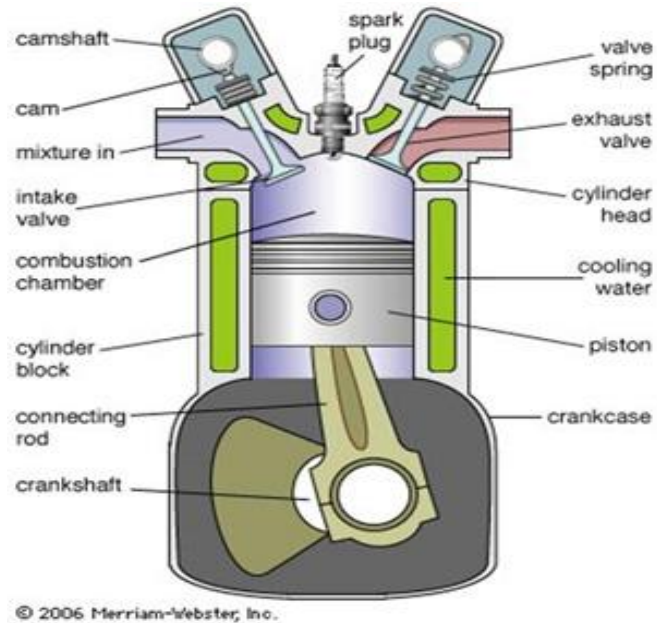
Motor bakar memiliki beberapa komponen utama. Komponen tersebut bekerja secara dinamis melakukan gerakan mekanik berupa gerakan translasi dan rotasi. Gerakan ini tercipta dari hasil reaksi pembakaran dalam ruang bakar (Kristanto, 2015). Adapun bagian komponen utama motor bakar adalah sebagai berikut:

1. Blok Silinder

Blok silinder merupakan bagian dasar dari suatu motor bakar. Blok silinder terbuat dari besi tuang atau paduan aluminium. Susunan silinder terpasang pada blok silinder. Bagian atas blok silinder ditutup oleh kepala silinder dan di bagian bawah terdapat bak engkol, di mana poros engkol mesin bertumpu.

2. Ruang Bakar (*combustion chamber*)

Ruang bakar adalah ruang kepala silinder dan permukaan piston di mana pembakaran terjadi. Ukuran ruang bakar secara kontinyu berubah dari volume minimum saat piston berada di TMA ke volume maksimum saat piston berada di TMB.



Gambar 2. 4 Komponen utama mesin bensin 4 Langkah

Sumber: (Indigkom, 2016)

3. Batang Penghubung (*Connecting Rod*)

Connecting Rod adalah sambungan yang menghubungkan piston dengan poros engkol. Fungsi dari batang penghubung adalah memindahkan gaya dorong piston ke poros engkol selama proses langkah daya.

4. Bak Engkol (*Crankcase*)

Crankcase terdapat di bagian bawah blok silinder. Pada bak engkol terdapat bantalan untuk tumpuan poros engkol.

5. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Crankshaft adalah poros putar yang terletak di bagian dasar blok mesin dan ditopang oleh main bearing di bak engkol. Poros ini diputar oleh gerakan bolak balik piston melalui batang penghubung (*connecting rod*) ke poros engkol.

6. Silinder

Bagian yang berfungsi sebagai tempat perubahan tenaga kalor menjadi tenaga mekanik dengan gerak bolak balik piston karena kompresi dan ekspansi.

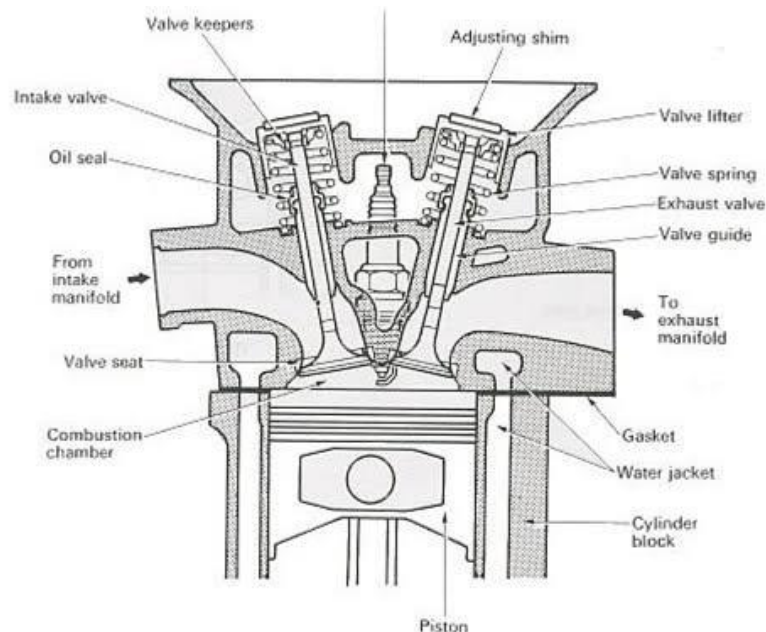
7. Sistem Pembuangan (*Exhaust system*)

Exhaust system adalah sistem perpipaan yang berfungsi mengeluarkan gas buang dari silinder. Sistem ini umumnya terdiri dari *exhaust manifold*, *catalytic converter*, *resonator*, *exhaust pipe*, dan *muffler*.

8. Kepala Silinder (*Cylinder head*)

Cylinder head merupakan penutup ujung bagian atas silinder. Fungsi utama dari *cylinder head* adalah menyediakan ruang di mana campuran bahan bakar dan udara dapat dibakar secara efisien. Hal ini dilakukan dengan menyediakan lubang berbentuk khusus (*combustion chamber*) atau ruang yang posisinya berada di atas setiap silinder. Pada *cylinder head* terdapat busi (pada mesin bensin) atau injector pada mesin diesel.

Cylinder head juga mempunyai beberapa saluran yang disebut ports. Saluran masuk (*intake ports*) adalah saluran yang dilewati campuran bahan bakar dan udara ketika masuk ke ruang bakar. Sedangkan saluran buang (*exhaust ports*) adalah saluran pembuangan gas dari dalam ruang bakar ke sistem pembuangan. Saluran pendingin adalah saluran yang dilalui air pendingin dari radiator. Kepala silinder juga merupakan tempat *valvetrain* atau sistem katup berada.



Gambar 2. 5 Bagian-bagian kepala silinder

Sumber: (Miauwww, 2016)

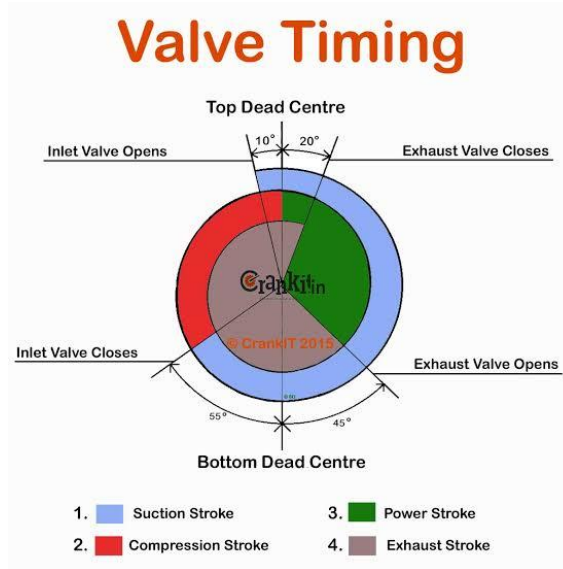
9. Poros Bubungan (*camshaft*)

Camshaft adalah poros putar yang mempunyai sejumlah bubungan (*cam*). Bubungan tersebut disusun sedemikian rupa untuk mengatur pembukaan dan penutupan katup. Poros bubungan juga berfungsi untuk menggerakkan *distributor* dan pompa bahan bakar mekanik.

10. Katup (*Valve*)

Katup merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk mengendalikan aliran udara dan bahan bakar (pada motor bensin) atau udara (pada motor diesel) masuk ke dalam silinder dan mengeluarkan gas sisa pembakaran dari silinder. Secara umum motor menggunakan penggerak katup mekanis yang berisi pegas. Dorongan pegas digunakan untuk membuka dan menutup katup. Diagram proses pembukaan dan penutupan katup yang dilakukan oleh *camshaft* dapat dilihat pada gambar 2.4.

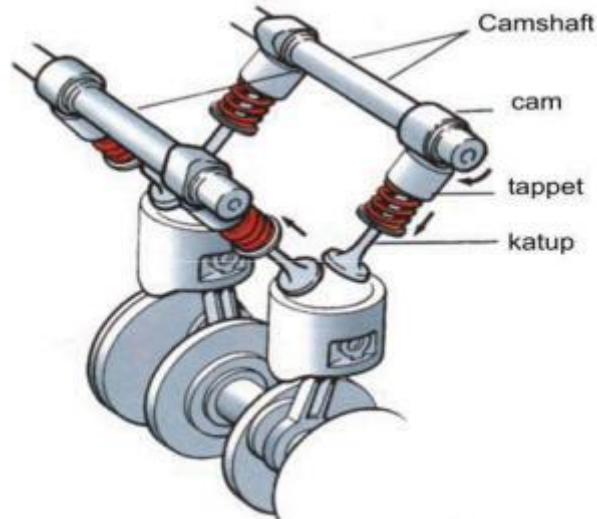
Pada gambar 2.4, diketahui bahwa katup *intake* mulai membuka ketika posisi piston 10 derajat sebelum TMA. Pada posisi tersebut katup buang masih membuka setelah melakukan langkah buang. Katup buang baru menutup sempurna ketika posisi piston 20 derajat sesudah TMA. Pada kondisi tersebut katup *intake* terbuka penuh untuk melakukan langkah *intake*. Katup *intake* menutup pada posisi 55 derajat sesudah TMB. Piston melakukan langkah kompresi dengan kedua katup tertutup. Setelah melakukan langkah kompresi selanjutnya piston melakukan langkah kerja menuju TMB. Katup *intake* dan *exhaust* masih tertutup ketika piston melakukan langkah kerja hingga katup *exhaust* membuka saat piston tepat berada di posisi 45 derajat sebelum TMB. Selanjutnya piston melakukan langkah buang dengan katup *exhaust* terbuka sampai piston mencapai 20 derajat setelah TMA.



Gambar 2. 6 Valve Timing Diagram

Sumber: (Automotriz, 2019)

Overhead cam adalah jenis sistem katup dimana letak *cam* berada diatas katup. Pada gambar 2.9 dapat diketahui bagian-bagian umum dari sebuah sistem katup *overhead cam*. Jenis ini dibagi lagi menjadi *Single Overhead Cam (SOHC)* dan *Double Overhead Cam (DOHC)*. Perbedaan antara katup DOHC dengan SOHC terletak di jumlah poros bubungan atau *camshaft*. Pada sistem DOHC memiliki dua buah *camshaft* yang masing-masing memiliki peran mendorong katup *intake* dan *exhaust*. Sedangkan pada sistem SOHC satu poros bubungan atau *camshaft* digunakan untuk mendorong dua buah *rocker arm* untuk *intake valve* dan *exhaust valve*. Katup jenis *overhead cam* adalah sistem katup yang sering dipakai dan dikembangkan oleh pabrikan kendaraan terutama pada kendaraan keluaran 1990an hingga saat ini.



Gambar 2. 7 Mekanisme katup DOHC

Sumber : (Rohidin, 2016)

11. *Gasket Kepala Silinder*

Gasket kepala silinder terletak di antara kepala silinder dan blok silinder. *Cylinder head gasket* berfungsi untuk mencegah kebocoran gas pembakaran, air pendingin dan pelumas. *Gasket* tersebut harus tahan panas dan tekanan.

12. *Manifold Masukan (Intake Manifold)*

Intake manifold adalah sebuah sistem perpipaan yang berfungsi untuk menyalurkan campuran bahan bakar dan udara (pada motor bensin) atau udara (pada motor diesel) ke dalam silinder. Pada kebanyakan motor bensin, bahan bakar ditambahkan udara yang mengalir di dalam sistem *manifold* masukan, baik oleh sistem injeksi maupun karburator. *Intake manifold* dibaut di masing-masing sisi kepala silinder sehingga pipa tersebut sejajar dengan saluran masuk (*intake port*).

13. *Busi (Spark Plug)*

Busi merupakan perangkat elektrik yang digunakan untuk mengawali pembakaran pada motor bakar dengan penyalaan bunga api.

14. Bak Pelumas (*Oil pan*)

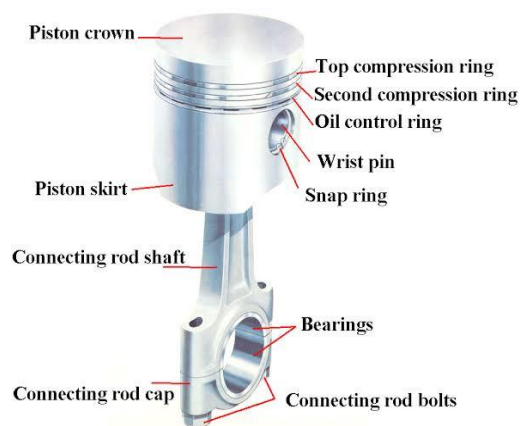
Bak pelumas merupakan sebuah tempat penyimpanan sistem pelumas. Beberapa motor dengan poros bubungan diatas kepala silinder mempunyai bak pelumas sekunder di kepala silinder untuk menyuplai minyak pelumas ke mekanisme katup dan cam.

15. Piston

Piston adalah sebuah massa berbentuk silindris yang bergerak bolak-balik di dalam silinder untuk meneruskan gaya tekanan di dalam ruang bakar yang kemudian memutar sebuah poros engkol. Puncak piston disebut *piston crown* atau kepala piston. Kepala piston memiliki beragam bentuk seperti bentuk rata, *concave*, *domed* atau kombinasi. Desain kepala piston dipilih sesuai dengan bentuk ruang bakar agar tercapai efisiensi maksimum. Bagian-bagian utama piston adalah *piston crown*, *ring piston*, *connecting rod*, *piston pin* dan *bearing*. *Ring piston* memiliki beberapa bagian antara lain *top compression ring*, *second compression ring* dan *oil control ring*.

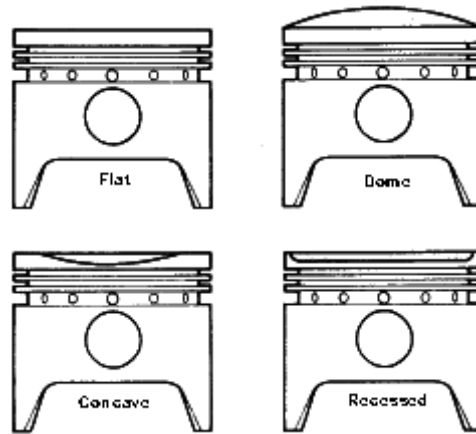
- **Kepala Piston**

Bentuk kepala piston mempengaruhi rasio kompresi pada sebuah mesin. Beberapa jenis kepala piston adalah jenis piston *flat head*, *step head*, *slanted head*, *dome head*, *concave head*, *wedge head*, dan lain sebagainya. Jenis yang umum ditemui adalah kepala piston *dome head* dan *flat head*.



Gambar 2. 8 Bagian dari Piston

Sumber : (Juan, 2011)



Gambar 2. 9 Variasi bentuk kepala piston

Sumber : (e-blogotomotif, 2012)

- ***Pin Piston***

Pin piston adalah sebuah pin yang menghubungkan piston dengan batang penghubung.

- ***Ring Piston***

Pada umumnya piston dilengkapi dengan tiga *ring* yang melingkar di sekelilingnya. *Ring* piston membentuk bidang geser yang melawan dinding silinder. Di dekat puncak piston umumnya terdapat dua ring kompresi. Fungsi dari *ring* ini adalah membentuk perapat antara dinding silinder dan piston, dan untuk membatasi gas tekanan tinggi dalam ruang bakar bocor melewati piston ke dalam *crankcase*. *Ring* ketiga yang terletak di bawah ring kompresi adalah *ring* pelumas yang berfungsi mencegah pelumas pada dinding silinder masuk ke ruang bakar pada saat langkah kompresi.

16. *Water Jacket*

Water Jacket adalah sebuah sistem aliran pendingin yang mengelilingi silinder. Pada umumnya dibangun sebagai bagian dari blok dan kepala silinder. Cairan pendingin mengalir sepanjang *water jacket* dan menjaga dinding silinder agar tidak terlalu panas.

17. Radiator

Radiator adalah sebuah alat penukar panas yang menggunakan konstruksi sarang lebah untuk memindahkan panas dari pendingin mesin ke lingkungan. Radiator umumnya dipasang di depan mesin. Untuk meningkatkan aliran udara sepanjang radiator, sering digunakan suatu motor penggerak atau *electric fan*.



Gambar 2. 10 Radiator pada mobil

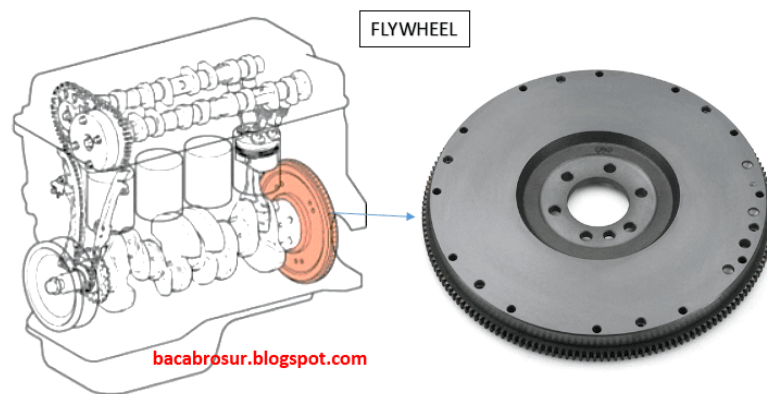
Sumber : (Purnomo, 2020)

18. Water Pump

Water pump merupakan sebuah pompa yang digunakan untuk mensirkulasi pendingin melalui mesin dan *radiator*. Umumnya secara mekanik, *water pump* bekerja berdasarkan putaran mesin. *Water pump* memiliki peran yang vital pada mesin yaitu mencegah panas berlebihan (*overheat*).

19. Roda Gila (*Flywheel*)

Flywheel adalah bagian dari komponen mesin yang menyimpan energi atau tenaga putar. Roda *flywheel* memiliki momen inersia yang besar dan dihubungkan ke poros engkol motor. *Flywheel* juga terhubung dengan kanvas kopling pada *gearbox* untuk meneruskan daya ke transmisi.



Gambar 2. 11 Roda gila (Flywheel)

Sumber: (Ombro, 2013)

20. Sistem Pembuangan (*Exhaust System*)

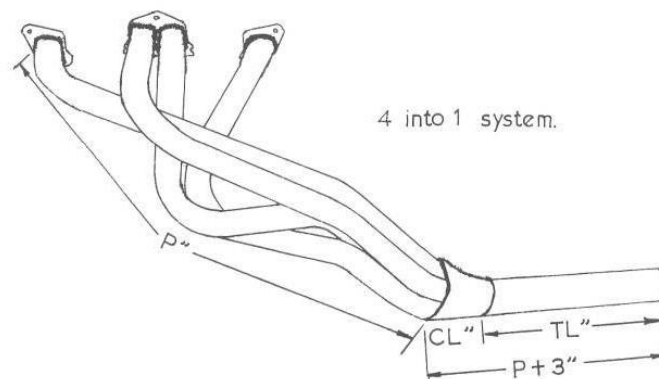
Sistem pembuangan adalah saluran untuk membuang sisa hasil pembakaran pada mesin pembakaran dalam. Sistem pembuangan terdiri dari beberapa komponen, minimal terdiri dari satu pipa pembuangan. Di Indonesia dikenal juga sebagai knalpot yang merupakan kata serapan dari bahasa Belanda yang secara harfiah berarti saringan suara. Desain saluran pembuangan dirancang untuk menyalurkan gas hasil pembakaran mesin ketempat yang aman bagi pengguna mesin. Gas hasil pembakaran umumnya panas, untuk itu saluran pembuangan harus tahan panas dan cepat melepaskan panas. Saluran pembuangan tidak boleh melewati atau berdekatan dengan material yang mudah terbakar atau mudah rusak karena panas. Meskipun tampak sederhana, desain sistem pembuangan cukup berpengaruh terhadap performa mesin. Desain *exhaust* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi performa mesin secara signifikan. Jika desain tidak tepat, maka kinerja mesin akan turun, begitu juga apabila kita ingin memaksimalkan kinerja mesin.

- ***Exhaust Manifold***

Fungsi *exhaust manifold* adalah sebagai saluran gas buang sisa pembakaran dari mesin. Gas buang sisa pembakaran dari tiap silinder akan dialirkan melalui *exhaust manifold* ke *exhaust pipe* dan selanjutnya ke *catalytic converter* kemudian ke *muffler*. *Exhaust manifold* ini disambungkan pada susukan buang pada kepala

silinder memakai sambungan baut dan mur. *Exhaust Manifold* adalah sebuah pipa yang menerima gas buang dari ruang bakar sebelum gas buang terbang ke lingkungan. *Exhaust manifold* terpasang pada silinder *head* dari mesin. Pada mesin in-line pada umumnya hanya memiliki 1 *exhaust manifold*, namun pada konfigurasi mesin V, biasanya memiliki 2 *exhaust manifold*. (Teja, 2016, p. 1)

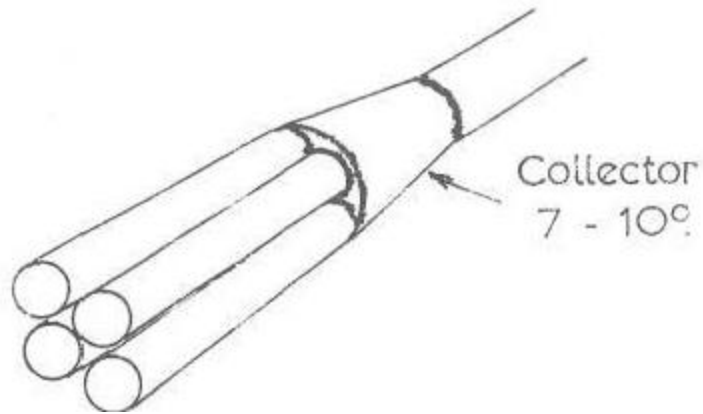
Terdapat 2 jenis konfigurasi *manifold* buang motor 4 silinder sebaris. Empat pipa primer independen digabung pada suatu kolektor konis tanpa menggunakan pipa sekunder dan membentuk keluaran tunggal, yang dikenal dengan konfigurasi *manifold* buang atau *header* empat-satu. *Header* jenis ini mempromosikan daya pada RPM menengah sampai tinggi untuk menghasilkan kecepatan puncak (*top-speed*). Sistem ini memberi daya maksimum terbaik dan umum digunakan untuk mobil pacu. (Kristanto, 2015).



Gambar 2. 12 *Header* 4-1

Sumber : (Bell, 1981, p. 112)

Bagian selanjutnya dari *header* adalah kolektor yang ditunjukkan pada gambar 2.7, dimana pipa primer individu berkumpul secara bersama-sama. Hal utama yang perlu diperhatikan dalam rancangan kolektor adalah kecuraman sudut kolektor untuk mengurangi turbulensi aliran (Kristanto, 2015, p. 112). Menurut Graham Bell kecuraman sudut yang terbaik adalah 7° atau 8° , walaupun pada beberapa motor bekerja paling baik pada sudut yang lebih curam 9° , atau bahkan sampai 10° .



Gambar 2. 13 Collector

Sumber : (Bell, 1981, p. 116)

Namun dalam Desain *exhaust* ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan karakteristik mesin yang sesuai, antara lain: Runner length. Ini ialah faktor yang paling penting, dapat dihitung dengan rumus :

$$L_p = \frac{850 \times ED}{RPM} - 3 \quad (2.1)$$

Dimana :

L_p = Panjang Pipa (inch)

ED = 180+derajat katup buang sebelum TMB

RPM = Putaran Mesin (rpm)

Jika menggunakan *Header* dengan konfigurasi 4-2-1, pipa primer (P_1) harus sepanjang 15 inch, kemudian Panjang pipa sekunder (P_2) dapat dihitung dengan rumus :

$$P_2 = L_p - P_1 \quad (2.2)$$

Runner Volume. *Runner Volume* berhubungan pula dengan diameter pipa *exhaust manifold*, dapat dihitung dengan rumus

$$ID_p = \sqrt{\frac{cc}{(L_p+3) \times 25}} \times 2.1 \quad (2.3)$$

Dimana :

ID_p = Diameter dalam pipa primer (inch)

cc = Volume 1 silinder (cc)

L_p = Panjang Pipa Primer (inch)

$$ID_s = \sqrt{ID_p^2 \times 2}$$

Dimana :

ID_s = Diameter dalam pipa sekunder (inch)

Tailpipe merupakan lanjutan dari kolektor. Diameter *Tailpipe* (ID_3) dapat di hitung dengan rumus :

$$ID_3 = \sqrt{\frac{cc \times 2}{(L_p + 3) \times 25}} \times 25 \quad (2.4)$$

Dimana :

ID_3 = Diameter pipa dalam *tailpipe* (inch)

Cc = Volume 1 silinder (cc)

L_p = Panjang pipa primer (inch)

Untuk panjang pipa *tailpipe* (TL) dapat dihitung dengan rumus :

$$TL = (L_p + 3) - CL \quad (2.5)$$

Dimana :

TL = Panjang *tailpipe* (inch)

CL = Panjang pipa kolektor (inch)

L_p = Panjang pipa primer (inch)

Kolektor : Bagian ini berguna untuk menggabungkan pipa *exhaust* dari masing-masing silinder menjadi bagian pipa yang lebih sedikit. Ketika kolektor di desain

dengan benar, akan menghasilkan *backpressure* yang sesuai dan karakteristik *exhaust* yang sesuai. Menurut Graham Bell kecuraman sudut yang terbaik adalah 7° atau 8°. Untuk menentukan panjang pipa kolektor (CL) dapat dihitung dengan rumus :

$$CL = \frac{ID_2 - ID_3}{2} \times \cot A \quad (2.6)$$

Dimana :

ID₂ = diameter dalam masukan kolektor (inch)

ID₃ = diameter dalam *tailpipe* (inch)

Cot A = kotangen dari sudut kemiringan kolektor

- Kecepatan Gas Buang

Kecepatan gas buang dapat ditentukan dengan menentukan kecepatan putaran torak terlebih dahulu. Kecepatan gas buang dapat dihitung dengan rumus :

$$V_g = \frac{S N}{30000} \left(\frac{D}{d}\right)^2 m/s \quad (2.7)$$

Dimana :

V_g = Kecepatan rata-rata gas (m/s)

S = Panjang Langkah Torak / Stroke (mm)

N = Putaran poros engkol (rpm)

D = Diameter torak (mm)

d = Diameter lubang buang (mm)

Rumusan ini hanya menyediakan indikasi kasar kecepatan gas karena tidak mempertimbangkan langkah katup buang yang selalu bervariasi.

- **Perhitungan *Head Loss***

Head Loss adalah kerugian energi per satuan berat fluida dalam pengaliran cairan dalam perpipaan. *Head loss* perlu dihitung karena pada dasarnya aliran fluida pada sistem perpipaan akan mengalami penurunan tekanan (*pressure drop*). Hal ini dapat disebabkan karena beberapa hal, diantaranya adalah aliran fluida yang

mengalir pada perpipaan akan mengalami gesekan di sepanjang permukaan pipa, dan juga ketika aliran melewati beberapa sambungan pipa, belokan, katup, dan beberapa komponen lainnya yang terpasang pada sistem perpipaan (Juhari Malau, 2012, p. 166)

- **Head Loss Mayor**

Head loss mayor dapat terjadi karena adanya gesekan antara aliran fluida yang mengalir dengan suatu dinding pipa. Pada umumnya kerugian ini dipengaruhi oleh panjang pipa. Untuk dapat menghitung *head loss* mayor, perlu diketahui lebih awal jenis aliran fluida yang mengalir. Jenis aliran tersebut dapat diketahui melalui Reynold number. *Head loss* mayor dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari dua persamaan berikut:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \quad (2.8)$$

Dimana:

h_f = *head loss mayor* (m)

f = faktor gesekan (diperoleh dari diagram Moody)

d = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan udara di knalpot (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Diagram Moody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida di dalam pipa dengan menggunakan faktor gesekan pipa (f) dari rumus Darcy – Weisbach. Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2300, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold, menurut Streeter (1992) dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.9)$$

Sedangkan untuk aliran turbulen nilai faktor gesekan diperoleh dengan menggunakan diagram Moody sebagai fungsi dari angka Reynold (Reynolds

Number) dan kekasaran relative (Relative Roughness nilainya dapat dilihat pada gambar 2.1).

Sedangkan untuk mencari Reynold number, menggunakan rumus

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (2.10)$$

Dimana,

ρ = massa jenis (kg/m^3)

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter pipa (m)

μ = viskositas dinamik (N.s/m^2)

Nilai viskositas dinamik didapatkan dari tabel pada gambar 2.1

TABLE C.1 Physical Properties of Air at Standard Atmospheric Pressure (SI Units)^a

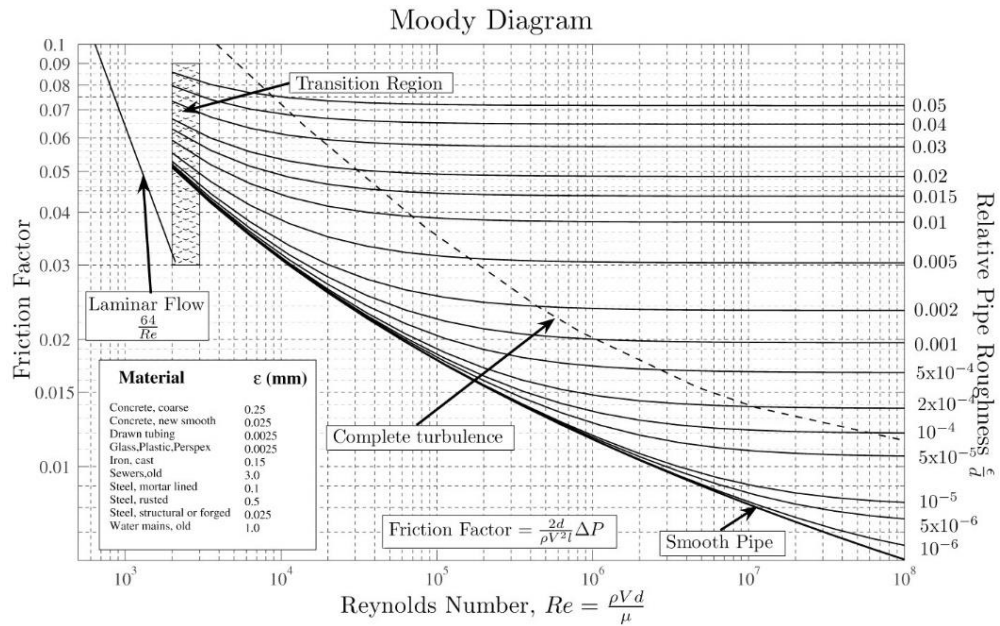
Temperature (°C)	Density, ρ (kg/m ³)	Dynamic viscosity, μ (N·s/m ²)	Kinematic viscosity, ν (m ² /s)	Specific heat ratio, γ
-40	1.514	1.57 E - 5	1.04 E - 5	1.401
-20	1.395	1.63 E - 5	1.17 E - 5	1.401
0	1.292	1.71 E - 5	1.32 E - 5	1.401
5	1.269	1.73 E - 5	1.36 E - 5	1.401
10	1.247	1.76 E - 5	1.41 E - 5	1.401
15	1.225	1.80 E - 5	1.47 E - 5	1.401
20	1.204	1.82 E - 5	1.51 E - 5	1.401
25	1.184	1.85 E - 5	1.56 E - 5	1.401
30	1.165	1.86 E - 5	1.60 E - 5	1.400
40	1.127	1.87 E - 5	1.66 E - 5	1.400
50	1.109	1.95 E - 5	1.76 E - 5	1.400
60	1.060	1.97 E - 5	1.86 E - 5	1.399
70	1.029	2.03 E - 5	1.97 E - 5	1.399
80	0.9996	2.07 E - 5	2.07 E - 5	1.399
90	0.9721	2.14 E - 5	2.20 E - 5	1.398
100	0.9461	2.17 E - 5	2.29 E - 5	1.397
200	0.7461	2.53 E - 5	3.39 E - 5	1.390
300	0.6159	2.98 E - 5	4.84 E - 5	1.379
400	0.5243	3.32 E - 5	6.34 E - 5	1.368
500	0.4565	3.64 E - 5	7.97 E - 5	1.357
1000	0.2772	5.04 E - 5	1.82 E - 4	1.321

^a Based on data from R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York, 1984.

Gambar 2. 14 Tabel Properti Udara

Sumber : (Chegg, 2016)

Setelah mendapatkan nilai *Reynold number*, gunakan moody diagram seperti pada gambar 2.10 untuk mencari nilai *friction factor* berdasarkan *Reynold number* dan *relative pipe roughness* yang juga terdapat pada gambar.



Gambar 2. 15 Diagram Moody

Sumber : (Collins R. , 2008)

- **Head loss Minor**

Head loss minor dapat terjadi karena adanya sambungan pipa seperti katup (*valve*), belokan (*elbow*), saringan (*strainer*), dan sebagainya. *Head loss* minor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{lm} = \Sigma K \frac{v^2}{2 \times g} \text{ (m)} \quad (2.11)$$

Dimana:

n = jumlah komponen *minor losses*

v = kecepatan udara di knalpot (m/s)

K = koefisien *minor losses* (dari table koefisien *minor losses*)

a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded		0.08
*e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	0.26	
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	2.1	
Gate, $\frac{3}{4}$ closed	17	
Swing check, forward flow	2	
Swing check, backward flow	∞	
Ball valve, fully open	0.05	
Ball valve, $\frac{1}{3}$ closed	5.5	
Ball valve, $\frac{2}{3}$ closed	210	

*See Fig. 8.36 for typical valve geometry

Gambar 2. 16 Koefisien *Head Loss* Minor

Sumber : (vanoengineering, 2012)

- **Material Exhaust Manifold**

Exhaust manifold umumnya terbuat dari *cast-iron* atau besi tuang, namun pada mobil yang lebih baru umumnya menggunakan bahan *stainless steel*. Sebenarnya besi cor merupakan material yang cukup baik untuk *exhaust manifold* karena dapat mentoleransi perubahan temperatur yang mendadak hingga temperatur yang sangat tinggi, namun memiliki kelemahan yaitu cepat mengalami korosi di bandingkan dengan material *stainless steel* (Teja, 2016, p. 1). Material lain yang lebih baik ialah *titanium alloy* karena mudah di bentuk, tahan korosi, memiliki berat

yang cukup ringan, tahan oksidasi, dan tahan terhadap temperatur tinggi. Selain itu *titanium alloy* biasanya dapat digunakan untuk semua material pada *exhaust* seperti *catalytic converter*, *muffler*, dan resonator. (Otsuka, 2012, p. 1)

2.3.2 Engine Control Unit (ECU)

Engine Control Unit (ECU) adalah alat kontrol elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan serangkaian aktuator pada mesin pembakaran dalam seperti pengapian (*ignition*) dan injeksi (*injection*). Secara singkat, ECU merupakan otak dari suatu kendaraan. Selain sebagai fungsi kontrol, ECU juga berfungsi sebagai alat sistem keamanan pada suatu kendaraan. Jika ECU mendeteksi sesuatu yang hal yang tidak wajar, maka sensor akan mengirimkan sinyal kepada ECU untuk mematikan seluruh sistem yang ada pada kendaraan tersebut. ECU ini biasa juga disebut dengan istilah ECM (*Engine Control Module*). Dalam meningkatkan kinerja mesin, ECU merupakan pilihan yang efisien karena hanya dengan memainkan variasi dari waktu timing dan campuran udara-bahan bakar akan menghasilkan daya yang optimal dari suatu mesin.

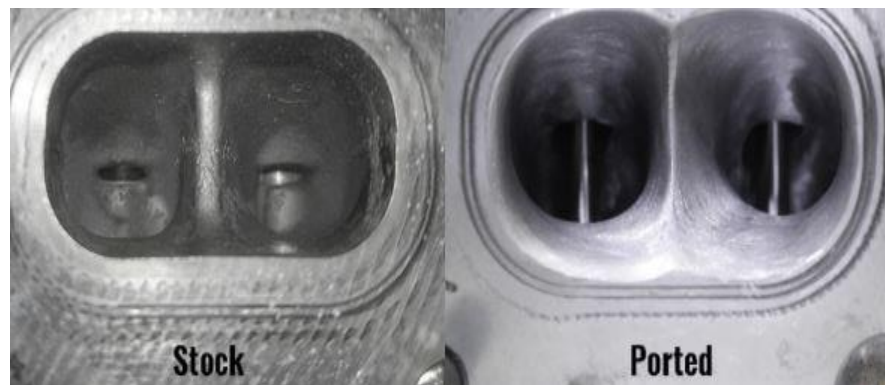
2.4 Porting and Polish

Porting memiliki arti pada pembentukan ulang saluran masuk dan buang agar sesuai dengan tujuan mekanik dalam membangun sebuah mesin. Lantaran mesin merupakan produksi massal, tentu tingkat kepresisian perlu diperbaiki agar kinerja mesin kian optimal. *Porting* bertujuan untuk memperlancar aliran udara masuk dan buang perlu dilakukan. Sebab dengan meningkatnya efisiensi volumetrik sebuah mesin, secara otomatis akan meningkatkan tenaga mesin tersebut.

Porting untuk kebutuhan mesin *drag race* dengan kebutuhan harian sangat berbeda. Pabrikan lebih mengutamakan kebutuhan kendaraan untuk harian, sehingga desain *porting* pabrikan bertujuan pada mengoptimalkan konsumsi BBM agar lebih irit bahan bakar atau menggunakan bensin dengan oktan lebih rendah. Hal ini dilakukan dengan memberikan turbulensi berlebihan di saluran masuk, membuat campuran bensin dengan udara kian homogen sehingga lebih mudah terbakar. Dengan membuat udara berputar, kecepatan aliran gas menjadi semakin

cepat sehingga menghasilkan campuran yang lebih homogen dan mampu menghasilkan tenaga diputar mesin lebih rendah yang lebih sesuai untuk pemakaian harian. Tetapi resiko dari *turbulence* berlebih adalah tenaga puncak akan tereduksi sehingga menjadi tidak efisien.

Sementara *Polish* memiliki arti menghaluskan permukaan. Salah satu prosesnya adalah menghilangkan lapisan kulit jeruk di *intake/exhaust* port. Kebanyakan *polish* hanya dilakukan pada *exhaust* port agar kotoran hasil pembakaran tidak mudah menempel. *Polish* boleh dilakukan pada *intake* port asalkan tidak membuat *intake* port menjadi terlalu halus, sebab akan membuat campuran bensin dan udara menjadi kurang homogen sehingga lebih sulit terbakar.



Gambar 2. 17 Perbandingan *port* standar dan setelah proses *porting and polish*.

Sumber: (Isal, 2019)