2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Kemudi

Sistem kemudi sangat penting di dalam mengendalikan sebuah kendaraan, dimana kendaraan akan bergerak berdasarkan sistem kemudi yang digerakkan oleh sang pengemudi.

Ada beberapa macam sistem kemudi :

1. berdasarkan tenaga yang digunakan

   berdasarkan tenaga yang digunakan sistem kemudi ada dua yaitu:

   1. *Manual steering*
   2. *Power steering*

2. berdasarkan jumlah roda yang bergerak

   berdasarkan jumlah roda yang bergerak ada dua sistem kemudi yaitu :

   1. Kemudi penggerak dua roda
   2. Kemudi penggerak empat roda

2.1.1. Sistem Kemudi Berdasarkan Tenaga Yang Digunakan

Sistem kemudi berdasarkan tenaga yang digunakan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Manual steering

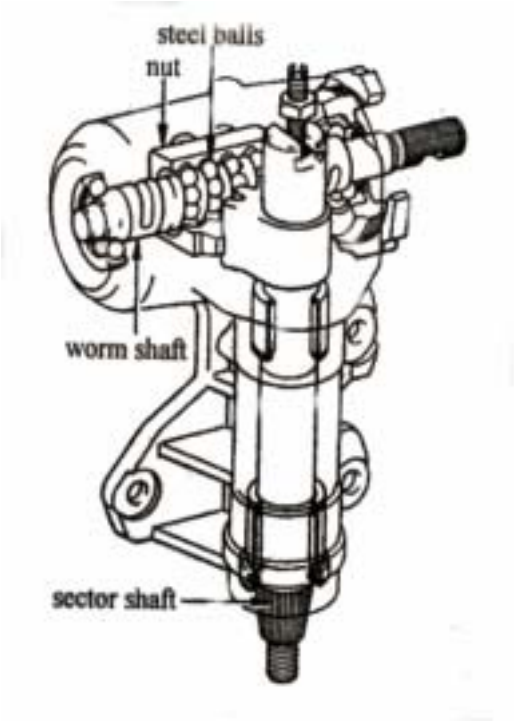
Sistem kemudi ini sering juga disebut konvensional dimana semua tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda dating dari pengemudi yang ditransmisikan melalui sistem kemudi.

Manual steering dibedakan menjadi dua yaitu :

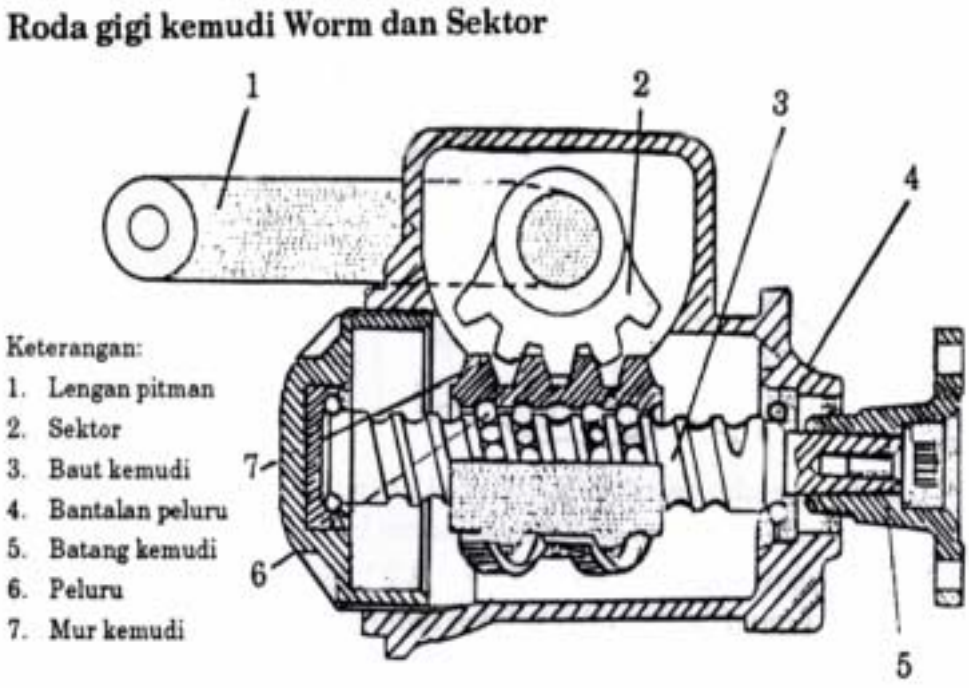
1. *Worm steer* dimana model ini berbentu agak besar dan melebar karena mengingat worm dan sector shaft yang ukurannya agak besar yang menghasilkan daya besar, biasanya steer jenis ini untuk kendaraan besar, atau untuk kendaraan *off road*.

   Sistem kemudi jenis ini digerakkan oleh dua benda yaitu roda gigi berbentuk *worm* dan *sector shaft*.

Gambar 2.1. Roda Gigi Yang Berbentuk *Worm dan Sector Shaft*



Gambar 2.2. *Worm Steer*

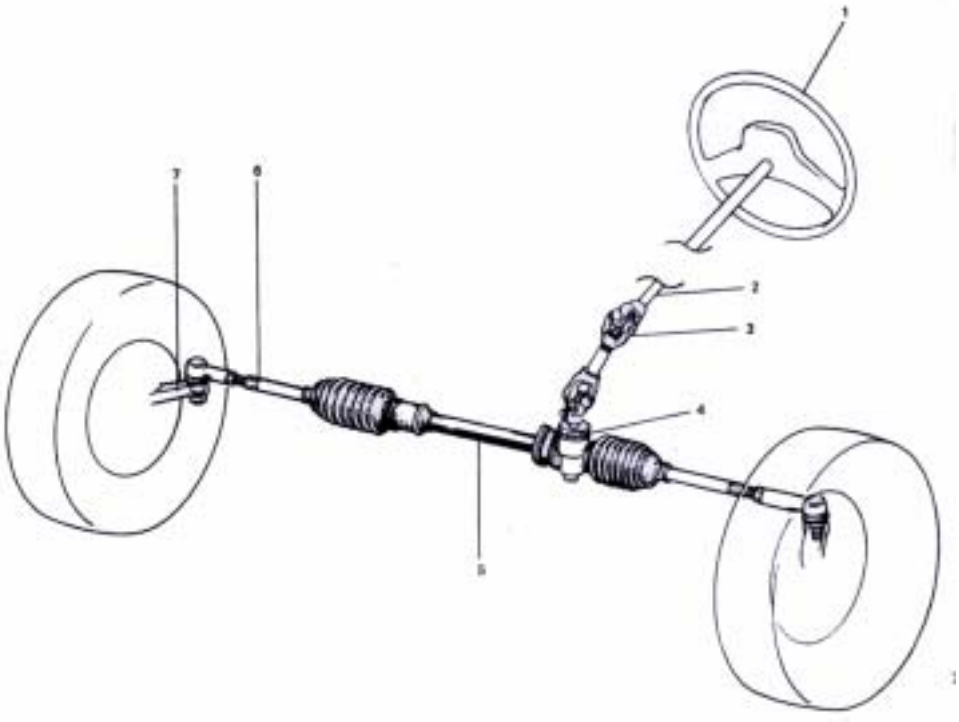


Gambar 2.3. *Worm Steer,* Secara Skematik

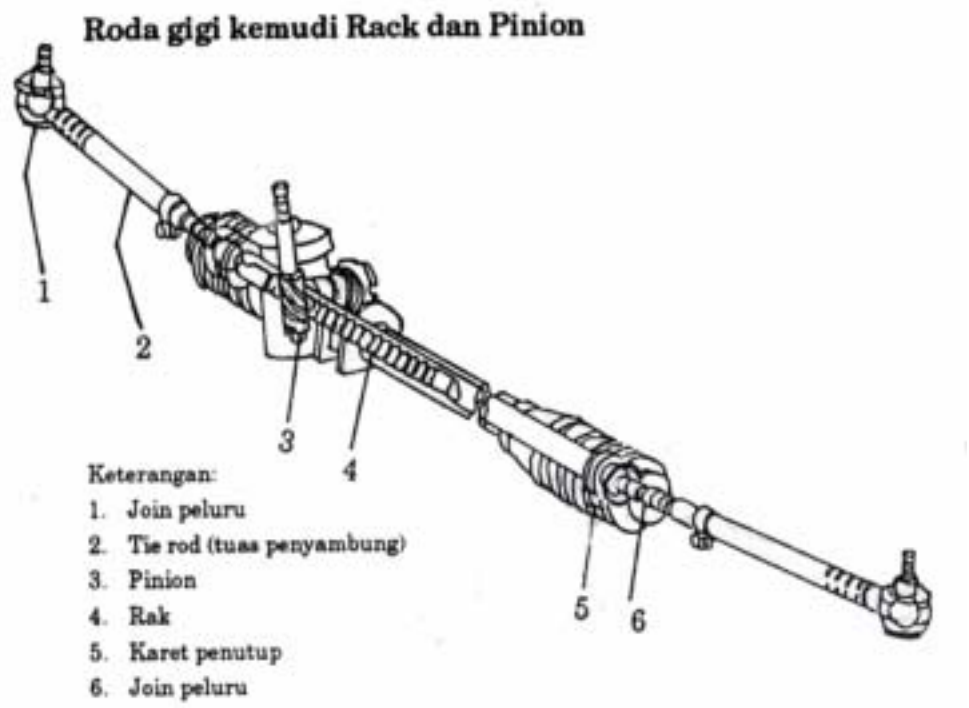
Cara kerja dari *worm steer* yaitu tuas batang kemudi masuk melalui batang kemudi (5) lalu tenaga mengalir melalui baut kemudi (3) dimana baut kemudi berposisi tetap dengan ditahan bantalan puluru (4) dan peluru (6) pada saat baut kemudi berputar maka secara otomatis mur kemudi (7) akan berputar sesuai arah gerak baut kemudi baik itu ke kanan maupun ke kiri, setelah mur kemudi bergerak mur kemudi akan menggerakkan sector ke kanan atau ke kiri sesuai dengan keinginan dari pengemudi, sektor akan menggerakkan lengan *pitman* yang akan bergerak menuju kearah ban yang akan mengarahkan ke kanan atau ke kiri.

2. *Rack and pinion steering* dimana model ini berbentuk kecil dan lebih, ramping dari worm steer,selain itu *rack and pinion* menghasilkan daya yang lebih kecil dibandingkan *worm steer*.

Gambar 2.4. Roda Gigi *Worm (Pinion) dan Rack Steering*



Gambar 2.5. *Rack And Pinion Steering*



Gambar 2.6. *Rack And Pinion Steering,* Skematik

Cara kerja dari *rack and pinion steer* yaitu tenaga dari pengemudi masuk melalui *pinion* (3) yang berupa gigi *worm*, lalu tenaga dialirkan kearah *rack* (4) kalau pinion bergerak ke kanan maka rak akan bergerak ke kanan dan kalau pinion bergerak ke kiri rak bergerak ke kiri, sesudah itu tenaga bergerak mengalir kearah *join* peluru (6) lalu bergerak ke arak *tie rod* (2) dan *join* peluru (1) yang menggerakkan as roda yang langsung menggerakkan roda ke kanan atau ke kiri.

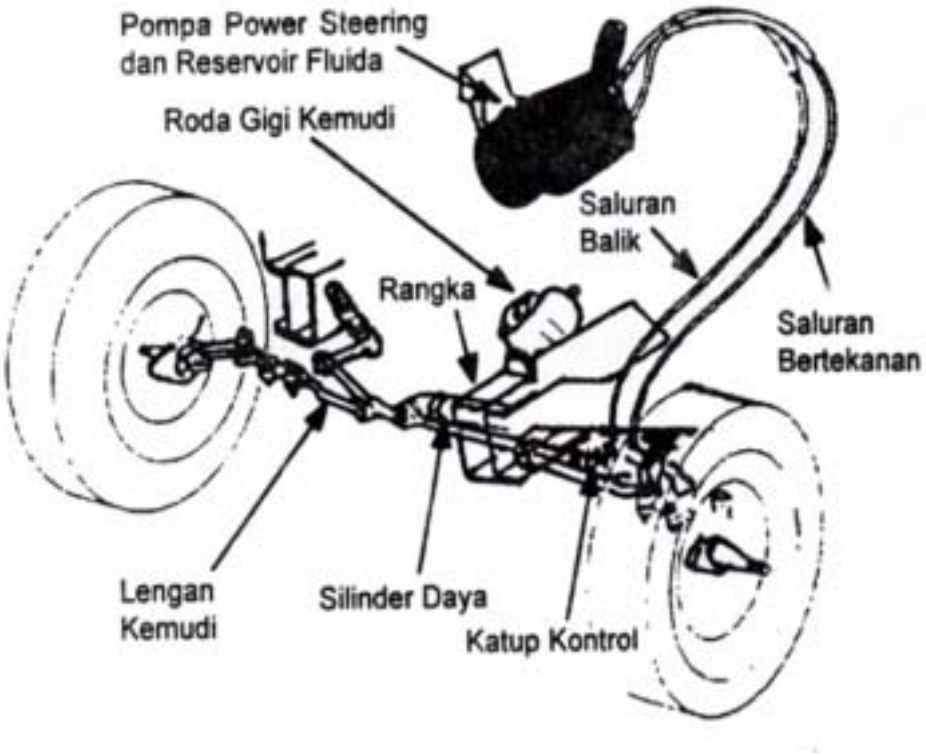
b. Power Steering

Kendaraan yang menggunakan sistem kemudi ini memiliki sistem tenaga untuk membantu pengemudi membelokkan roda kendaraan. Tenaga yang diperlukan dari pengemudi hanya kecil yaitu umumnya hanya untuk memberi signal atau menggerakkan katup pengatur sistem tenaga.

Sebagian besar sistem tenaga dari *power steering* pada kendaraan adalah sistem hidraulik. Sebuah pompa hidraulik mensuply hidraulik bertekanan tinggi jika pengemudi memutar lingkar kemudi.

Fluida bertekanan dari pompa tersebut memberikan semua tenaga yang dibutuhkan untuk membelokkan roda.

Beberapa kendaraan ada yang menggunakan *"electronic power steering"*, sistem ini menggunakan motor listrik untuk membelokkan roda.



Gambar 2.7. *Power Steering*

Komponen utama dari power steering adalah :

1. Pompa *hidraulik*

   Pompa ini digerakkan oleh tenaga dari mesin. Fungsinya untuk menghasilkan fluida bertekanan tinggi yang dapat mencapai 200 psi, jenis pompa biasanya pompa *vane*, pompa gigi dan pompa *roller*.

2. *Hose* dan *fitting*

   Fungsinya untuk menyalurkan fluida dari pompa ke katup control. Dia harus tahan terhadap tekanan tinggi, temperature tinggi, dan fleksibel.

3. Pendingin fluida rem

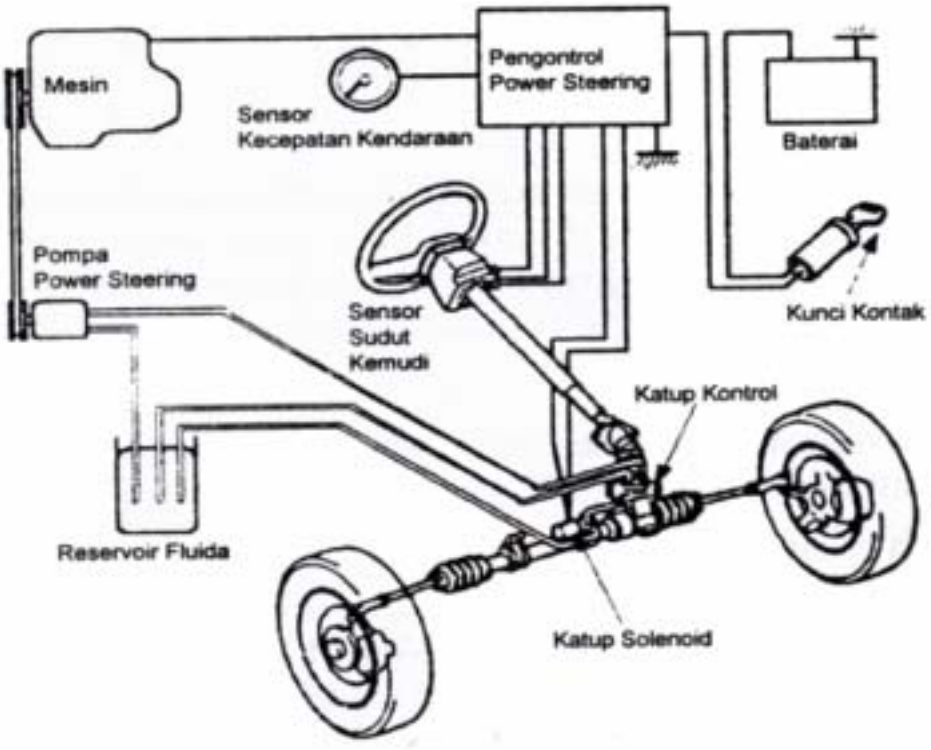
   Beberapa kendaraan mempunyai pendingin fluida khusus untuk fluida rem. Ini dimaksudkan agar temperature fluida rem tidak terlalu tinggi agar tidak merusak sel dan komponen lain

4. Fluida rem

   Fluida rem mempunyai kemampuan untuk tahan terhadap tekanan dan temperature tinggi.

5. Switch tekanan

   Beberapa kendaraan menggunakan switch tekanan untuk memberi signal pada *"Engine Control Module"* (ECM) agar menaikkan putaran mesin ideal pada saat tekanan pompa atau tenaga steer yang dihasilkan tidak mampu menggerakkan roda.



Gambar 2.8. Diagram Kerja *Power Steering*

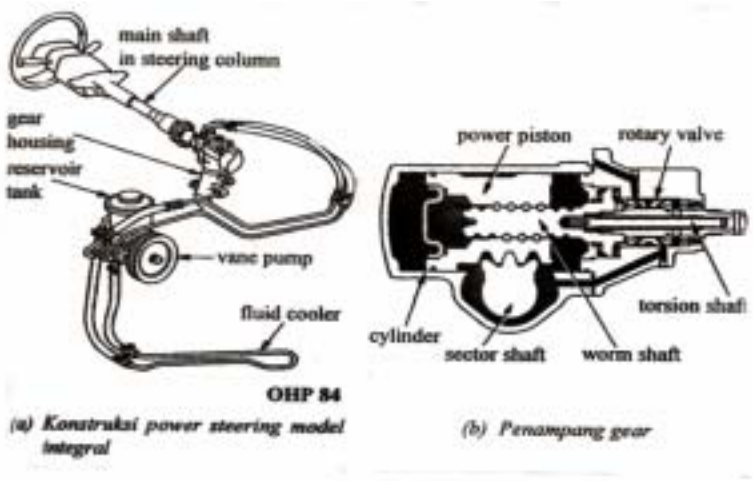
Cara kerja power steering yaitu: setelah kunci kontak menyalakan mobil yang langsung menghubungkan ke baterai mobil (*accu*) lalu secara otomatis akan

menghidupkan pengontrol *power steering* (*ECU*) dimana *ECU* (*Electronic Control Unit*) akan berfungsi pada saat mobil berhenti maupun berjalan pelan sedangkan *ECU* akan berfungsi untuk mematikan *power steering* apabila kendaraan melaju pada kecepatan tinggi berdasarkan sensor kecepatan kendaraan, pully dari mesin akan menggerakkan pully pada pompa power steering, sedangkan untuk memenuhi pelumasan pada power steering maka ditambah tabung yang berisi fluida (tabung oli pada power steering), yang dihubungkan langsung ke steering maupun ke pompa *power steering*. Tenaga dari *power steering* diperoleh dari putaran mesin dari pully yang dihubungkan dengan belt yang ada pada pully pompa power steering, dimana pompa *power steering* inilah yang memberikan tenaga ke steering, yang dikontrol langsung oleh pengontrol *power steering*.

Ada dua model power steering yaitu :

1. *Power steering model integral (worm steer)*

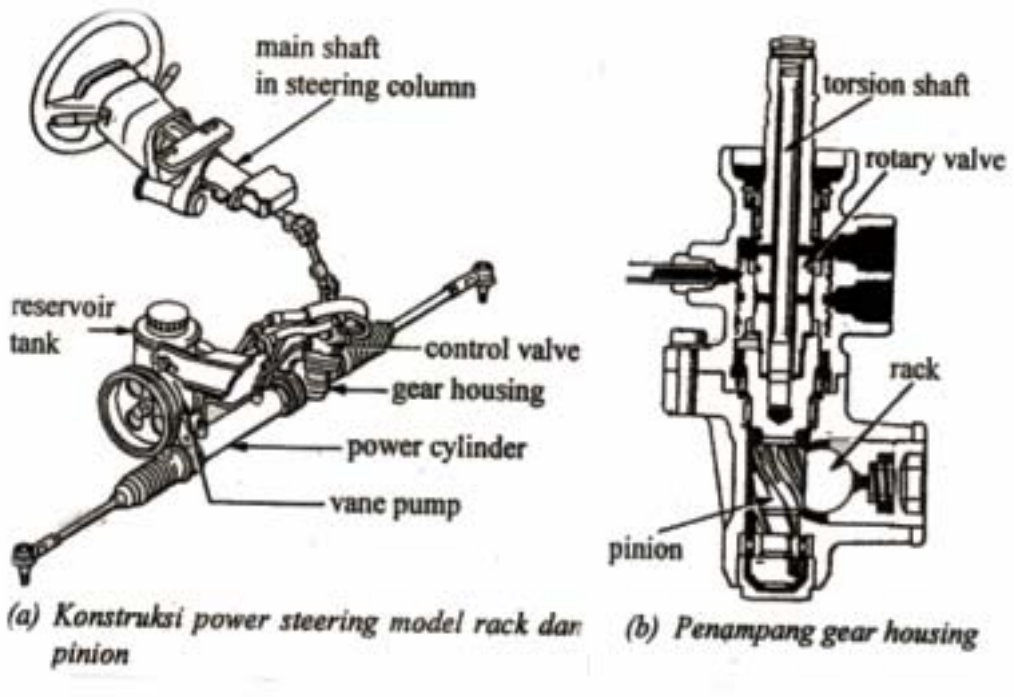
   Power steering jenis ini bagian utamanya terdiri dari tangki reservoir (berisi fluida), *vane pump* yang membangkitkan tenaga hidraulis, *gear box* yang berisi *control valve*, *power piston*, dan steering gear (jenis *recirculating ball*), pipa-pipa yang mengalirkan fluida dan selang-selang fleksibel.



Gambar 2.9. *Power Steering Model Integral*

2. *Power steering model rack and pinion*

   Power steering ini mekanismenya sama dengan model integral, tetapi *control valve*-nya termasuk di dalam *gear housing* dan power pistonnya terpisah di dalam power cylinder.



Gambar 2.10. *Power Steering Model Rack And Pinion*

2.1.2. Sistem Kemudi Berdasarkan Jumlah Roda Yang Bergerak

Sistem kemudi berdasarkan jumlah roda yang bergerak pada saat berputar dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

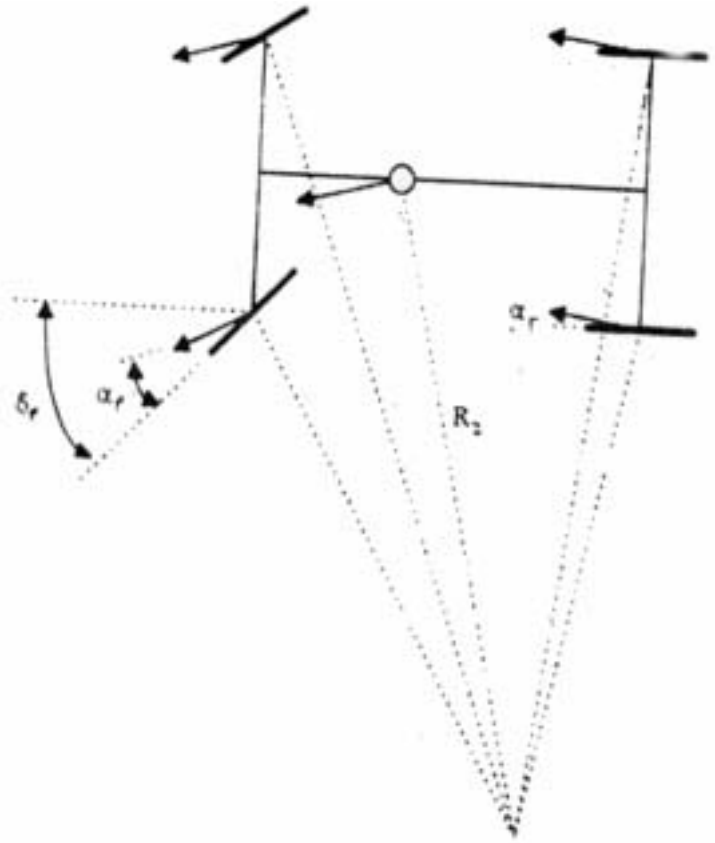
1. Sistem kemudi 2 roda.

   Sistem kemudi 2 roda yaitu sistem kemudi yang hanya menggunakan belokan 2 roda (roda depan) untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan.

   Hampir semua kendaraan roda empat untuk saat ini menggunakan sistem kemudi 2 roda yaitu sistem kemudi yang hanya menggunakan 2 roda depan sebagai roda pengendali arah.

   Kendaraan dengan sistem kemudi 2 roda pada saat belok bisa terjadi kondisi *understeer* atau *oversteer*. Umumnya pada kecepatan tinggi atau kondisi operasional kendaraan kurang bagus sering terjadi kondisi yang membingungkan pengemudi karena kendaraan tak terkendali sehingga mengakibatkan kecelakaan. Permasalahan yang sering terjadi jika berbelok pada kecepatan tinggi adalah roda belakang skid ke sampaing sehingga terjadi gerakan yang terlalu besar sehingga pengemudi tidak mampu mengendalikan

kendaraannya. Pada kondisi tersebut pengendalian kendaraan oleh pengemudi dengan menggunakan belokan roda depan saja sudah tidak mampu lagi menstabilkan kendaraan.



Gambar 2.11. Diagram Kemudi Penggerak 2 Roda

Dimana : α_r : sudut slip roda belakang

α_f : sudut slip roda depan

δ_f : sudut belok roda depan dari arah normal

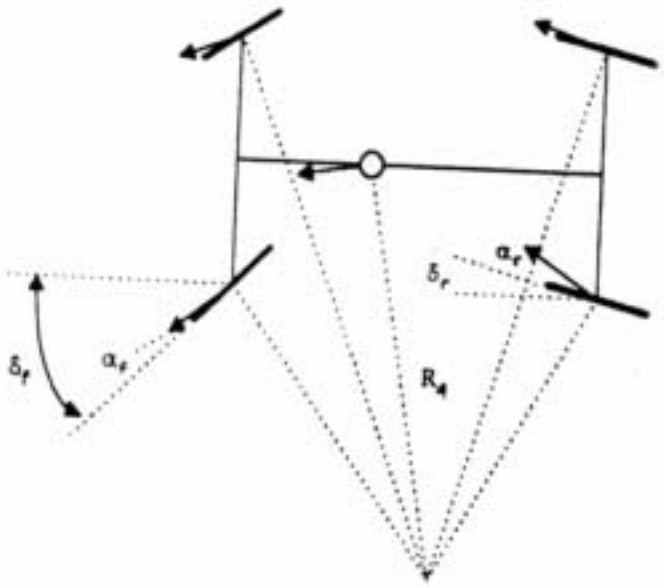
R_2 : radius putar kendaraan

2. Sistem kemudi 4 roda

Sistem kemudi 4 roda yaitu sistem kemudi yang menggunakan belokan keempat roda untuk mengendalikan arah gerakan. Belokan roda depan

berfungsi sebagai pemberi arah sedangkan belokan roda belakang berfungsi sebagai pengendali atau penyetabil arah dari gerakan kendaraan.

Sistem kemudi 4 roda ini menggunakan belokan roda belakang untuk menstabilkan arah gerak kendaraan serta memperkecil kemungkinan terjadi kehilangan kendali pada kendaraan.



Gambar 2.12. Diagram Kemudi Penggerak 4 Roda

Dimana : α_r : sudut slip roda belakang

α_f : sudut slip roda depan

δ_r : sudut belok roda belakang dari arah normal

δ_f : sudut belok roda depan dari arah normal

R_2 : radius putar kendaraan

2.2. Perilaku Belok Kendaraan.

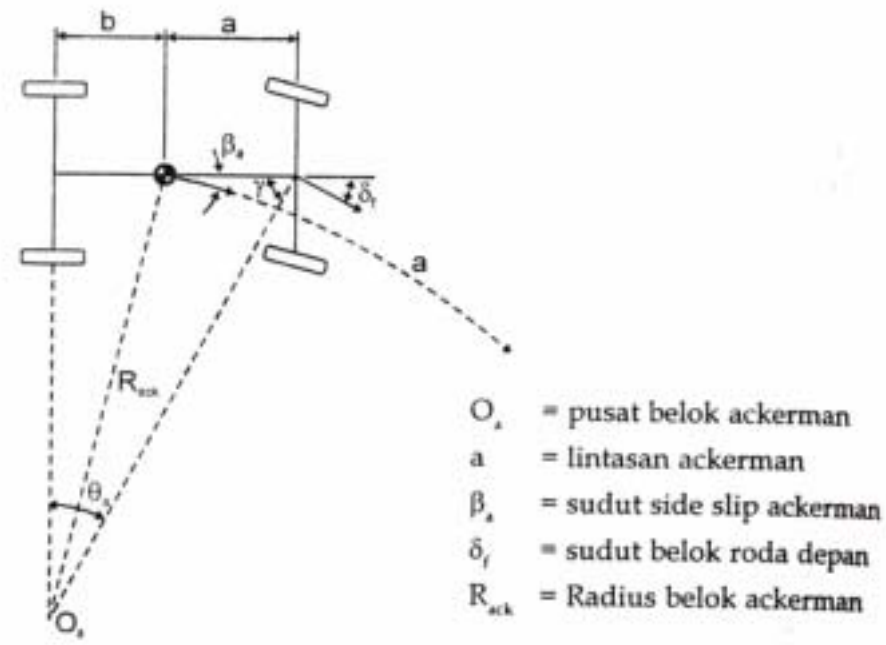
Di dalam mengemudi sangat dipengaruhi oleh perilaku belok kendaraan, karena perilaku belok kendaraan sangat mempengaruhi stabilitas di dalam mengemudi.

2.2.1. Jenis Perilaku Belok Kendaraan

Gerakan belok adalah gerakan paling kritis karena gerakan tersebut dapat menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. pada gerakan belok dengan adanya gaya sentrifugal pada kendaraan akan dapat menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut slip pada ban.Besarnya pengaruh sudut slip ban menentukan kualitas dari stabilitas arah kendaraan. Umunya makin besar pengaruh sudut slip maka makin terganggu stabilitas kendaraan.

Perilaku gerakan belok kendaraan akan dilihat pada kondisi dimana sudut slip ban dianggap tidak ada dan juga kondisi dimana pengaruh sudut slip pada ban cukup dominan. Dengan melihat kondisi tersebut maka jenis perilaku gerakan belok kendaraan dapat dibedakan :

2.2.1.1. Perilaku Ackerman



Gambar 2.13. Perilaku Belok *Ackerman*

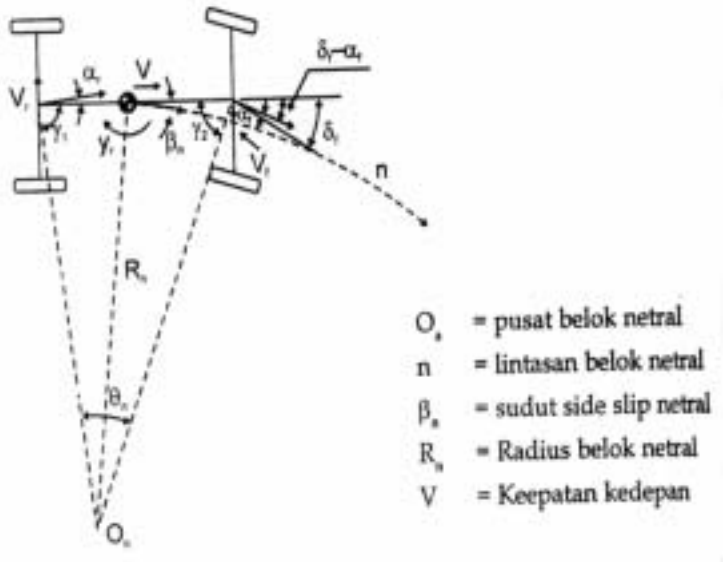
Perilaku belok *ackerman* disebut juga periaku belok ideal dimana sudut slip pada ban dianggap tidak ada, walaupun pada kenyataannya hal itu tidak mungkin, karena untuk tidak membentuk sudut slip maka radius belok harus besar atau berputar pada kecepatan yang sangat rendah. Perilaku *ackerman* ini

menunjukkan bahwa arah belok kendaraan hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan yang diberikan oleh pengemudi. Pada kondisi belok ini kendaraan sangat mudah dikendalikan oleh pengemudi atau stabilitas kendaraan tidak terganggu.

2.2.1.2. Perilaku Netral

Pada kenyataan kendaraan belok selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untuk menimbulkan sudut selip pada setiap ban. Jika rata-rata sudut slip roda depan (α_f) sama dengan rata-rata sudut slip roda belakang (α_r) maka kondisi dinamakan kondisi kendaraan dengan perilaku belok netral. Pada kondisi ini besar radius belok kendaraan (R_n) hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan, namun lintasan kendaraan dipengaruhi oleh sudut belok roda depan dan sudut slip roda depan (α_f) serta belakang (α_r).

Radius putar pada perilaku ackerman dan radius putar pada perilaku netral memiliki besar yang sama.

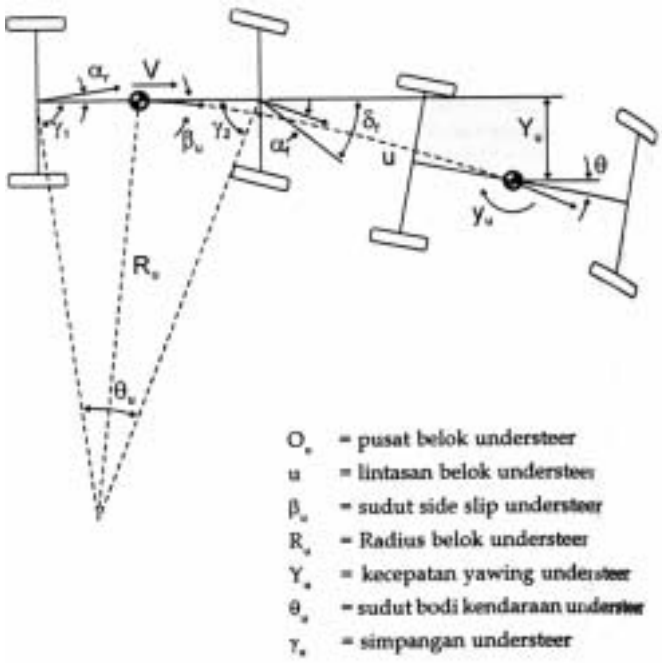


Gambar 2.14. Perilaku Belok Normal

2.2.1.3. Perilaku *Understeer*

Perilaku *understeer* adalah seperti perilaku belok *netral*, yaitu memperhitungkan pengarah dari sudut slip rata-rata roda depan (α_f) dan belakang (α_r). Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang (α_r) lebih kecil dari sudut slip roda depan (α_f). Kendaraan *understeer* adalah kendaraan yang sulit untuk berbelok sehingga umumnya ia memerlukan sudut belok (δ_f) yang lebih besar untuk belokan tertentu.

Kendaraan dengan perilaku *understeer* memiliki radius belok yang lebih besar dibandingkan radius belok kendaraan dengan perilaku *netral*. Kendaraan dengan perilaku *understeer* memiliki sudut slip roda depan (α_f) lebih besar dari sudut slip roda belakang (α_r)



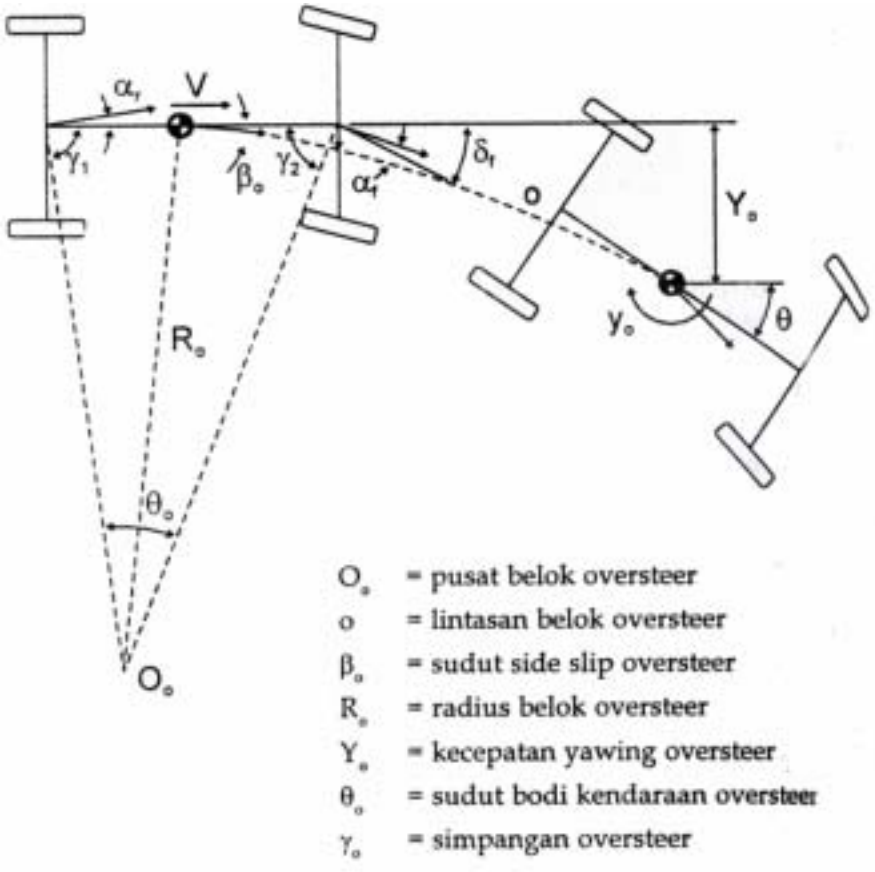
Gambar 2.15. Perilaku Belok Understeer

2.2.1.4. Perilaku *Oversteer*

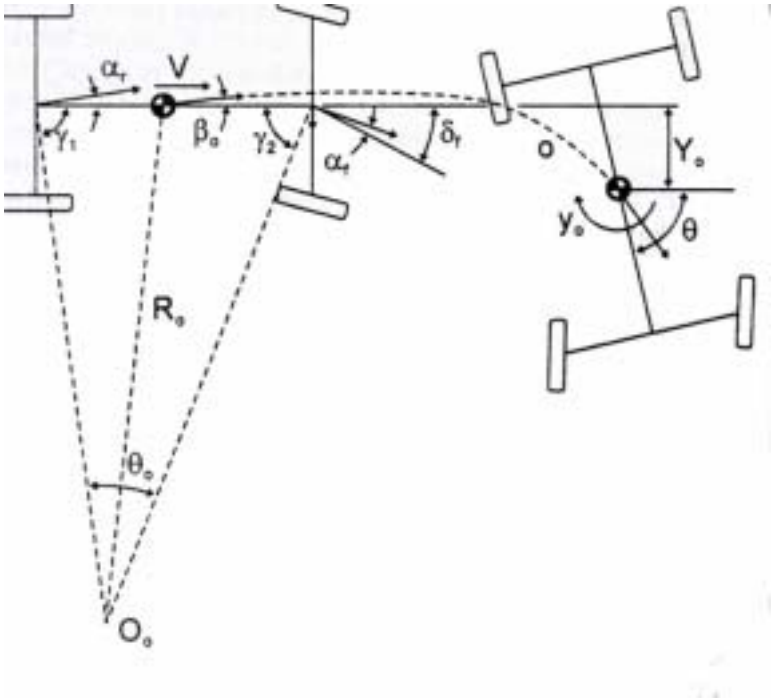
Sama dengan perilaku *understeer*, perilaku *oversteer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan roda belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan pada kendaraan yang mempunyai perilaku *oversteer* pengaruh sudut slip mengakibatkan kendaraan sangat *responsive* pada waktu belok, atau ia dapat berbelok lebih besar dari yang diharapkan.

Pada kendaraan *oversteer* sudut slip roda belakang (α_r) lebih besar dari sudut slip roda depan (α_f), sedangkan radius putar kendaraan *oversteer* lebih kecil dibandingkan dengan sudut belok kendaraan normal dan radius belok kendaraan *understeer*.

Untuk kendaraan yang memiliki pengaruh sedikit *oversteer* masih dapat dikendalikan oleh pengemudi terampil atau pembalap tapi kendaraan yang terlalu *oversteer* sangat susah untuk dikendalikan dan sering disebut *"lost of contol"* dimana pengemudi akan sulit untuk mengendalikan kendaraan, atau biasa desebut dengan perilaku yang membingungkan, hal ini umumnya diakibatkan oleh karena sudut slip roda belakang (α_r) jauh lebih besar dibandingkan sudut slip roda depan (α_f).



Gambar 2.16. Perilaku Belok *Oversteer*



Gambar 2.17. Perilaku Kendaraan Membingungkan

2.2.2. Pengaruh-Pengaruh Pada Arah Gerak Kendaraan Saat Belok

Ada beberapa factor yang mempengaruhi terhadap arah gerak kendaraan pada saat membelok, yaitu :

1. Pengaruh Muatan Pada Kendaraan

   Gerakan kendaraan belok dengan muatan ringan dan muatan berat, pengaruh muatan dapat dijelaskan sebagai berikut :

   1. Secara umum kemampuan belok kendaraan akan menurun dengan bertambahnya muatan.
   2. Pada gerakan belok, sudut bodi kendaraan akan bertambah besar dengan bertambahnya muatan.
   3. Pada gerakan belok, sudut simpangan kendaraan akan tambah besar dengan bertambahnya muatan.
   4. Pada gerakan belok, kemungkinan *lose of control* baik karena understeer maupun karena situasi confusing lebih tinggi untuk beban kendaraan yang lebih tinggi.

2. Pengaruh Distribusi Muatan Pada Kendaraan

Pengaruh Distribusi muatan terhadap arah belok kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Secara umum untuk kendaraan roda empat engan gaya dukung ban sama, kondisi yang baik adalah bila roda depan dan belakang menerima beban yang sama.
2. Untuk beban yang terlalu ke depan atau ke belakang, yang menyebabkan beban ban tidak seimbang, maka kemampuan belok dari kendaraan akan berkurang drastis.
3. Untuk beban yang terlalu banyak di depan, kendaraan akan sulit dibelokkan atau akan membuat kendaraan menjadi understeer.
4. Untuk beban yang terlalu banyak di belakang, kendaraan menjadi *oversteer* atau akan memberi respon yang membingungkan pengendara sehingga sulit untuk diarahkan.
5. Kemungkinan *loss of control* karena pengendara bingung akan tinggi jika beban di belakang terlalu berat dibandingkan di depan
6. Kemungkinan *loss of control* karena pengendara tidak bias membelokkan kendaraannya akan tinggi jika beban di depan terlalu berat.

3. Pengaruh Kecepatan

Pengaruh kecepatan terhadap arah belok kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Umumnya makin tinggi kecepatan makin sulit kendaraan dikendalikan
2. Makin tinggi kecepatan, kendaraan akan lebih gampang *skid* pada saat belok.
3. Makin tinggi kecepatan, pada waktu belok kendaraan akan mempunyai sudut badan dan sudut samping yang lebih besar.
4. Kemungkinan *loss of control* karena pengendara bingung dengan respon kendaraan makin tnggi untuk kecepatan yang lebih tinggi.

4. Pengaruh Tekanan Ban

Pengaruh tekanan Ban terhadap arah belok kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Makin rendah tekanan ban di depan, kendaraan makin sulit untuk dibelokkan
2. Makin rendah tekanan ban di belakang, makin membingungkan respons dari kendaraan tersebut, sehingga kemungkinan *loss of control* makin tinggi.

Tinggi rendahnya tekanan ban harus disesuaikan dengan beban yang didukungnya.

5. Pengaruh Konstruksi Ban

Kendaraan denganban biasa mempunyai kemampuan belok yang lebih rendah dibaning jika memakai ban radial

6. Pengaruh Keausan Ban

Pengaruh keausan ban terhadap arah belok kendaraan jia kendaraan berjalan di jalan yang kering :

1. Tidak banyak berbeda respon kendaraan dengan ban baru dan aus.
2. Pada kecepatan tinggi respon kendaraan dengan ban aus sedikit lebih membingungkan
3. Lebih baik menggunakan ban aus di depan untuk menghindari *understeer*

Pengaruh keausan ban terhadap arah belok kendaraan jia kendaraan berjalan di jalan yang basah :

1. Secara umum kendaraan yang memakai ban aus jauh lebih berbahaya jika dibandingkan jika memakai ban baru.
2. Jika ban depan aus maka kendaraan menjadi sangat sulit dibelokkan, sehingga sangat tinggi kemungkinan kendaraan *loss of control* karena sangat sulit dibelokkan.

3. Jika ban belakang aus, pada saat belok kendaraan akan memberikan respon yang sangat membingungkan pengendara, hingga akan besar kemungkinan terjadinya *loss of control*.

7. Pengaruh Meledaknya Salah Satu Ban

Pada waktu belok ban pada sisi luar akan menerima gaya yang lebih besar, sehingga paling mungkin untuk meledak, pengaruh belok kendaraan akibat salah satu bannya meledak yaitu :

1. Jika roda depan di sebelah luar meledak, maka kendaraan akan sulit atau tidak bias dibelokkan. Kemungkinan *loss of control* tinggi.
2. Jika roda belakang di sebelah luar meledak, maka kendaraan akan memutar atau memberi respon yang sangat membingungkan, kemungkinan *loss of control* sangat tinggi.

8. Pengaruh Koefisien Gesek Dari Ban

Pengaruh koefisien gesek ban dan jalan terhadap perilaku belok kendaraan yaitu : umumnya makin tinggi gesekan ban akan makin gampang kendaraan membelok, dan makin kecil kemungkinan kendaraan skidding (meleset ke samping)

9. Pengaruh Tinggi Titik Berat

Tinggi titik berat kendaraan dipengaruhi oleh beban kendaraan, dan pengaruh tinggi titik berat kendaraan terhadap perilaku belok kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Makin tinggi titik belok kendaraan, makin sulit kendaraan membelok
2. Makin tinggi titik berat kendaraan, makin sulit kendaraan tersebut dikontrol
3. Makin tinggi titik berat kendaraan, makin tinggi kemungkinan pengendara menjadi bingung pada waktu kendaraan membelok.

10. Pengaruh Lengkungan Permukaan Jalan (*Crown*)

Crown adalah lengkungan permukaan jalan untuk tidak terjadinya genangan air di permukaan jalan, adapun pengaruh *crown* terhadap perilaku arah belok kendaraan :

1. Umumnya makin tinggi *crown* jalan, kendaraan akan makin sulit untuk dikontrol.
2. Makin tinggi *crown*, makin tinggi kemungkinan kendaraan loss of control waktu mendahului kendaraan yang lain.

11. Pengaruh Terjadinya *Dynamic Hydroplaning*

Dynamic hydroplaning terjadi pada saat jalanan tergenang oleh air, adapun pengaruh *dynamic hydroplaning* terhadap arah belok kendaraan yaitu :

1. Kalau *dynamic hydroplaning* terjadi maka kendaraan akan sangat sulit dikendalikan walaupun ban sudah membelok tapi kendaraan tetap tidak mau membelok.
2. *Lost of control* akan sulit untuk dihindari kalau terjadi dynamic hydroplaning, karena kalau terjadi *dynamic hydroplaning* alat control berupa kemudi dan rem tidak dapat berfungsi secara efektif.

2.3. Sistem Penggerak

Ada beberapa macam bentuk mesin penggerak yang menghasilkan daya, berikut ini adalah yang biasa digunakan pada waktu ini :

1. Motor Pembakaran Luar
2. Motor Pembakaran Dalam
3. Motor Listrik

2.3.1. Motor Pembakaran Luar

Pada motor pembakaran luar, bahan bakar dibakar di ruang pembakaran tersendiri dengan ketel untuk menghasilkan uap, jadi mesinnya tidak digerakkan oleh gas yang terbakar tetapi oleh uap air. Untuk membuat uap air maka bahan bakar yang dipergunakan dapat batubara atau kayu dan pembakarannya terus

menerus . lagipula uap tidak langsung dipanasi oleh nyala api, tetapi dengan perantaraan dinding ruang pembakaran, maka dari tiu tidak mungkin memanasi uap sampai suhu yang tinggi.

Secara singkat mesin uap dan turbin memiliki karakter yang hanya dapat dipergunakan sebagai penggerak mula ukuran besar misalnya lokomotip, kapal, dan *power plant* dan tidak baik dipergunakan sebagai penggerak generator serbaguna, sepeda motor dan kendaraan (mobil)

2.3.2. Motor Pembakaran Dalam

Motor pembakaran dalam energi atau tenaga geraknya diperoleh dari proses pembakaran di dalam ruang bakar, proses pembakaran bahan bakar untuk tenaga penggerak dilakukan di dalam silinder.

Proses pembakaran bahan bakar dipakai untuk tenaga pendorong piston atau torak, akibat dari gerakan piston pada proses pembakaran, piston akan menggerakkan kruck as, dan kruk as menggerakkan rangkaian roda gigi yang dihubungkan dengan roda, pada umumnya : motor bakar menggunakan sistem pembakaran di dalam silinder, karena konstruksi dan perencanaan mesin jadi lebih kecil dan sederhana, di samping itu pemakaian bahan bakar jadi lebih irit dan efisien.

Keuntungan dari motor pembakaran dalam yaitu :

a. Ringan, ukuran kecil, daya besar sangat praktis untuk kendaraan
b. Dapat dioperasikan di mana saja asal ada udara dan bahan bakar. Dengan demikian luas sekali daerah operasinya
c. *Efisiensi thermis* yang tinggi menyebabkan dapat menghasilkan usaha yang cukup besar dengan jumlah bahan bakar yang relative sedikit

Kekurangan dari motor pembakaran dalam yaitu :

a. Pembukaan dan penutupan katup, pemasukan udara, pembuangan sisa gas pembakaran dan letupan yang berulang pada tiap siklus menimbulkan kegaduhan dan getaran
b. Mengoperasikan di ruang tertutup untuk waktu yang cukup lama tidak memungkinkan lagi pula polusinya bertambah dengan cepatnya

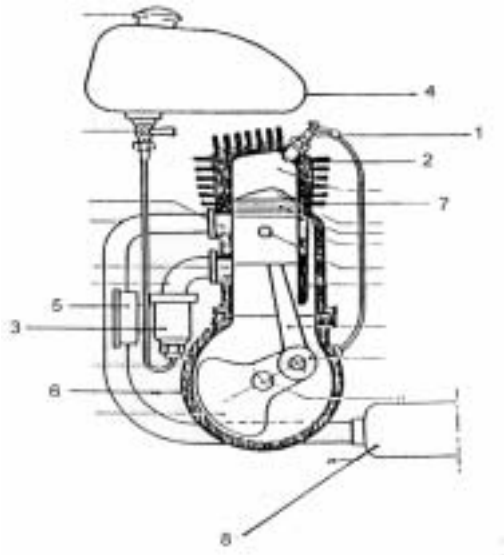
c. Macam bahan bakarnya terbatas, karena batubara maupun kayu tidak dapat dipergunakan, karena akan menimbulkan abu

Berdasarkan bahan bakarnya motor bakar pembakaran dalam dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Motor Bensin

Motor bensin adalah suatu motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin sebagai bahan untuk menghasilkan tenaga pada proses pembakaran.

Motor bensin dilengkapi dengan busi dan karburator, dimana busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar, sedangkan karburator adalah tempat pencampuran bahan bakar dengan udara, pencampuran tersebut terjadi karena bahan bakar terhisap masuk atau disemprotkan ke dalam arus udara segar yang masuk ke dalam karburator. Campuran bahan bakar dan udara segar yang terjadi itu sangat mudah terbakar. Campuran tersebut kemudian masuk ke dalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan api listrik dari busi, menjelang akhir kompresi. Pembakaran bahan bakar-udara ini yang menyebabkan mesin menghasilkan daya.



Gambar 2.18. Mesin Bensin, Skematik

Keterangan Gambar :

1. Pengapian
2. Silinder
3. *Karburator*

4. Tangki bahan bakar
5. Filter udara
6. *Carter* (bak mesin)
7. Pendingin
8. Knalpot

Cara kerja dari mesin bensin :

Terjadi proses pengapian (1) yang berfungsi untuk menimbulkan percikan bunga api listrik tegangan tinggi pada busi, di dalam silinder guna membakar gas (campuran udara dan bahan bakar) dari dalam karburator.

Silinder (2) berfungsi untuk melakukan proses pembakaran gas, untuk mendapatkan tenaga guna menjalankan motor, pembekuan gas pada silinder menggunakan percikan bunga api listrik dari busi.

Karburator (3) berfungsi untuk mencampur udara dan bensin, membuat perbandingan campuran udara dan bensin, mengabutkan campuran udara dan bensin dalam bentuk gas agar mudah terbakar, gas dari karburator dihisap piston masuk ke dalam silinder untuk dibakar.

Sistem *karburator* kadang kala digantikan oleh *EFI* (*Electronic Fuel Injection*) dimana fungsinya sama dengan karburator tapi *EFI* menggunakan sistem elektronik untuk mengatur pencampuran bahan bakar maupun untuk mengatur tingkat keiritan bahan bakar juga diatur secara elektronik sedangkan pada sistem carburator diatur secara manual.

Tangki bahan bakar (4) berfungsi untuk menampung bahan bakar motor.

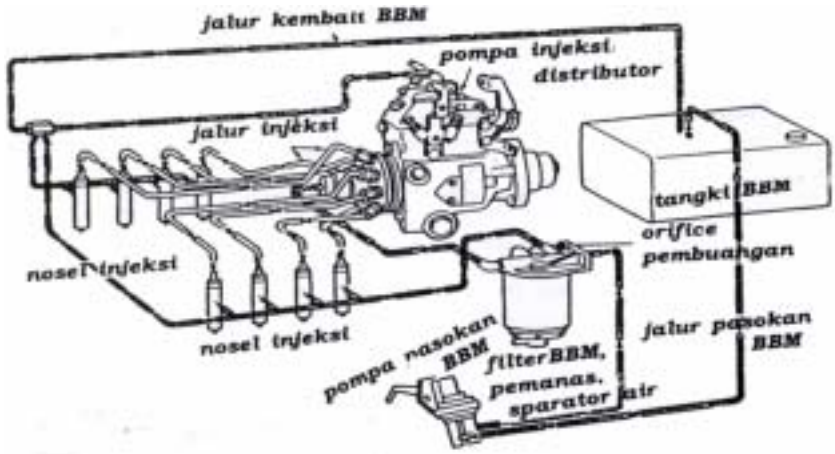
Filter udara (5) berfungsi untuk menyaring udara (oksigen) yang akan dicampur denganbensin pada karburator.

C*arter* / bak mesin (6) berfungsi untuk meneruskan tenaga dari proses pembakaran ke rangkaian roda gigi di dalam carter, gerak piston yang lurus diteruskan dan diubah menjadi gerak putar pada cruck as, gerakan ini diteruskan ke roda motor dengan penghubung rantai.

Pendingin (7) berfungsi untuk mendinginkan silinder, sehingga proses pembakaran gas untuk memperoleh tenaga dapat berjalan terus menerus, karena pada silinder merupakan tempat terjadinya pembakaran gas maka timbul panas.

Knalpot (8) berfungsi untuk membuang sisa gas bakar dan meredam suara akibat pembakaran gas di dalam silinder.

2. Motor Diesel



Gambar 2.19. Mesin Diesel, Sistem Pemasokan Bahan Bakar

Motor diesel adalah suatu motor bakar yang menggunakan bahan bakar solar sebagai bahan untuk menghasilkan tenaga pada proses pembakaran.

Cara kerja pemasokan BBM pada mesin diesel : BBM dari tangki BBM dialirkan ke pompa pemasokan (pompa solar) lalu solar dipompa dimasukkan ke filter BBM, dari filter BBM, solar dimasukkan langsung ke pompa injector (*brosspump*), dari pompa injector masuk ke dalam *nozzle*, di dalam *nozzle* bahan bakar mengalami pengabutan yang menyebabkan ledakan di dalam *injector*, sisa bahan bakar dari pengabutan sebagian kembali ke filter solar dan sebagian lagi kembali ke tangki solar.

Ada dua macam penginjeksian BBM :

1. Penginjeksian secara langsung (*direct injection*), artinya BBM diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar.
2. Penginjeksian secara tidak langsung (*indirect injection*), artinya BBM tidak diinjeksikan secara langsung ke ruang bakar, dalam hal ini BBM untuk masing-masing silinder diinjeksikan terlebih dahulu ke dalam sebuah ruang bakar awal (*precombustion chamber*), sebuah alat pembara yang berupa elemen pemanas (*glow plug*) atau sering disebut busi

pemanas akan memanaskan udara dalam ruang bakar awal guna menjamin awalan (saat start) menjadi mudah. BBM terbakar dalam ruang bakar utama dan udara yang ada di dalamnya menyempurnakan pembakaran yang terjadi sebelumnya.

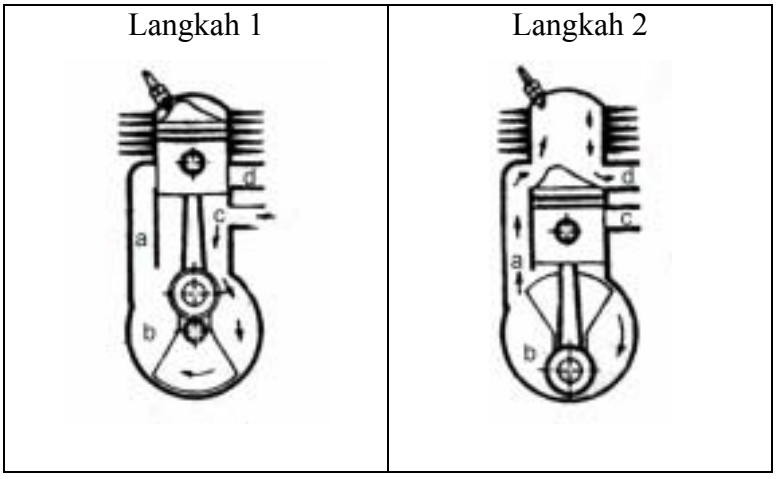
Perbedaan antara motor bensin dan motor diesel :

a. motor bensin proses penyalaannya dengan menggunakan loncatan bunga api listrik sedangkan motor diesel tidak.
b. Motor bensin pada langkah hisap yang dihisap bahan bakar dan udara segar sedangkan pada motor diesel hanya udara segar saja yang masuk ke dalam silinder, pada waktu torak hamper mencapai titik mati atas bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder, dan di sinilah terjadinya proses penyalaan untuk pembakaran, pada saat udara di dalam silinder sudah bertemperatur tinggi.

Berdasarkan langkahnya (tak-nya) motor bakar pembakaran dalam terbagi atas 2 yaitu :

a. Motor 2 langkah (2 tak)

Motor 2 tak yaitu sejenis motor, yang pada silindernya hanya melakukan satu kali pembakaran gas dan hanya melakukan dua kali gerakan piston, sedangkan as kruk berputar satu kali (360°), umumnya motor dua tak menggunakan oli samping sebagai campuran bahan bakar bensin, yang dicampur pada karburator.



Gambar 2.20. Mesin 2 Tak

Keterangan gambar :

a. Saluran bilas
b. *Carter* / bak mesin
c. Saluran masuk
d. Saluran buang

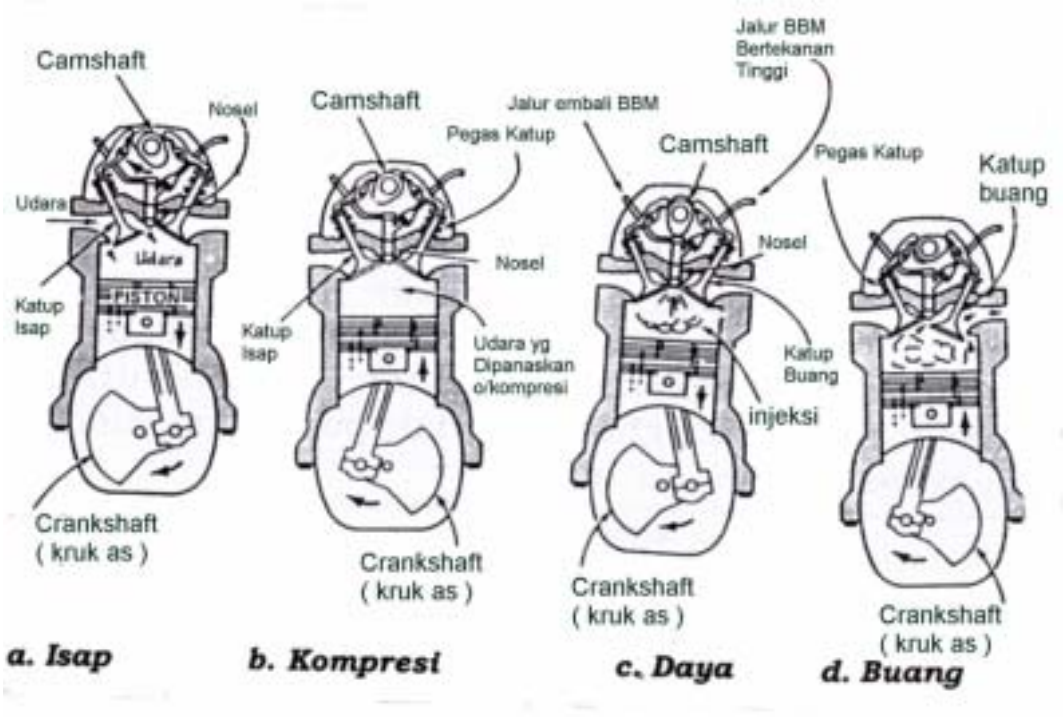
Cara kerja mesin 2 tak :

a. Langkah 1 :
    1. *Piston* bergerak dari titik bawah ke arah titik atas
    2. Kruk as/*crankshaft* berputar setengah putaran (180°)
    3. Gerakan *piston* ini bersamaan dengan terbukanya saluran masuk, sehingga gas dari *karburator* terhisap piston masuk ke dalam silinder
    4. Gas yang terhisap piston berada di atas *piston* pada silinder kompresi (dimampatkan)
    5. Saat *piston* hampir mencapai titik atas, busi meloncatkan bunga api listrik, untuk membakar gas yang telah dikompresi di atas *piston* di dalam silinder
    6. Terjadi kompresi silinder

b. Langkah 2 :
    1. *Piston* bergerak dati titik atas ke titik bawah
    2. Kruk as/*crankshaft* berputar setengah putaran (180°)
    3. Gas yang telah terbakar pada langkah 1 menghasilkan tenaga, mendorong *piston* ke bawah dengan tekanan. Tekanan ini disimpan dan dirubah oleh kruk as dalam bentuk tenaga motor.
    4. Terjadi kompresi *carter* karena gas yang berada pada karter mendapat tekanan dari *piston*.
    5. Saat *piston* bergerak dari titik atas ke titik bawah, saluran buang terbuka oleh piston, sehingga hasil sisa pembakaran mendapat kompresi dari piston, keluar melalui saluran buang yang sudah terbuka menuju ke knalpot.

6. Gerakan *piston* kearah titik bawah juga membuka saluran bilas, karena adanya kompresi *karter* maka oli pada *karter* tertekan ke atas masuk ke saluran bilas naik ke atas *piston*, untuk membersihkan sisa pembakaran gas yang tersisa di dalam silinder
7. Gerakan *piston* ini sekaligus menghisap gas baru dari *karburator* ke dalam silinder.

b. Motor 4 Langkah (4 tak)



Gambar 2.21. Mesin 4 Tak

Cara Kerja mesin 4 tak :

Motor 4 tak adalah jenis motor bakar yang dalam silindernya mempunyai kerja setiap satu kali pembakaran gas memerlukan empat kali gerakan *piston*, dimana jika piston bergerak empat kali maka kruk asnya berputar sebanyak dua kali putaran (270°). Putaran kruk as sebanyak dua kali ini disertai dengan terbuka dan tertutupnya *klep* masuk dan *klep* buang masing-masing 4 kali.

Cara kerja mesin 4 tak :

a. Langkah 1 (isap)

   Pada langkah ini piston hanya menghisap udara, pada mesin bensin langkah isap memasukkan udara yang sudah tercampur BBM.

   1. *Piston* bergerak dari titik atas menuju titik bawah
   2. Kruk as/*crankshaft* bergerak sebesar 180°
   3. *Klep*/katup masuk terbuka dan klep/katup buang tertutup rapat
   4. Terjadi penghisapan gas dari *karburator*, masuk ke dalam silinder melalui *klep* masuk yang dalam keadaan terbuka.

b. Langkah 2 (kompresi)

   Langkah kompresi mesin diesel hanya menekan udara saja, sedangkan pada mesin bensin langkah kompresi menekan campuran udara dan bahan bakar.

   1. Piston bergerak dari titik bawah menuju titik atas
   2. Kruk as/*crankshaft* berputar sebesar 180°
   3. Kedua *klep*nya/katupnya dalam keadaan tertutup rapat
   4. Gas yang berada di dalam silinder dikompresi atau ditekan.
   5. Pada saat *piston* hampir mencapai titik atas pada busi timbul bunga api listrik tegangan tinggi akibatnya api membakar gas yang telah dihisap dan ditekan pada langkah 1, sehingga motor menghasilkan tenaga.

c. Langkah 3 (Ekspansi)

   Pada langkah ekspansi ini, BBM diinjeksikan ke udara yang terkompresi. Kemudian terbakar akibat panasnya udara tersebut. Dalam mesin bensin, percikan api dari busi akan menyalakan campuran udara dan BBM.

   1. Akibat adanya pembakaran gas tadi *piston* terdorong oleh ledakan dan bergerak dari titik atas menuju titik bawah.
   2. Kruk as/*crankshaft* berputar sebesar 180°
   3. Kedua *klep*nya/katupnya tertutup rapat

4. Gerakan *piston* turun ke bawah akibat dari dorongan tenaga pembakaran dari gas yang terbakar, sehingga motor menghasilkan tenaga.

d. Langkah 4 (Buang)

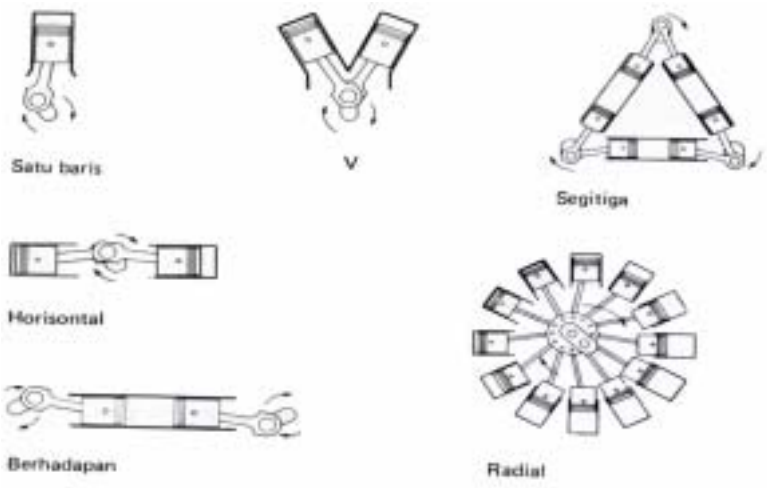
Pada langkah ini mesin diesel dan mesin bensin mempunyai aksi yang sama, katup buang membuka dan piston mendorong semua gas hasil pembakaran ke luar.

1. *Piston* bergerak dari titik bawah menuju titik atas
2. Kruk as/*crankshaft* berputar 180°
3. *Klep*/katup buang terbuka dan klep/katup masuknya tertutup rapat

Sisa pembakaran gas didorong *piston* keluar melalui *klep*/katup buang yang terbuka menuju ke saluran buang langsung ke knalpot.

Berdasarkan susunan silindernya motor bakar pembakaran dalam proses kerjanya terbagi atas beberapa yaitu :

a. Susunan silinder satu baris
b. Susunan silinder V
c. Susunan silinder berlawanan
d. Susunan silinder radial
e. Susunan silinder segitiga
f. Susunan silinder Horizontal



Gambar 2.22. Susunan Silinder

2.3.3. Motor Listrik

Sesuai dengan namanya motor listrik merupakan motor penggerak dengan menggunakan tenaga listrik, dan di masa dewasa ini sedang dikembangkan kendaraan dengan menggunakan tenaga listrik.

Sistem motor tenaga listrik ini merubah energi listrik menjadi energi mekanik dimana sumber tenaganya adalah baterai, selain baterai dewasa ini dikembangkan sebuah benda yang mengubah energi panas menjadi energi listrik lalu dengan menggunakan motor listrik dirubah menjadi energi mekanis, dan benda itu dikenal dengan nama *solar cell*, dimana *solar cell* tersebut dapat merubah panas dari sinar matahari menjadi energi listrik, sehingga panas dari sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber penggerak.

Motor listrik sendiri memiliki berbagai macam keuntungan dan juga memiliki berbagai macam kekurangan.

Keuntungan dari motor listrik yaitu :

1. Dapat dihidupkan dengan hanya memutar *saklar*
2. Suara dan getaran tidak menjadi gangguan
3. Udara tidak ada yang dihisap, juga tidak ada gas buang, sehingga tidak terjadi polusi udara.

Kerugian dari motor listrik yaitu :

1. Motor listrik membutuhkan sumber daya, kabelnya harus dapat dihubungkan dengan stop kontak, dengandemikian tempat penggunaannya sangat terbatas panjang kabel
2. Kalau dipergunakan baterai sebagai sumber daya, maka beratnya akan menjadi besar. Sebagai pembanding tenaga yang didapat dari satu liter bahan bakar minyak, maka kalau sumber daya adalah baterai beratnya akan mencapai 1500 Newton
3. Secara umum biaya listrik lebih tinggi dari harga bahan bakar minyak
4. Untuk menghasilkan daya yang sama dihasilkan oleh sebuah motor pembakaran, maka motor listrik akan lebih berat.

2.4. Sistem Transmisi

Sistem transmisi sangat diperlukan di dalam menggerakkan kendaraan selain mesin untuk menggerakkan kendaraan, karena melalui sistem transmisi ini kecepatan kendaraan dapat ditentukan.

Ada beberapa system transmisi mekanis :

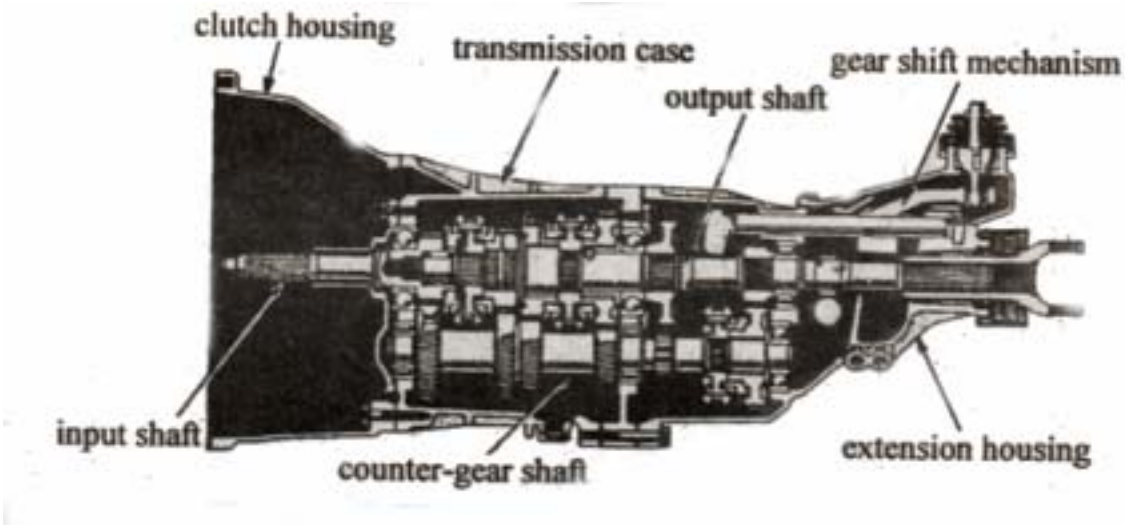
1. Sistem transmisi mekanis dengan gigi
2. Sistem transmisi mekanis tanpa gigi

2.4.1. Sistem Transmisi Dengan Mekanisme Gigi

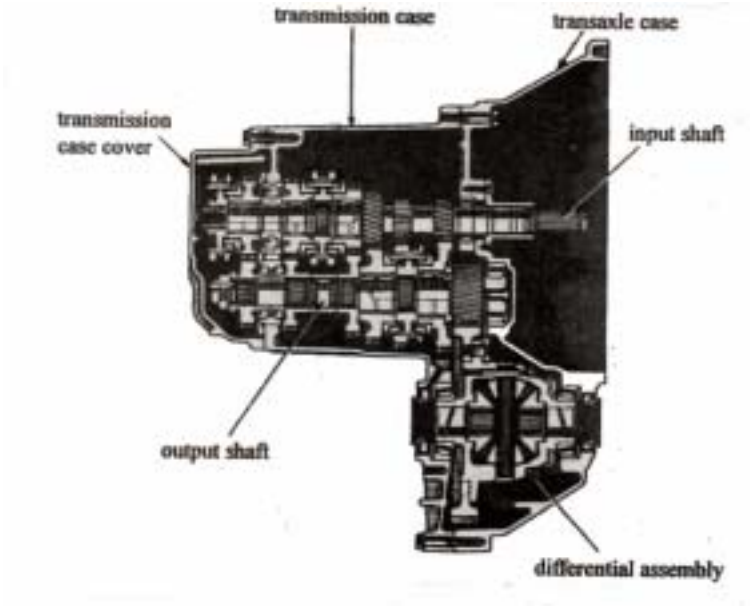
Transmisi jenis ini menggunakan gigi di dalam mentransmisikan tenaganya, sehingga transmisi jenis ini menggunakan beberapa pasang roda gigi sehingga membentuk sebuah *gearbox*.

Transmisi dengan menggunakan mekanisme gigi dapat dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :

1. Transmisi *Manual*



Gambar 2.23. Transmisi *Manual* Untuk Kendaraan Dengan Penggerak Roda Belakang



Gambar 2.24. Transmisi *Manual* Untuk Kendaraan Dengan Penggerak Roda Depan

Transmisi roda gigi ini secara umum juga dianggap sebagai *drive train* yang mentransmisikan secara mentransformasikan torsi yang keluar dari mesin

sampai ke torsi yang terjadi pada roda penggerak. Seluruh komponen yang diperlukan untuk itu adalah bagian dari transmisi manual.

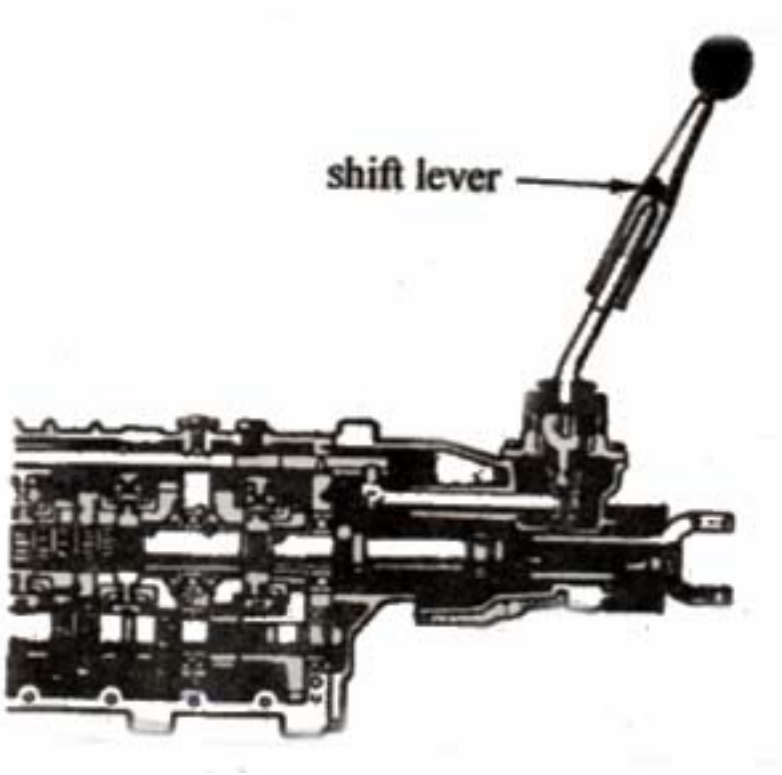
Transmisi manual terdiri dari *kopling*, sistem roda gigi, poros *propeller*, sistem gigi diferensial dan poros penggerak. Perbandingan putaran mesin dan poros penggerak yang diakibatkan oleh perbandingan gigi transmisi dan gigi diferensial adalah untuk mentransmisikan torsi mesin ke roda penggerak.

Untuk menghasilkan torsi dan gaya dorong pada roda penggerak yang mengecil pada kecepatan semakin tinggi diperlukan perbandingan yang bertingkat, sehingga kemampuan transmisi manual untuk mentransformasikan torsi yang dihasilkan oleh mesin menjadi torsi yang dibutuhkan pada roda penggerak untuk mendorong kendaraan adalah ditentukan oleh 2 parameter penting, yaitu : perbandingan gigi dan tingkatan gigi transmisi.umumnya makin banyak tingkatan transmisi, gaya dorong yang dihasilkan pada roda penggerak makin baik untuk dapat memenuhi kebutuhan gaya dorong kendaraan.

Sistem transmisi manual ini juga dibedakan atas beberapa jenis, berdasarkan tipe mekanisme pemindahan giginya yaitu :

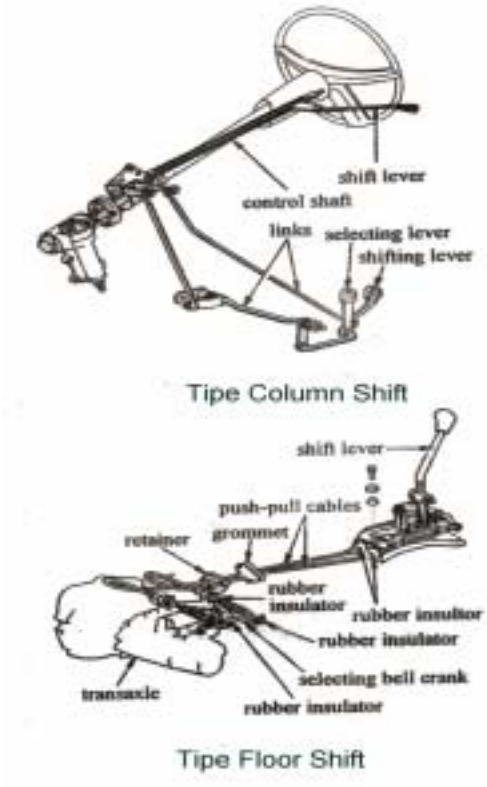
a. Transmisi Dengan Menggunakan Sistem Pemindah Gigi Langsung

Sistem transmisi jenis ini di dalam memindahkan gigi-gigi pada *gearbox*-nya menggunakan tongkat sehingga, daya dari tongkat tersebut langsung menggerakkan/mengoper roda-roda gigi di dalam *gearbox*, tuas pemindahnya terletak langsung pada transmisinya, mekanisme pemindah gigi langsung ini umumnya digunakan pada kendaraan dengan mesin di depan dan penggerak roda belakang.



Gambar 2.25. Transmisi Dengan Sistem Pemindah Gigi Langsung

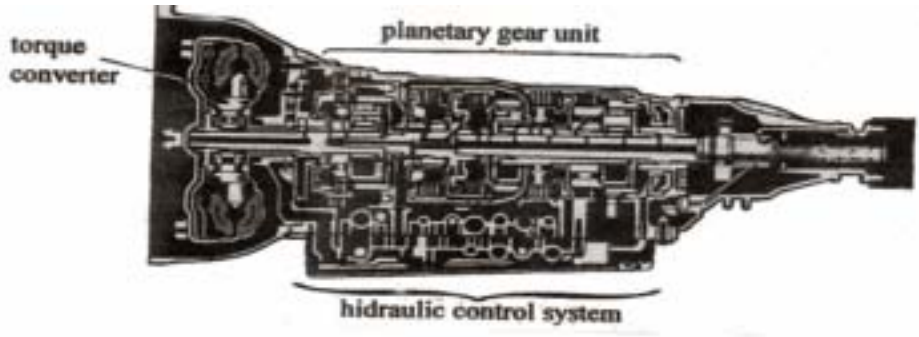
b.Transmisi dengan menggunakan sistem pemindah gigi tidak langsung



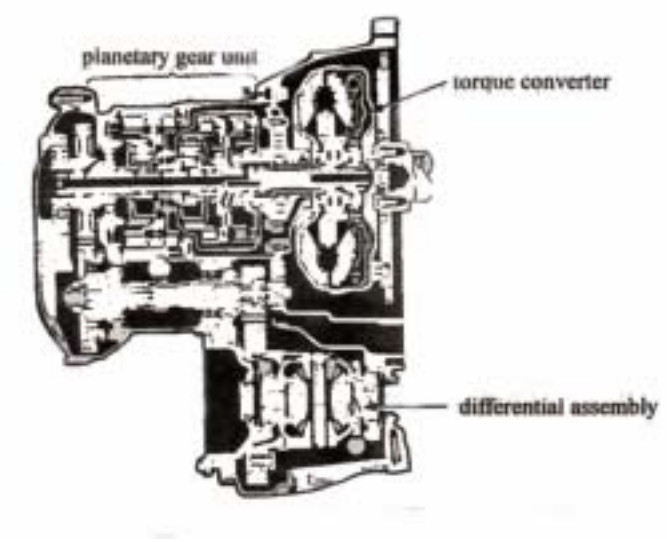
Gambar 2.26. Transmisi Dengan Sistem Pemindah Gigi Tidak Langsung

Sistem transmisi jenis ini menggunakan tuas pemindah umumnya ditempatkan di bawah roda kemudi (terpisah dari transmisi) dan dihubungkan dengan garpu pengatur (*shift fork*) yang terdapat di dalam transmisi, garpu pengatur terdiri atas batang-batang dan tuas-tuas penghubung

2. Transmisi *Otomatis*



Gambar 2.27. Transmisi *Otomatis* Untuk Kendaraan Dengan Penggerak Roda Belakang



Gambar 2.28. Transmisi *Otomatis* Untuk Kendaraan Dengan Penggerak Roda Depan

Transmisi jenis ini umumnya terdiri dari torsi *converter* dan kotak transmisi yang pemindahannya antar tingkat secara *otomatis*. Sebuah torsi *converter* paling sedikit terdiri dari 3 elemen rotasi yaitu : pompa, *turbin* dan *reactor*. pompa dihubungkan dengan poros dari mesin dan turbin berhubungan dengan poros keluar dari *converter*, dimana seterusnya disambungkan dengan poros masuk dari transmisi roda gigi bertingkat yang berpindahnya gigi secara otomatis. *Reaktor* disambungkan dengan rumah *converter*, ini dimaksudkan untuk menghasilkan reaksi pada cairan bersikulasi di dalam *converter*. *Reaktor* ini dapat berfungsi untuk menaikkan torsi yang dihasilkan oleh turbin menjadi lebih besar dari torsi yang masuk, sehingga terjadi multiplikasi torsi. *Reaktor* umumnya dipasangkan pada sebuah piringan yang bebas berputar satu arah, dengan demikian jika waktu start sudah habis, putaran turbin mendekati putaran pompa, reactor pada kondisi bebas berputar. Pada kondisi ini *converter* berfungsi sebagai kopling fluida dimana ratio torsi keluar dan masuk *converter* adalah 1,0.

Ada beberapa keuntungan dari system transmisi *otomatis* :

a. Jika pemilihan torsi *converter* tepat dengan karakteristik engine maka tidak akan terjadi mesin *stall* (mati) saat idle maupun jalan
b. Transmisi otomatis dengan adanya torsi *converter* maka ia dapat berfungsi sebagai kopling fleksible antara mesin dan roda penggerak.

Dengan pemilihan tingkat rasio gigi yang tepat dan digabung dengan sifat torsi *converter*, transmisi otomatis dapat menghasilkan gaya dorong pada roda penggerak yang mendekati ideal.

3. Transmisi *Hidrolik*

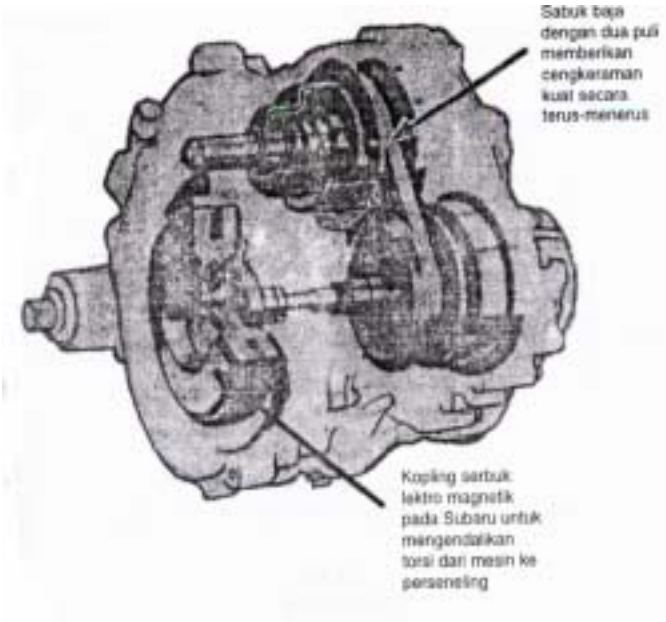
Transmisi jenis ini digunakan pada kendaraan khusus diantaranya kendaraan untuk konstruksi atau kendaraan khusus *off road*.

Transmisi *hidrostatik* dapat dibedakan menjadi 3 kategori :

a. Transmisi dengan pompa volume tetap dan motor dengan volume tetap.
   sistem transmisi ini masih memerlukan transmisi gigi bertingkat untuk mendapatkan gaya dorong dan kecepatan tertentu yang diinginkan, komponen utamanya adalah pompa gigi atau pompa *vane* dengan volume tetap yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga *fluida* yang kemudian menggerakkan motor *hidraulik* yang volumenya tetap. Karena pompa dan motor mempunyai volume tetap maka torsi dan putaran yang ditransfer dari pompa ke motor bersifat tetap sehingga dibutuhkan gigi transmisi bertingkat. Karakteristik gaya dorong dan kecepatan dari transmisi ini sering digunakan pada kendaraan khusus seperti excavator
b. Transmisi menggunakan sistem dengan pompa volume variable dan motor volume tetap.
   Sistem ini mempunyai keunggulan dibanding sistem dengan pompa dan motor yang volumenya tetap. Keunggulan sistem ini adalah karakteristik gaya dorong dan kecepatannya lebih fleksible, sehinga dengan tingkat gigi transmisi yang lebih sedikit ia dapat menghasilkan karakteristik gaya dorong yang lebih baik.
c. Sistem dengan pompa dan motor yang volumenya variable
   Sistem ini secara konsep memiliki keunggulan terhadap keduanya, keunggulannya adalah dapat menghasilkan gaya dorong yang ideal, pada sistem ini tidak diperlukan transmisi gigi yang bertingkat. Walaupun memiliki keunggulan namun sistem ini dianggap masih mahal, pemeliharaan yang sulit sehingga sistem transmisi ini belum banyak dikembangkan, biasanya untuk kendaraan barang atau penumpang.

2.4.2. Sistem Transmisi Mekanis Tanpa Gigi

Gambar 2.29. Konstruksi Puli Dan Sabuk Baja Pada *ECVT*



Gambar 2.30. Konstruksi Umum *ECVT*

Sistem ini dikenal dengan nama *Electronik Continuously Variable Transmission* (*ECVT*) yang merupakan sistem transmisi baru tanpa gigi, keunggulan sistem ini yaitu suaranya yang halus karena mengingat sistem ini tidak menggunakan roda gigi. Halus dalam pergerakan karena pada sistem ini tidak terjadi kehilangan tenaga saat pemindahan gigi, dan mempunyai *akselerasi*

yang sangat cepat, dibandingkan dengan sistem transmisi *otomatis*, sistem transmisi ini lebih unggul karena mengingat pada sistem transmisi otomatis memiliki keterlambatan saat pemindahan kecepatan, walaupun tetap tidak kehilangan tenaga pendorong bagi mobil.

Secara teknis sistem transmisi ini sangat sederhana yaitu dilengkapi dengan 2 puli yang berbentuk kerucut dan sabuk baja *steel belt*, salah satu puli memiliki lubang dan yang lainnya berbentuk kerucut, ini berguna untuk merubah diameter puli yang berkaitan dengan sabuk baja. Diameter itu berubah bila puli yang berbentuk kerucut masuk atau keluar dari puli yang berlubang, bila puli masuk maka diameter gabungan kedua puli menjadi besar atau sebaliknya, sabuk baja yang ada pada puli akan terdorong ke atas atau ke bawah sesuai dengan perubahan diameter puli dan tetap mencengkeram kuat di puli. Perubahan diameter di puli menghasilkan perubahan tenaga secara terus menerus, tanpa kehilangan tenaga.

2.5. Poros Penggerak Kendaraan

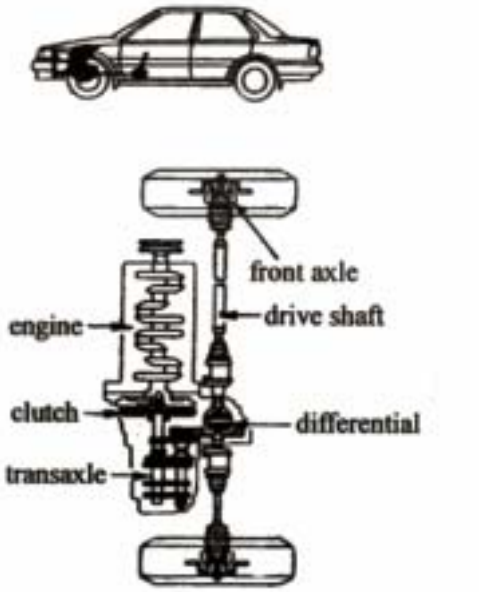
Terjadinya suatu gerakan adalah akibat adanya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Gaya ini bisa merupakan gaya luar atau gaya yang berasal dari benda itu sendiri. Sedangkan posisi dan besarnya gaya yang ada akan menentukan keadaan dan perilaku dari gerakan benda tersebut. Posisi dari gaya dapat bermacam-macam misalnya gaya tarik, gaya dorong, gaya putar dan sebagainya.

Demikian juga halnya dengan penggerak kendaraan, khususnya kendaraa roda empat. Poros sebagai salah satu dari beberapa alat transmisi yang dipakai, berfungsi sebagai penggerak kendaraan dengan cara mentransmisikan putaran dari mesin menuju roda untuk kemudian diteruskan menjadi gerak lurus.

Ada tiga tipe poros penggerak kendaraan dimana tipe yang satu berbeda dengan tipe yang lain yang masing-masing saling berpengaruh terhadap perilaku dari kendaraan. Tipe-tipe tersebut yaitu :

a. Poros depan penggerak kendaraan/penggerak depan (*Front wheel drive*)

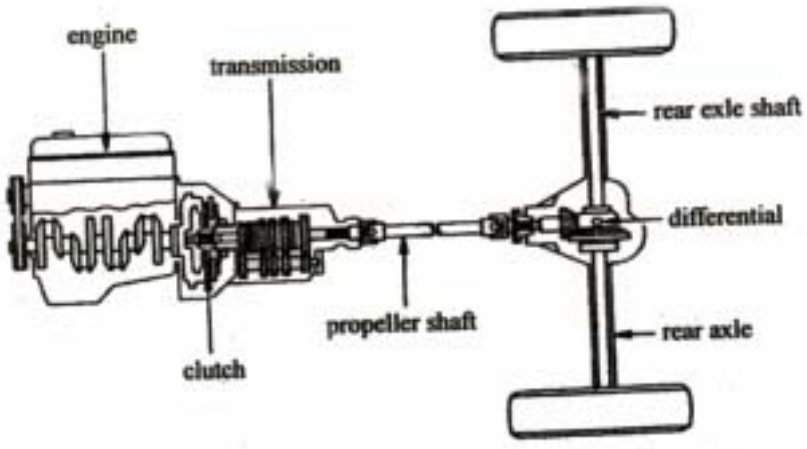
Front wheel drive biasanya digunakan untuk kendaraan sejenis sedan yang betul-betul mengutamakan kecepatan dan kenyamanan di dalam berkendara, dimana tenaga dari mesin ditransfer ke roda melalui gigi *differential* di depan.



Gambar 2.31. *Front Wheel Drive*

b. Poros belakang penggerak kendaraan/penggerak belakang (R*ear wheel drive*)

Rear wheel drive biasaya digunakan untuk kendaraan umum, untuk kendaraan niaga maupun untuk *city car*, dimana tenaga dari mesin ditransfer ke roda melalui gigi *differential* yang diletakkan di belakang sehingga gaya dorong kendaraan berasal dari belakang.

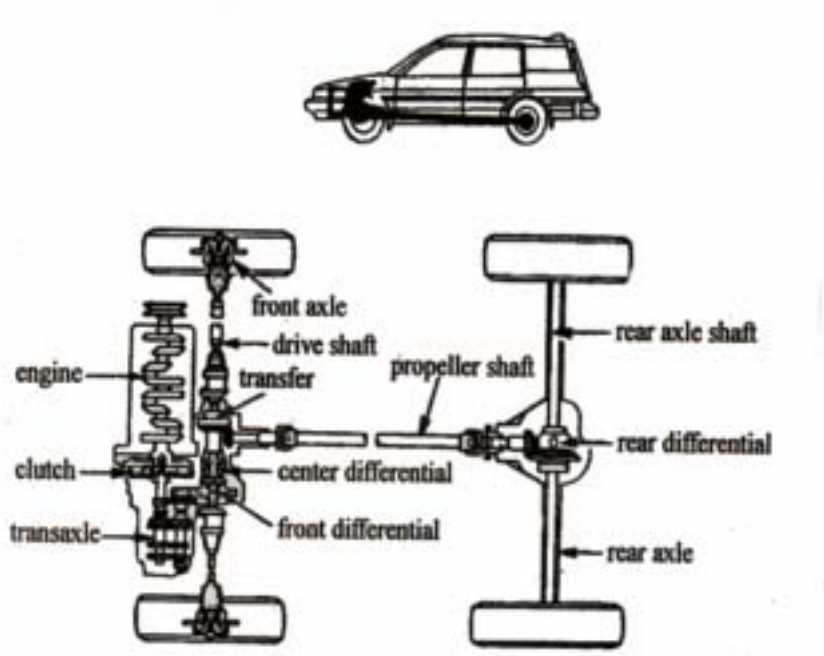


Gambar 2.32. *Rear Wheel Drive*

c. Gabungan dari keduanya, penggerak depan dan belakang (*Four wheel drive*)

Four wheel drive memiliki daya yang besar karena memiliki dua gigi *differential*, dimana tenaga dari mesin ditransfer melalui gigi *differential* depan dan belakang sehingga memiliki daya dorong ganda, baik dari depan maupun dari belakang.

Four wheel drive biasanya digunakan untuk mobil-mobil dengan medan berat, biasanya digunakan untuk mobil-mobil *off road*



Gambar 2.33. *Four Wheel Drive*

2.6. Roda

Output terakhir dari mesin dan sangat berpengaruh pada sistem kemudi yaitu roda. Roda dapat dibagi menjasi dua bagian, yaitu :

1. Pelek roda (*disc wheel*)
2. Ban (*tire*)

2.6.1. Pelek roda

Pelek roda dipasangkan pada poros roda (*axle shaft*) dengan menggunakan empat, lima atau enam baut, baut-baut tersebut disebut baut roda.

2.6.2. Ban

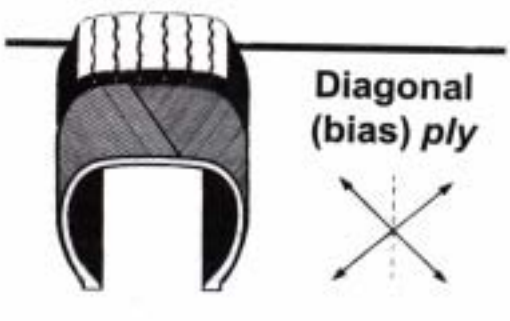
Ban adalah bagian dari kendaraan yang bersentuhan langsung dengan permukaan jalan, selain untuk meredam kejutan ban juga ertugas untuk menjejak dengan gaya geseknya pada jalan selama kendaraan berjalan, membelok dan saat pengereman.

Ada beberapa fungsi pelayanan ban yang penting yang harus dapat diberikan oleh ban, diantaranya :

1. Ban diharapkan dapat memberikan kenyamanan yang baik
2. Ban diharapkan untuk dapat dikemudikan dengan mudah, ban umumnya harus dapat menjamin agar daya memutar kemudi yang diperlukan kecil dan hasil sudut beloknya akurat
3. Ban diharapkan dapat memberikan stabilitas arah yang baik terhadapt kendaraan baik dalam keadaan berjalan lurus maupun dalam keadaan belok
4. Ban diharapkan dapat memberikan keamanan terhadap kendaraan
5. Ban diharapkan dapat memberikan ketahanan kerja yang baik yang meliputi tahan atau mampu kerja pada kecepatan tinggi, tahan untuk tidak mudah meledak, tahan terhadap tusukan agar tidak meledak secara cepat, dan juga tahan terhadap temperatur kerja yang cukup tinggi untuk meledak.
6. Ban diharapkan cukup ekonomis artinya umur pemakaian yang panjang, tahanan *rollingnya* rendah, keausan merata dan mudah diberi kembangan kembali

Dilihat dari struktur casingnya maka ban dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu :

a. Ban bias

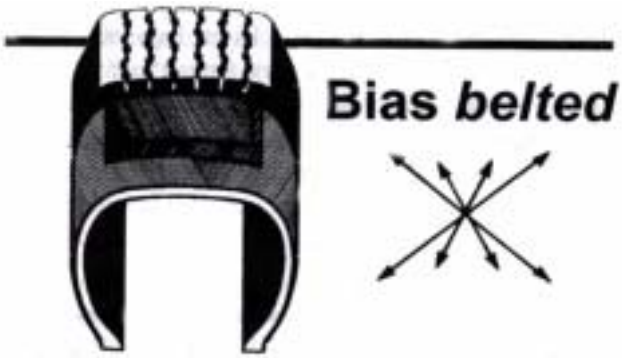


Gambar 2.34. Konstruksi Ban Bias

Ban bias juga disebut sebagai serat silang, adalah ban dimana serat-serat penguat pada *carcass* atau *casing* ban disusun menyilang.

Ban bias dapat menghasilkan jalannya kendaraan lebih lembut, tetapi kemampuan membelok dan ketahanan ausnya kurang.

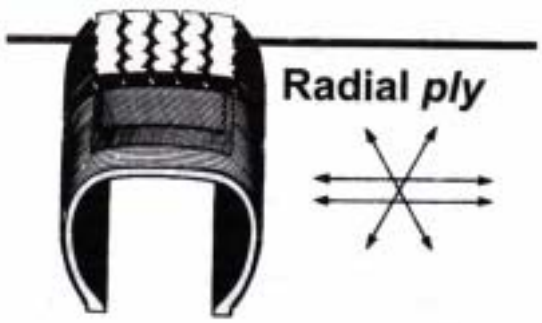
b. Ban bias dengan sabuk



Gambar 2.35. Konstruksi ban bias dengan sabuk

Ban bias dengan sabuk yang juga umum disebut *semi radial* adalah ban dimana serat-serat penguat pada *carcass* disusun menyilang seperti pada ban bias dan bagian luarnya ditambahkan beberapa lapis sabuk sebagai stabilitas terhadap kinerja ban.

c. Ban *radial*



Gambar 2.36. Konstruksi ban *radial*

Ban *radial* adalah ban dimana serat-serat penguat pada *caracass* disusun secara radial.

Ban *radial* menghasilkan kemampuan membelok dan kemampuan kecepatan tinggi yang baik, daya tahan ausnya lebih tinggi dibandingkan ban biasa, tetapi pada jalan yang tidak rata dengan kecepatan rendah, ban *radial* lembut dirasakan pengendara.

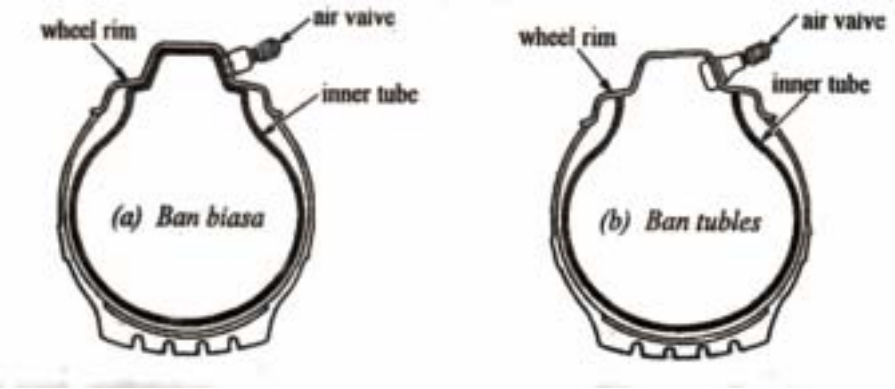
Dilihat dari isi udaranya ban dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Ban biasa

Ban biasa udara ditampung pada ban dalam, katup atau pentilnya bersatu dengan ban dalam, bila ban biasa tertusuk jarum maka ban biasa akan langsung kempis.

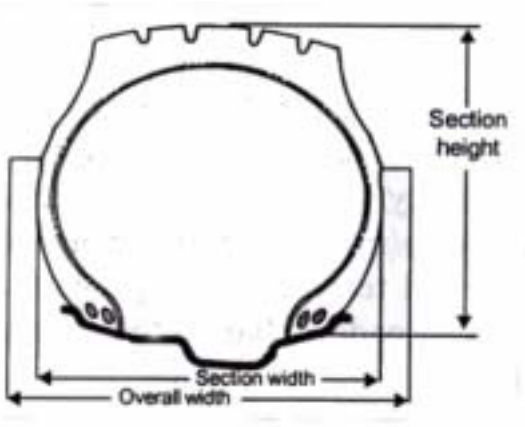
b. Ban *tubles*

Ban *tubles* tidak terdapat ban dalam, tekanan udara hanya ditahan oleh lapisan ban dalam yang kedap udara, katup atau pentilnya langsung terpasang pada pelek, bila tertusuk benda tajam ban *tubles* tidak langsung kemps karena lapisan dalamnya menghasilkan efek merapatkan sendiri.



Gambar 2.37. Ban Biasa dan Ban *Tubles*

2.6.3. Parameter Penentu Akurasi Ukuran Ban



Gambar 2.38. Penampang Iris Ban Yang Menunjukkan Parameter Ukuran Ban

Gambar 2.39. Ban Dilihat Dari Samping Yang Memperlihatkan Diameter Pelek

Beberapa parameter yang diperlukan untuk menentukan akurasi ukuran ban :

a. *Section height*

   Section height adalah jarak yang diukur dari permukaan (*bead*) sampai permukaan bagian tengah telapak ban, cara mengukurnya dengan menarik garis lurus dari masing-masing permukaan, lalu ukur jarak kedua garis tersebut.

b. *Section width*

   Section width yaitu jarak kedua dinding luar sebuah ban, tidak termasuk tebal garis dekorasi (*decoration line*). Decoration line merupakan garis yang berfungsi sebagai hiasan/dekorasi yang melingkar pada dinding luar ban

c. *Overall width*

   Overall width adalah section width ditambah dua kali tebal *decoration line*

d. *Overall diameter*

   Overall diameter adalah dua kali *section height* ditambah diameter pelek (*nominal rim diameter*). Diukur dari permukaan paling bawah sampai permukaan paling atas telapak ban, termasuk diameter pelek (*rim*) tersebut.

2.6.4. Cara Penulisan Ukuran Ban

Sistem penulisan ukuran ban dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan struktur casingnya yaitu :

1. Sistem penulisan untuk ban bias :

a. 7.50 x 16 x 10 P R

   Dimana : 7.50 : *section width* 7,50 inci
   16 : diameter pelek 16 inci
   10 P R : jumlah *ply* ekuivalen dengan 10 *ply cotton*

b.1.65 S13/6.45 S13

   Dimana : 1.65 : *section width* 1,65 inci
   S : symbol kecepatan (A-Z)

13 : diameter pelek 13 inci

6.45 : *section width* 6,45 mm

c. 7.3 H 14

Dimana : 7.3 : *section width* 7,3 inci

H : symbol kecepatan

14 : diameter pelek 14 inci

2. Sistem penulisan untuk ban radial :

a. P-metric sistem

Contoh : P-195/75 R 14

Dimana : P : ban mobil penumpang

195 : *section width* 195 mm

75 : *aspect ratio* 75 %

R : *radial* (konstruksi radial)

14 : diameter pelek 14 inci

b. Alpha numeric

Contoh : ER 78-14

Dimana : E : *Load range*

R : *radial* (konstruksi radial)

78 : *aspect ratio* 78 %

14 : diameter pelek 14 inci

c. *European metric*

Contoh : tanpa *aspec ratio*

185 R 14

Dimana : 185 : *section width* 185 mm

R : *radial* (konstruksi radial)

14 : diameter pelek 14 inci

Contoh : dengan *aspect ratio*

195/70 R14

Dimana : 195 : *section width* 195 mm

70 : *aspect ratio* 70 %

R : radial (konstruksi radial)

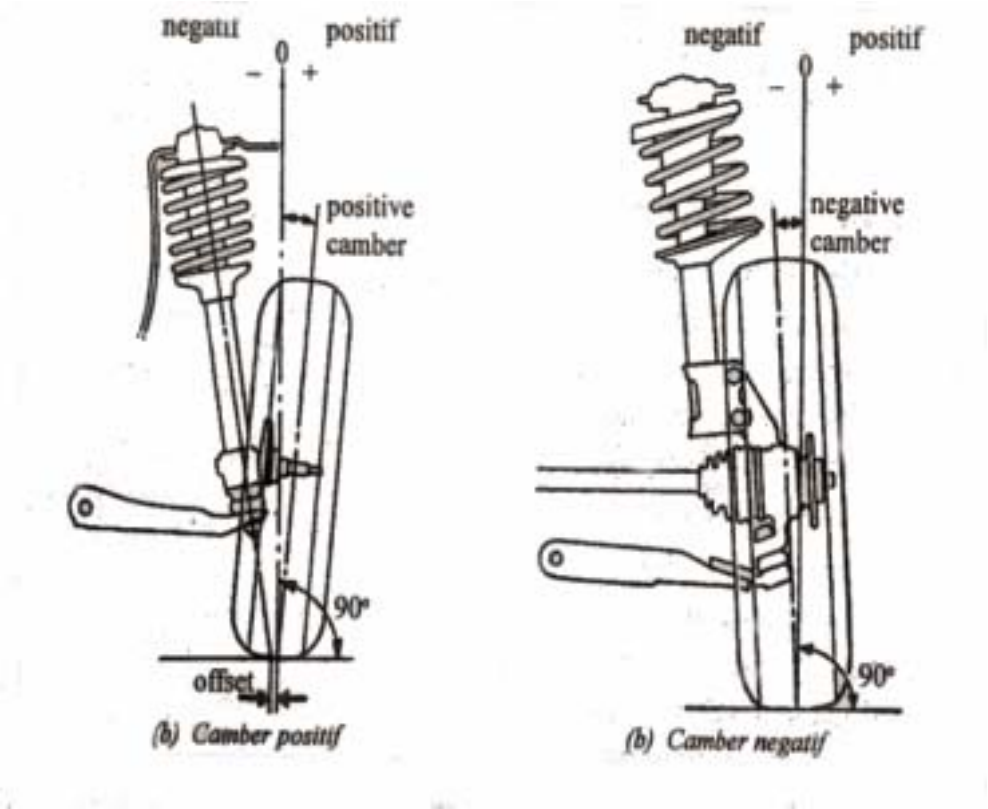
14 : diameter pelek 14 inci

Sistem penulisan ban di atas merupakan sistem penulisan untuk ban radial, sistem penulisan untuk *P-metric sistem* dan *alpha numeric* berasal dari Amerika sedangkan mayoritas ban yang ada di Indonesia berasal dari Eropa sehingga kebanyakan ban di Indonesia menggunakan *European metric*.

2.7. Pengaturan Sudut-Sudut Roda Depan

Pengaturan sudut-sudut dan ukuran roda depan (*front wheel aligment*) dimaksudkan agar kendaraan dapat dikendalikan dengan baik, mengembalikan steer pada posisi lurus kembali setelah membelok, memperkecil keausan ban serta keausan komponen sistem kemudi dan sistem suspensi lainnya. Elemen-elemen yang diatur pada *front wheel aligment* adalah *camber*,*caster, king pin inclionation*, dan *toe-in*.

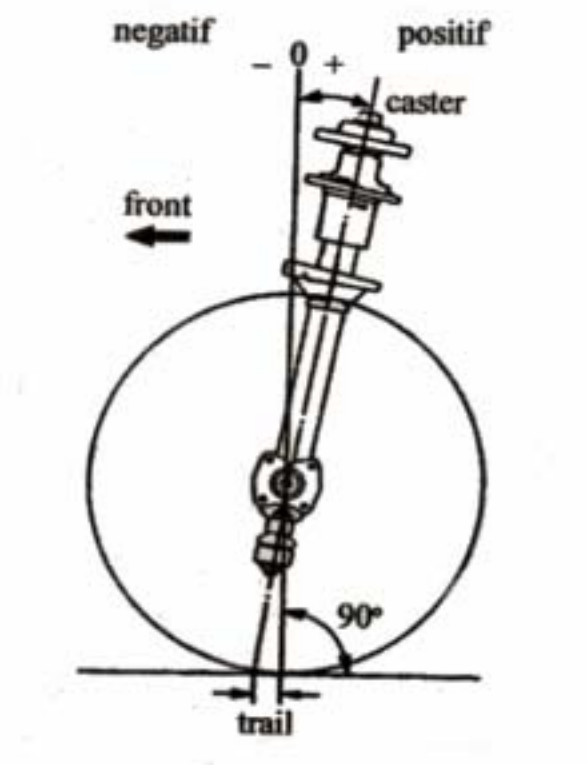
2.7.1. *Camber*



Gambar 2.40. *Camber Positif* Dan *Camber Negative*

Camber adalah sudut kemiringan roda-roda depan pada bagian atasnya (ke luar atau ke dalam) dilihat dari depan kendaraan, bila miringnya roda kearah luar disebut *camber positif*, sebaliknya bila arah miringnya ke dalam disebut *camber negative*. Umumnya kendaraan menggunakan *camber positif* dengan sudut kemiringan 1°-3°, maksudnya agar beban pada *steering knuckle* berkurang dan roda-roda menjadi tegak lurus terhadap tanah ketika dibebani.

2.7.2. *Caster*



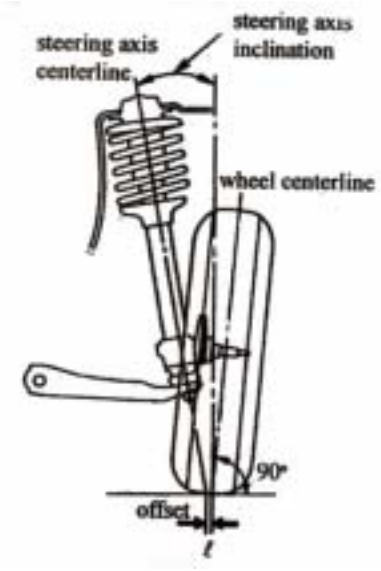
Gambar 2.41. *Caster*

Caster adalah sudut antara king pin dengan garis vertical yang dilihat dari samping kendaraan, bila miringnya kearah belakang disebut *caster positif*, sebaliknya bila dimiringkan ke depan disebut *caster negatif*. Pada umumnya yang dipakai adalah *caster positif* karena dapat menghasilkan kestabilan kendaraan saat berjalan lurus dan daya balik kemudi setelah membelok lebih baik.

2.7.3. *King Pin Inclination*

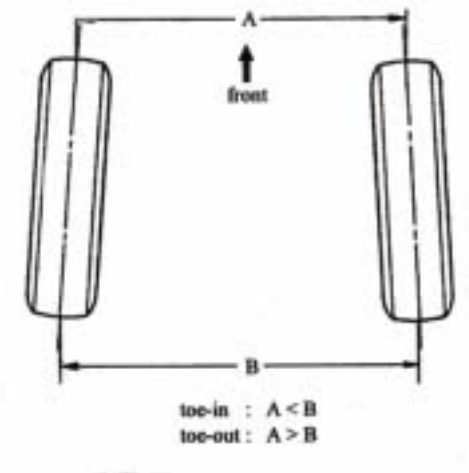
Garis sumbu yang melalui *ball joint* atas dan *ball joint* bawah disebut *steering axis* (sumbu kemudi), sumbu ini dimiringkan kearah dalam sekitar 3°-7° , kemiringan ini dinamakan *King pin inclination*.

Dengan adanya *King pin inclination* bersama-sama dengan *camber*, maka jarak ℓ (*offset*) akan menjadi sangat kecil, sehingga kemudi akan lebih ringan dan kejutan akibat pengereman dan percepatan dapat berkurang.



Gambar 2.42. *King Pin Inclination*

2.7.4. *Toe-in*



Gambar 2.43. *Toe-in*

Toe-in adalah selisih antara jarak A dan B, biasanya selisih ini diatur antara 2 – 6 mm, bila jarak bagian depan (A) lebih besar daripada jarak bagian belakang (B) disebut *toe-out*.

Bila roda-roda depan memiliki *camber positif* maka bagian atas roda miring mengarah ke luar, sehingga roda-roda berusaha menggelinding ke arah luar pada saat mobil berjalan lurus dan akan terjadi *slide-slip* yang berakibat ban cepat aus. Untuk mencegah hal ini maka perlu diatasi oleh adanya *toe-in*