

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar-Dasar Dinamika Kendaraan

Dinamika kendaraan sesungguhnya amatlah rumit karena ia dapat menggambarkan perilaku gerak kendaraan, perilaku arah serta stabilitas arah kendaraan, kenyamanan kendaraan, dan keamanan kendaraan yang terkait dengan kecelakaan kendaraan pada saat jalan.

Untuk menghindari kompleksitas dalam pemahaman dan penguraian konsep-konsep dasar dalam dinamika kendaraan, maka dalam bab ini kendaraan hanya dimodelkan sebagai satu benda kaku dengan mengabaikan pengaruh dari suspensi yang ada pada kendaraan.

Pokok-pokok uraian tentang dinamika kendaraan dalam bab ini meliputi : dinamika untuk kendaraan yang berjalan lurus, dinamika untuk kendaraan yang berjalan lurus, dinamika untuk kendaraan yang berbelok, dinamika untuk kendaraan lalu lintas, dan dinamika kendaraan yang mendahului kendaraan lain.

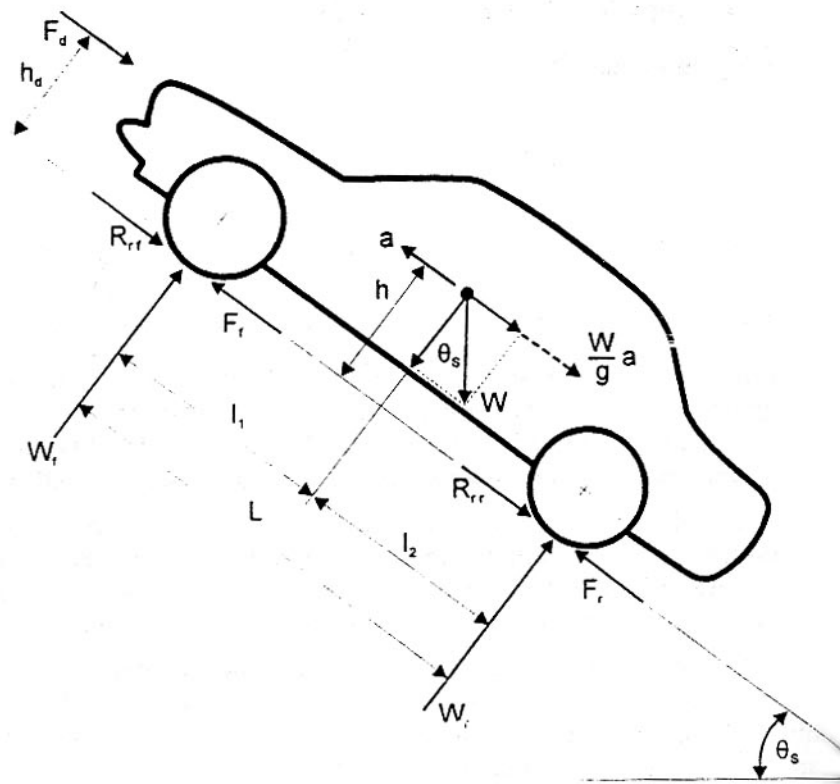
Dalam beberapa hal pada pembahasan dinamika kendaraan disini, pengaruh bebas angin dan hambatan rolling diabaikan.

2.1.1 Kendaraan Bergerak Lurus

2.1.1.1 Gaya dorong dan gaya hambat pada kendaraan

Kendaraan untuk dapat bergerak maju ataupun mundur harus memiliki gaya dorong yang cukup melawan semua hambatan yang terjadi pada kendaraan. Gaya dorong dari suatu kendaraan terjadi pada roda penggerak kendaraan. Gaya dorong ini ditransformasikan dari torsi mesin kendaraan kepada roda penggerak melalui sistem penggerak yang terdiri dari kopling, transmisi, gigi diferensial, dan poros penggerak.

Gambar 2.1. Menunjukkan diagram bodi bebas dari kendaraan bergerak maju yang menggambarkan gaya dorong untuk kendaraan dengan 2 poros penggerak. Pada gambar 2.1 juga ditunjukkan gaya-gaya hambat meliputi hambatan angin dalam rolling



Gambar 2.1

Diagram bodi bebas kendaraan bergerak maju

Keterangan :

F_f F_r = gaya dorong pada roda depan dan belakang

R_{rf} R_{rr} = gaya hambat rolling pada roda belakang dan depan

F_d = gaya hambatan angina

a = Percepatan kendaraan

θ = sudut tanjakan jalan

Gaya dorong pada roda yang ditransformasikan dari torsi mesin kendaraan dapat dirumuskan :

$$F = \frac{M_e \cdot i_t \cdot i_d \cdot h_t}{r} \quad (2.1)$$

Dimana :

$F = F_f + F_r =$ Gaya dorong pada roda penggerak depan dan belakang. (Newton)

$F = F_f =$ Gaya dorong untuk kendaraan dengan penggerak roda depan. (Newton)

$F = F_r =$ Gaya dorong untuk kendaraan dengan penggerak rodak belakang. (Newton)

$M_e =$ Torsi keluar dari mesin. (N.m)

$r =$ Jari-jari roda. (m)

$\eta_t =$ Efisiensi transmisi

$\eta_t = 0,88 - 0,92$

Untuk mesin yang letaknya memanjang

$\eta_t = 0,91 - 0,95$

Untuk mesin yang letaknya melintang

$i_t =$ Perbandingan gigi transmisi

$i_d =$ Perbandingan transmisi pada gadan.

Gaya hambatan total pada kendaraan adalah :

$$F_R = F_d + R_r + R_g \quad (2.2)$$

Dimana :

$R_r = R_{rr} + R_n \equiv$ total hambatan rolling (N)

$R_g = W \sin \theta \equiv$ hambatan tanjakan (N)

Gaya dorong bersih untuk meningkatkan kecepatan kendaraan (F_n) adalah :

$$F_n = F - F_g \quad (2.3)$$

Percepatan (a) yang dapat ditimbulkan oleh gaya dorong adalah :

$$a = \frac{F_n \cdot g}{k_m \cdot W} = \frac{(F - F_g)g}{k_m \cdot W} \quad (2.4)$$

Kecepatan akhir kendaraan (V_t) setelah waktu t detik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_t = V_0 + \frac{F - F_R}{k_m \cdot W} g \cdot t \quad (2.5)$$

2.1.1.2 Percepatan dan perlambatan pada kendaraan

Dalam gerakan lurus bersarnya percepatan dan perlambatan yang dapat dilakukan oleh kendaraan adalah merupakan faktor penting sebagai parameter kinerja laku dari kendaraan. Untuk kendaraan yang bergerak dari keadaan diam sampai kecepatan tertentu atau dari kecepatan tertentu sampai berhenti, maka percepatan atau perlambatan (a), waktu (t) percepatan atau perlambatan, dan jarak (s) pengereman serta pecepatan dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

- Untuk kondisi percepatan

$$\begin{aligned} a &= \frac{V_t^2}{2.s} = \frac{V_t}{t} = \frac{2.s}{t^2} \\ t &= \frac{V_t}{a} = \frac{2.s}{V_t} = \sqrt{\frac{2.s}{a}} \\ s &= \frac{V^2}{2.a} = \frac{V_t.t}{2} = \frac{a.t^2}{2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dimana :

V_t = kecepatan akhir (m/dt)

t = waktu tempuh (t)

s = jarak tempuh (m)

a = percepatan (m/dt^2)

- Untuk kondisi pengereman

$$\begin{aligned} a &= \frac{V_0^2}{2.s} = \frac{V_0}{t} = \frac{2.s}{t^2} \\ t &= \frac{V_0}{a} = \frac{2.s}{V_0} = \sqrt{\frac{2.s}{a}} \\ s &= \frac{V_0^2}{2.a} = \frac{V_0.t}{2} = \frac{a.t^2}{2} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Dimana :

V_0 = kecepatan awal saat direm (m/dt)

t = waktu tempuh (t)

s = jarak tempuh (m)

a = perlambatan (m/dt^2)

Untuk keadaan umum dimana kendaraan dapat dipercepat dari suatu kecepatan awal atau kendaraan diperlambat mencapai akhir tertentu, maka percepatan atau perlambatan (a), waktu tempuh (t), dan jarak tempuh (s), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{V_t - V_0}{t} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2.s} = 2 \frac{s - V_0 \cdot t}{t^2} \\
 t &= \frac{V_t - V_0}{a} = \frac{2.s}{V_t + V_0} = \sqrt{2 \left[\frac{s}{a} - \frac{V_0}{a^2} (V_t - V_0) \right]} \\
 s &= \frac{V_t^2 - V_0^2}{2.a} = \frac{V_t + V_0}{2} t = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

Besarnya percepatan yang dapat dicapai oleh suatu kendaraan untuk kecepatan tertentu sangat bergantung pada tenaga yang dihasilkan mesin, efisiensi sistem penggerak, dan tenaga yang habis untuk melawan hambatan kendaraan. Percepatan yang dihabiskan oleh kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{3600 (P_m \cdot \eta - P_R)}{k_m \cdot m \cdot V} \tag{2.9}$$

Dimana :

- a_0 = percepatan yang dapat dicapai V . (m/dt^2)
- V = kecepatan kendaraan. (Km/jam)
- P_m, P_R = tenaga mesin dan tenaga yang hilang karena hambatan pada kendaraan. (kW)
- m = massa kendaraan. (kg)
- η = efisiensi sistem penggerak
- k_m = koefisien massa rotasi

2.2 Prinsip Dasar Pengereman

Pada setiap kendaraan bermotor kemampuan sistem pengereman menjadi suatu yang sangat penting karena dapat mempengaruhi keselamatan kendaraan tersebut. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut untuk melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan

optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan tersebut. Untuk mencapainya diperlukan perbaikan-perbaikan dalam sistem pengereman. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah dari laju kendaraannya.

2.3 Cara Kerja Rem

Menghentikan laju suatu kendaraan dapat dilakukan dengan beberapa cara. Biasanya digunakan suatu alat pengereman seperti rem cakram maupun rem tromol. Tetapi ada cara lain yang dapat digunakan untuk menghentikan laju kendaraan yaitu dengan menggunakan bantuan *engine brake*. Prinsipnya dengan menurunkan gigi persneling pada gigi yang lebih rendah akan memberikan efek pengereman, meskipun tidak sekuat jika dilakukan dengan rem. Biasanya *engine brake* digunakan untuk membantu meringankan kerja dari rem.

Alat pengereman dari suatu kendaraan dibedakan menjadi dua jenis yaitu tipe drum dan tipe piringan/cakram. Tipe drum, rem ini terdiri dari sepasang kampas rem yang terletak pada piringan yang tetap (tidak ikut berputar bersama roda), dan drum yang berputar bersama roda. Dalam operasinya setiap kampas rem akan bergerak radial menekan drum sehingga terjadi gesekan antara drum dan kampas rem. Tipe rem piringan terdiri dari piringan yang berputar bersama roda dan sepasang kampas rem pada posisi radial terhadap piringan. Untuk melakukan pengereman kedua kampas rem bergerak menjempit piringan sehingga terjadi gaya gesek antara kampas rem dengan piringan.

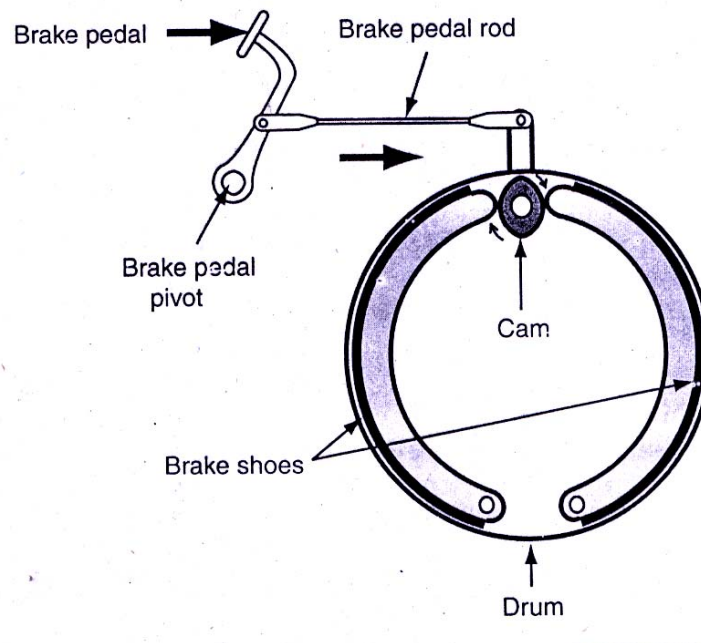
2.4 Jenis Jenis Rem Pada Sepeda Motor

Secara umum sistem pengereman yang berkembang pada sepeda motor saat ini ada dua jenis yaitu:

2.4.1 Rem tromol

Pada rem tromol, penghentian atau pengurangan putaran roda dilakukan dengan adanya gesekan antara piringan pada sepatu rem dengan tromolnya, cara kerjanya adalah sebagai berikut:

Pada saat tuas rem tidak ditekan sepatu rem dengan tromol tidak saling kontak. Tromol rem berputar bebas mengikuti putaran roda, tetapi pada saat tuas rem ditekan lengan rem memutar *cam* pada sepatu rem sehingga sepatu rem menjadi mengembang dan piradonya bergesekan dengan tromol. Akibatnya, putaran tromol dapat ditahan atau dihentikan (Suratman, 2002).



Gambar 2.2. Rem tromol, Clifton Owen, *Automotif Brake Sytems* (Thomson Delmar Learning, 2004). p. 22

Sepatu rem di pasang pada bagian roda yang tidak berputar pada roda yang disebut hub, hub ini di perkuat dengan jalan di pasang sebuah batang logam yang dibaut pada bagian rangka (*frame*), batang logam ini dapat mencegah bagian hub turut berputar di saat sedang di lakukan pengereman roda.

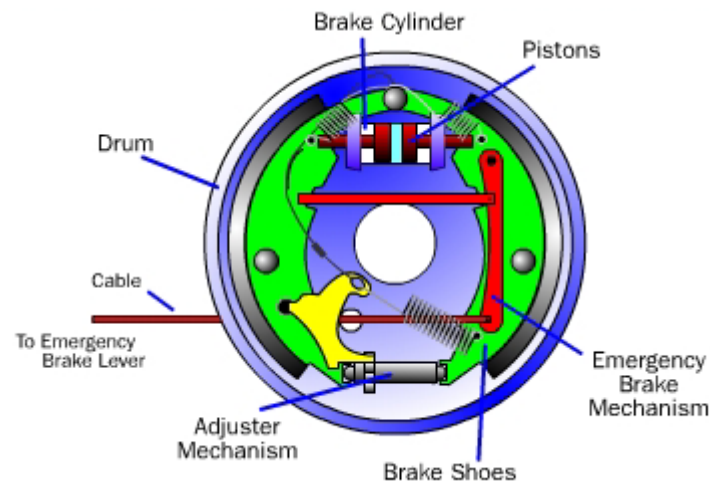
Hub dilengkapi dengan *anchor pin* dan cam (bubungan), sepatu rem di tempatkan di antara anchor pin dan bubungan ini, dengan diperkuat dengan dua buah pegas yang di pasang pada masing-masing sepatu rem.

Pegas ini berguna untuk mengembalikan posisi sepatu rem setelah proses pengereman roda selesai, disamping itu juga untuk memperkuat kedudukan sepatu rem pada bagian hub roda.

Ujung lainnya dari cam dipasang lengan rem, yang gunanya untuk memutar bubungan tersebut. Lengan rem dihubungkan dengan pedal rem melalui batang penarik rem (untuk roda belakang), sedangkan pada roda depan lengan rem di hubungkan dengan handel rem depan melalui kawat (Northop, 2000).

Gambar rem tromol ini dapat dilihat di bawah ini

Cara kerja rem tromol secara detail dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.3 Rem Tromol

Piston akan digerakkan oleh tekanan minyak dari master silinder sehingga piston bergerak secara radial menggerakkan *brake shoes* untuk menekan *drum brake* sehingga pengereman akan terjadi. Ketika piston menggerakkan *brake shoes*, *brake shoes* juga menarik pegas pengembali, jadi ketika pengereman selesai maka *brake shoes* akan ditarik ke posisi semula oleh pegas tersebut.

2.4.1.1 Bahan - bahan Penyusun Sistem Tromol

Bahan - bahan yang digunakan sebagai penyusun sistem tromol adalah :

1. Bubungan : pendorong kampas untuk bergesekan dengan drum sehingga menimbulkan gesekan dalam pengereman.
2. *Anchor pin* : berfungsi untuk mencekam sepatu rem.
3. *Drum* : tempat kampas mengadakan *friksi*, ikut berputar dengan putaran roda.
4. Sepatu rem : pendukung kampas untuk mendorong pada drum sehingga menimbulkan *friksi* atau gesekan.

2.4.2 Disc brake (rem cakram)

Disc brake terdiri dari piringan yang dibuat dari logam, piringan logam ini akan dijepit oleh kanvas rem (*brake pad*) yang didorong oleh sebuah torak yang ada di dalam silinder roda.

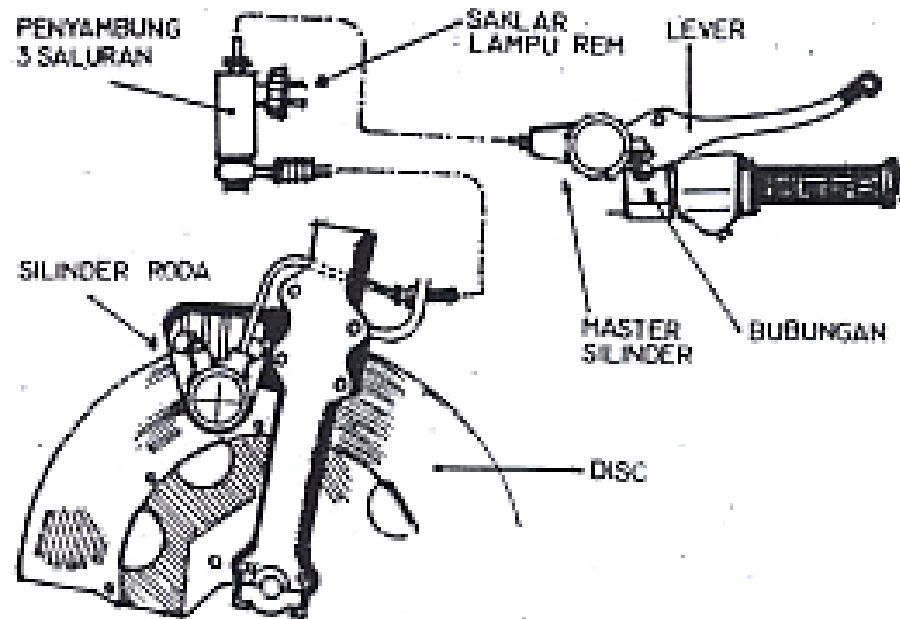
Untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini, pada rem cakram dilengkapi dengan sistem *hydraulic*, agar dapat dihasilkan tenaga yang cukup kuat.

Sistem *hydraulic* terdiri dari *maser* silinder, silinder roda, reservoir untuk tempat oli rem dan komponen penunjang lainnya. Secara singkat sytem kerja rem ini adalah sebagai berikut. Ketika handel rem di tarik, bubungan yang terdapat pada handel rem depan akan menekan torak yang terdapat di dalam master silinder. Torak ini akan mendorong oli rem ke arah saluran oli, yang selanjutnya masuk kedalam ruangan pada silinder roda.

Pada bagian torak sebelah luar dipasang kanvas atau disebut brake pad, brake pad ini akan menjepit piringan metal dengan memanfaatkan gaya/ tekanan torak kearah luar yang diakibatkan oleh tekanan oli rem tadi.

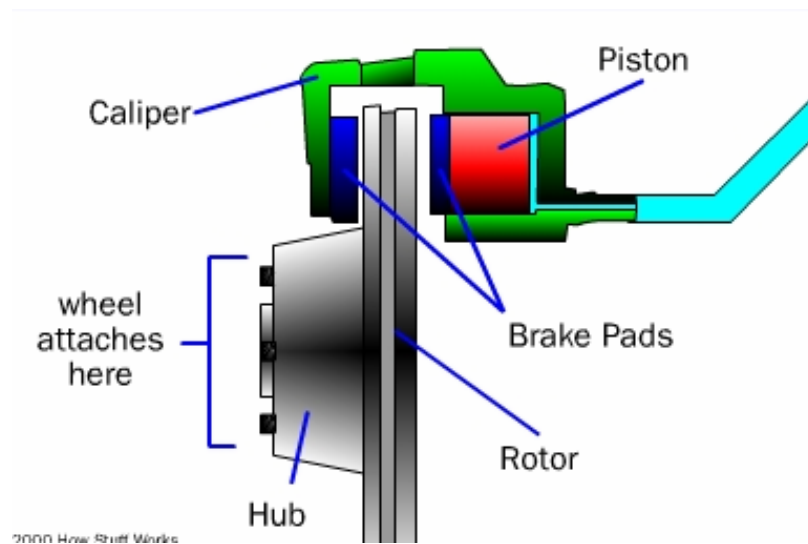
Jadi keunggulan *system hydraulic* adalah dengan hanya membuang sedikit tenaga untuk menekan torak yang ada didalam master silinder, akan didapat tekanan yang cukup besar pada bagian silinder roda. Ketika proses pengereman roda telah selesai, berarti torak pada master silinder akan mundur kembali dengan bantuan pegas yang terdapat didalam master silinder, akibatnya ruangan didalam master silinder akan melebar dan oli yang tadi ditekan pada silinder roda akan mengalir kembali kedalam master silinder.

Yang terpenting pada rem dengan sistem *hydraulic* adalah harus dijaga agar pada rangkaian saluran oli remnya tidak terdapat udara, oleh sebab itu maka pada bagian silinder rodanya selalu dilengkapi dengan baut untuk membuang udara (Northop, 2000).



Gambar 2.4. *Disc Brake*, Teknik Reparasi Sepeda Motor, RS. Northop, *Teknik Reparasi Sepeda Motor* (Pustaka Setia, 2000). p. 129

Sedangkan cara kerja rem cakram secara detail dapat dilihat pada gambar 2.4

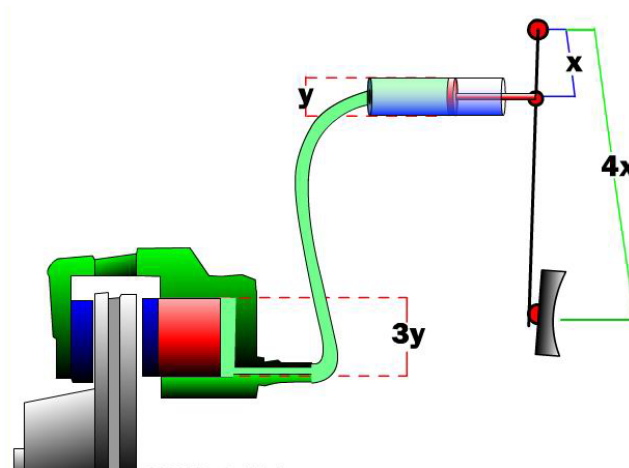


Gambar 2.5 Rem Cakram

Piston didalam caliper akan digerakan oleh tekanan minyak yang didistribusikan dari master rem, karena tekanan tersebut maka piston akan

menggerakkan *brake pad* untuk menjepit rotor/piringan cakram akibatnya putaran rotor/piringan cakram akan tertahan hingga terjadi efek pengereman.

Untuk mendapatkan efek perlambatan dan gaya pengereman pada *brake pad* yang besar dengan sedikit gaya pada pedal maka dapat dilakukan dengan jalan menggabungkan keuntungan mekanik dan keuntungan hidrolis dalam sistem pengereman itu, seperti penjelasan ilustrasi berikut ini :



Gambar 2.6 Cara Kerja Pengereman

Pada gambar 2.5 terlihat bahwa panjang pedal sampai ke engsel lebih panjang 4 kali dari panjang silinder ke engsel, jadi gaya pada pedal akan meningkat sebesar 4 kali sebelum gaya tersebut ditransmisikan pada master silinder.

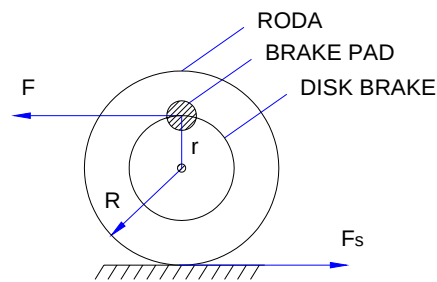
Pada gambar juga terlihat bahwa diameter silinder pada rem adalah 3 kali lebih besar dari diameter master silinder.

Hal ini mengakibatkan gaya yang ditransmisikan akan meningkat menjadi 9 kali. Jadi semua sistem ini akan melipatgandakan gaya yang diberikan oleh pedal kaki menjadi 36 kali lipat.

Jika diberikan gaya sebesar 10 lb pada pedal maka akan dihasilkan gaya sebesar 360 lb untuk menekan kampas rem tersebut.

Untuk mendapatkan efek perlambatan dari gaya yang dihasilkan pada *brake pad* itu dapat dijelaskan sebagai berikut:

Dalam perlambatan roda dapat mengalami 2 kondisi yaitu *skid* atau tidak *skid*. Yang dimaksud *skid* adalah kondisi jika gaya yang menekan *brake pad* dikalikan dengan jari-jari piringan cakram lebih besar dari gaya gesek yang terjadi antara roda dengan permukaan jalan dikalikan dengan jari-jari rodanya. Kalau dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2.7 Teori Pengereman

$$F \times r \Leftrightarrow F_s \times R \quad (2.10)$$

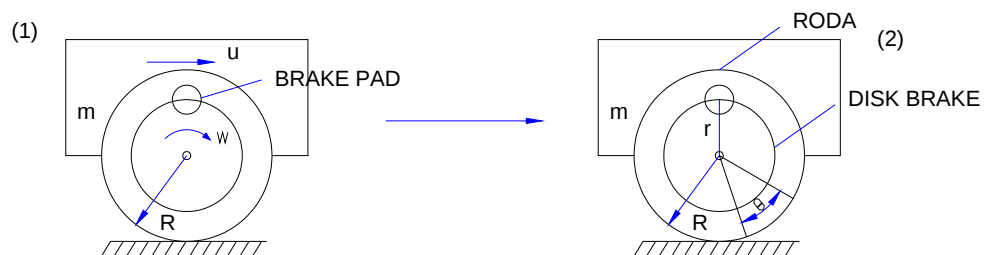
Di mana : F = gaya gesek pada *brake pad*

F_s = gaya gesek roda dengan permukaan jalan

r = jari-jari piringan cakram

R = jari-jari roda

Jika dalam perlambatan roda tidak mengalami *skid* maka perlambatannya dapat dijelaskan dengan rumusan kerja dan perubahan energi seperti berikut :



Gambar 2.8 Pengereman

$$\text{Usaha} = \Delta \text{Energi} \quad (2.11)$$

Di mana usaha disini merupakan usaha yang terjadi pada brake dan Δ Energi yang dipengaruhi oleh perubahan energi kinetik (E_k) selama perlambatan.

Rumusannya :

$$\text{Usaha} = F.S \quad (2.12)$$

Di mana : F = gaya gesek yang terjadi di brake pad akibat pengereman

S = jarak usaha pengereman

$$\Delta \text{Energi} = \Delta E_k \quad (2.13)$$

karena pada kondisi lintasan datar dan kecepatan akhir = 0 maka:

$$\Delta \text{Energi} = \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.14)$$

Dari kedua rumusan diatas dapat dihasilkan persamaan :

$$F.S = \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.15)$$

Karena F = gaya gesek pada *brake pad* besarnya sama dengan gaya tekan *brake pad* (F_r) dikalikan koefisien gesek antara *brake pad* dan piringan rem (μ_k) dan S = jarak usaha pengereman sama dengan diameter cakram (r) dikalikan banyaknya putaran roda selama pengereman (θ) maka didapat rumusan :

$$(\mu_k . F_r) . (r . \theta) = \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{1}{2} I \frac{V_1^2}{R^2}, (R = \text{jari-jari roda})$$

$$(r . \theta) = \frac{\frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{1}{2} I \frac{V_1^2}{R^2}}{\mu_k . F_r}$$

$$\theta = \frac{(m + \frac{I}{R^2}) V_1^2}{2(\mu_k . F_r . r)}$$

$$S = R . \theta \quad (2.16)$$

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 . a . S$$

kern $V_2 = 0$, maka :

$$S = -\frac{V_1^2}{2.a} \quad (2.17)$$

Dari persamaan (2.16) dan (2.17) didapat :

$$-\frac{V_1^2}{2.a} = R.\theta$$

$$a = -\frac{2.R.\theta}{V_0^2}$$

$$a = -\frac{2.R.\frac{(m - \frac{I}{R^2})V_1^2}{2.(\mu_k.F_r.r)}}{V_0^2}, (a = \text{perlambatan yang terjadi}) \quad (2.18)$$

Jika dalam perlambatan roda mengalami *skid* maka perlambatannya dapat dijelaskan dengan rumusan :

$$\Sigma F = m . a \quad (2.19)$$

$$F_s = m . a$$

$$a = \frac{F_s}{m}, (a = \text{perlambatan})$$

Di mana : F_s = gaya gesek roda dengan permukaan jalan

m = massa roda

Rem cakram lahir untuk mengeliminasi kelemahan rem teromol. Prinsip kerjanya adalah *brake pad* mencengkeram *disc* atau rotor yang berputar dengan kekuatan hidrolik yang disalurkan kaliper rem. Rem cakram menghasilkan kinerja yang lebih baik dan stabil saat menghentikan kendaraan.

Rem cakram memiliki suhu yang lebih dingin, karena udara luar dapat bersirkulasi bebas pada permukaan bidang gesek. Rotor memiliki lubang-lubang udara yang bisa menyalurkan panas hasil gesekan secara cepat.

Kelemahan rem cakram adalah kotoran mudah masuk karena sistemnya terbuka. Debu yang menempel pada rotor dan *brake pads* akan membuat cakram lebih cepat aus. Bahkan dalam situasi pengereman yang ekstrem akan menyebabkan *disc*-nya cepat tipis dan kurang menggigit.

Rem cakram bagian depan relatif lebih terlindung dibandingkan rem cakram bagian belakang. Debu dan serpihan kotorannya lebih cepat melekat pada rem

cakram belakang akibat lontaran dari ban depan. Itu sebabnya rem cakram belakang lebih cepat aus daripada rem cakram depan. Meskipun demikian, rata-rata mobil sport memakai rem cakram depan dan belakang karena kinerjanya yang bagus.

2.4.3 Keausan Merata

Rem cakram akan dianalisa seperti pada gambar 2.9. Keausan dapat diasumsikan berhubungan sebanding dengan intensitas tekanan dan kecepatan pada titik tertentu pada rem cakram. Kecepatan ini secara langsung berbanding dengan radius. W sebagai keausan didapat :

$$W \sim pV \sim pr \quad (2.20)$$

Di mana p = intensitas tekanan dalam lb/in^2 dan radius r dalam inchi, maka:

$$W = k.p.r \quad (2.21)$$

Di mana k adalah konstanta, maka :

$$\frac{W}{k} = p.r = K \quad (2.22)$$

karena K adalah konstan maka W dan k juga konstan. Karena $p.r$ adalah konstan maka jelas tekanan maksimum terjadi pada r minimum (r_i) maka :

$$K = p.r = p_{\max}.r_i \text{ atau } p = p_{\max} \frac{r_i}{r} \quad (2.23)$$

Nilai numerik dari tekanan maksimum yang diijinkan tergantung dari tipe material gesek yang digunakan.

Gaya aktiasi, F_a , adalah gaya tekan 2 kampas bersama-sama dan merupakan normal dari permukaan gesek. Gaya tersebut didapat dengan mengalihkan tekanan antara permukaan gesek dengan luasan permukaan. Tetapi karena tekanan tidak konstan maka harus menghitung gaya untuk elemen-elemen lingkaran yang ditunjukkan gambar 2.9 dan mengintegrasikan sesuai batas-batasnya. Maka persamaan untuk gaya aktiasi didapatkan dari :

$$\begin{aligned} F_a &= \int_{r_i}^{r_o} p.2.\pi.r.dr \\ &= \int_{r_i}^{r_o} p_{\max} \cdot \frac{r_i}{r} .2.\pi.r.dr \end{aligned}$$

$$= 2\pi r_i \cdot p_{\max} (r_o - r_i) \quad (2.24)$$

Untuk mendapatkan persamaan kapasitas torsi dari rem cakram, teori gesekan dari elemen-elemen luasan lingkaran harus diintegrasikan dalam batas-batasnya sehingga :

$$T = \int_{r_i}^{r_o} r \cdot f \cdot p \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr$$

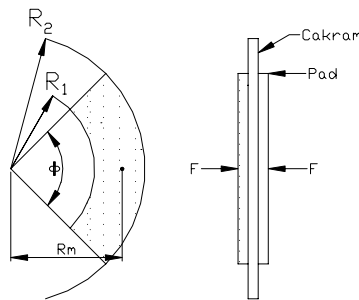
atau

$$T = \pi \cdot f \cdot r_i p_{\max} (r_o^2 - r_i^2) \quad (2.25)$$

di mana f = koefisien gesek.

Karena persamaan hubungan kapasitas torsi dan gaya aktuasi lebih mudah digunakan maka dari rumusan (2.24) dan (2.25) dapat ditulis :

$$T = \frac{f \cdot F_a \cdot (r_o + r_i)}{2} \quad (2.26)$$



Gambar 2.9 Notasi Untuk Rem Cakram

2.4.4 Tekanan Merata

Dengan asumsi yang sama untuk tekanan merata, tiap bagian dari permukaan rem cakram mendapatkan tekanan maksimum. Dengan asumsi seperti ini keausan tidak akan sama. Untuk itu didapatkan gaya aktuasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_a &= \int_{r_i}^{r_o} p_{\max} \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \\ &= \pi \cdot p_{\max} (r_o^2 - r_i^2) \end{aligned} \quad (2.27)$$

sedangkan kapasitas torsi dari rem cakram didapatkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= \int_{r_i}^{r_o} r \cdot f \cdot p \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \\ &= \frac{2}{3} \pi \cdot f \cdot p_{\max} (r_o^3 - r_i^3) \end{aligned} \quad (2.28)$$

sedangkan persamaan yang menghubungkan kapasitas torsi dengan gaya aktiasi didapatkan sebagai berikut :

$$T = \frac{2}{3} f \cdot F_a \frac{(r_o^3 - r_i^3)}{(r_o^2 - r_i^2)} \quad (2.29)$$

2.5 Kombinasi Antilock Brake System (ABS) dan Combined Brake System (CBS) untuk sepeda motor

Persyaratan mendasar bagi sistem rem sepeda motor mencakup turunya kecepatan serta mengembangkan stabilitas sepeda motor selama mengerem melalui operasi yang mudah. Untuk memenuhi segala persyaratan tersebut, Combined Brake System (CBS) dan Antilock Brake System (ABS) bagi sepeda motor telah mengalami penelitian dan uji pengembangan. Sistem rem baru yang mengkombinasikan CBS dengan ABS telah mengalami penelitian dan terpasang pada sepeda motor percobaan. Hasil dari uji coba rem tersebut menunjukkan melalui capaian yang tinggi dalam tingkat penurunan kecepatan dan khususnya selama adanya ABS.

Sistem rem sepeda motor konvensional memiliki tiga karakteristik utama yang bisa dibandingkan dengan mobil seperti yang digambarkan sebagai berikut :

- Sepeda motor yang memiliki pusat gerakan yang tinggi dan dasar kemudi. Sebagai konsekuensi, distribusi kekuatan rem antara depan dan roda kemudi ger (roda gigi) bisa berjalan selama masa perlambatan. Untuk mencapai tingkat penurunan yang lebih besar, kekuatan input tangan dan kaki berpengaruh terhadap roda kemudi belakang dan depan, sepeda motor pasti memiliki sistem rem pada roda kemudi depan dan belakang.
- Sepeda motor memiliki haluan tunggal untuk memutar kemudi kendaraan, yang bisa dibandingkan dengan mobil. Stabilitas rol sepeda motor tergantung pada kekuatan dari ban, di antara yang lain. Kunci roda / kemudi disebabkan oleh kekuatan input rem yang bisa menghasilkan stabilitas sepeda motor, dengan menurunkan daya lateral dari ban.

- Kepadatan dan berat lampu adalah ciri dari adanya rem sepeda motor. Selanjutnya, harganya juga menjadi sebuah faktor ketika terjadi kelaikan pasar.

Pada bagian Combined Brake System (CBS), pedal menggerakkan CBS yang dilengkapi dan dipasang pada sepeda motor tahun 1983. Setelah itu, dengan bertujuan untuk operasi rem yang lebih besar, Dual Combined Brake System (D-CBS) yang terdapat pada bagian di mana kaki dan tangan bisa menggerakkan roda depan dan belakang secara bersamaan yang telah dikembangkan, dan sepeda motor sport dengan adanya sistem yang ditempatkan pada pasar global tahun 1993. Pada bagian Antilock Brake System (ABS), ABS solenoid yang dipasang pada produksi sepeda motor tahun 1992. Kendati demikian, harga solenoid yang mengendalikan ABS masih relatif bisa dibandingkan dengan harga sepeda motor yang utuh. Sehingga, untuk menciptakan daya lampu, ABS yang tidak mahal, penelitian selanjutnya diterapkan pada motor yang menggunakan ABS. Selanjutnya, hasil dari penelitian pada ABS yang diperkenalkan tahun 1995.

CBS dan ABS yang dikombinasikan dan disusun oleh sistem rem kemudian digunakan untuk mencoba dan mencukupi persyaratan pada sistem rem sepeda motor terhadap beberapa aplikasi. Berdasarkan atas hasil penelitian, yang diberikan pada ABS dan CBS, sistem rem baru yang mengkombinasikan dua sistem rem tersebut yang telah dipelajari. Dalam artikel ini, konstruksi dan fungsi D-CBS & ABS akan dijelaskan pertama kali, dan kemudian hasil percobaan rem akan dibahas dan diterapkan dengan menggunakan contoh dari percobaan sepeda motor dengan penempatan mesin yang bervolume 1100 cm³.

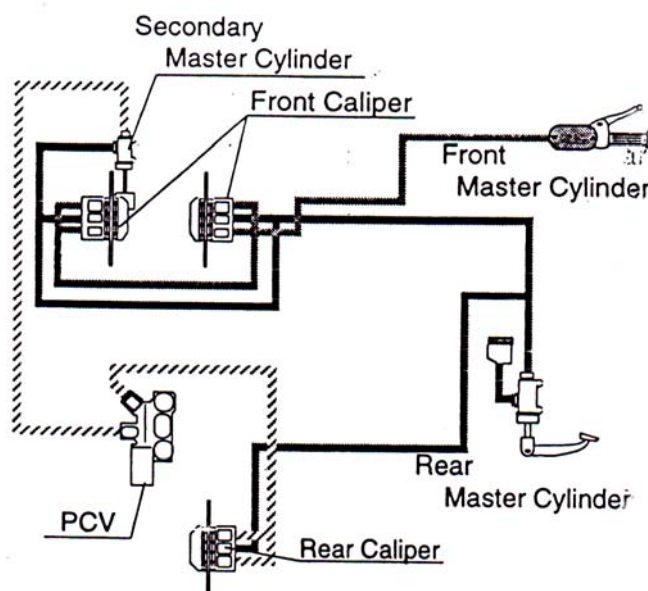
D-CBS dan motor yang mengendalikan ABS bersandar pada D-CBS & ABS yang mula-mula dijelaskan, dan fungsi serta karakteristik dari D-CBS & ABS yang digambarkan sebagai berikut :

2.5.1 Dasar Karakteristik dan Operasional D-CBS

Karakteristik D-CBS – pada umumnya, sepeda motor memiliki system rem yang digerakkan pada roda depan dan belakang. Operasi input dijalankan oleh pengemudi. Si pengemudi menerapkan kekuatan rem sesuai dengan kebutuhannya dalam berkendara. Maksudnya adalah menggunakan rem sesuai dengan tingkat kecepatan yang sedang berjalan. Untuk mendapatkan penurunan kecepatan yang lebih baik, seorang pengemudi hendaknya memiliki pengalaman dan kemampuan yang cekatan dalam berkendara. Salah satu tujuan CBS adalah untuk mendapatkan efisiensi pengereman dengan daya rem yang bisa disesuaikan.

Melalui jenis penelitian D-CBS, bisa dijelaskan beberapa kesimpulan berikut ini. Apabila D-CBS memiliki ciri-ciri yang sesuai dengan persyaratan yang ditentukan, maka kunci roda akan berkurang sedangkan deselerasi akan bisa didapatkan :

Ketika hanya menerapkan input rem tangan saja, respon terhadap system D-CBS harus seragam dengan system rem yang masih konvensional. Hal yang sama bisa saja terjadi dengan hanya ada input rem kaki saja. Ketika kekuatan rem baik melalui tangan ataupun kaki, bisa berjalan konstan manakala input yang lain meningkat, distribusi kekuatan rem harus lebih memusat pada distribusi ideal.

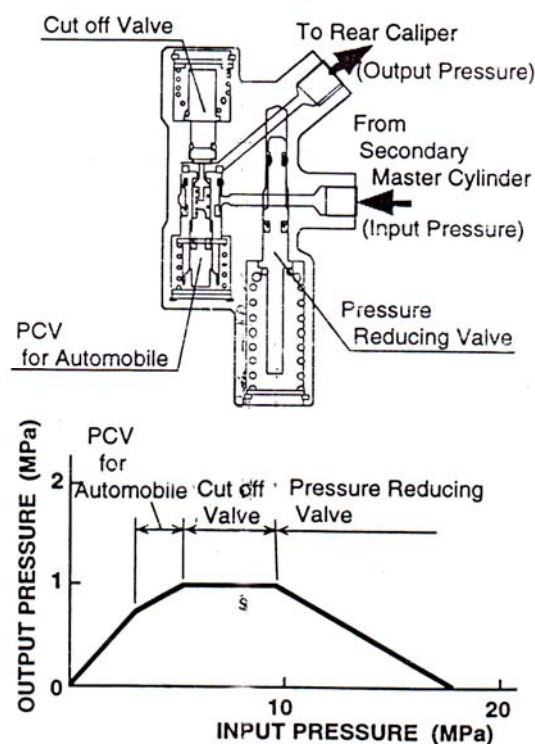


Gambar 2.10 : Skema diagram D-CBS

Diagram skema D-CBS ditunjukkan dalam gambar 2.10.

Dasar operasi D-CBS – tekanan hidrolik digerakkan oleh silinder master depan pada tangan dan ditransmisikan secara langsung pada kaliper depan serta kekuatan rem pada roda depan. Tekanan hidrolik dihasilkan dari silinder master yang kedua melalui penggunaan kekuatan rem ini yang terhubung pada sebuah jaringan tertentu, dan tekanan hidrolik ini dikontrol oleh PCV dan ditransmisikan pada kaliper belakang. Kekuatan rem juga dihasilkan pada roda belakang melalui tekanan hidrolik. Tekanan hidrolik sendiri dihasilkan oleh silinder master yang sesuai dengan input pedal kaki dan secara langsung ditransmisikan terhadap kaliper belakang sekaligus pada kaliper depan. Daya kekuatan rem pada roda belakang melalui input kaki yang dihasilkan oleh kedua hal yaitu tekanan hidrolik yang berasal dari silinder master belakang dan PCV melalui silinder master kedua.

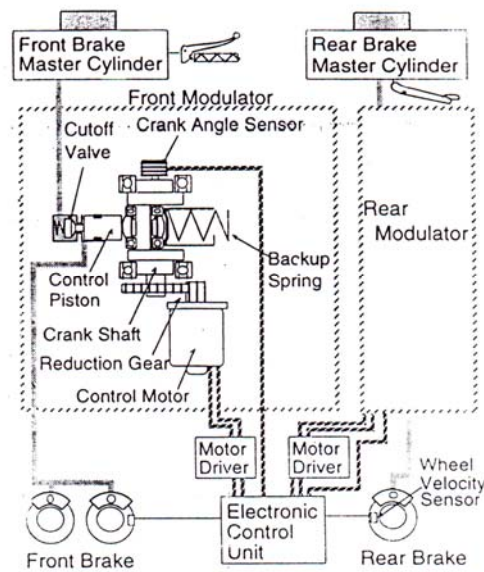
PCV tetap konsisten pada ketiga tahapan di mana penguran tekanan bisa sama dengan yang terdapat di mobil, klep roda gigi dan klep pengurangan tekanan serta ciri daya kekuatan remnya dipasang agar bisa sesuai dengan distribusi yang ideal (gambar 2.11).



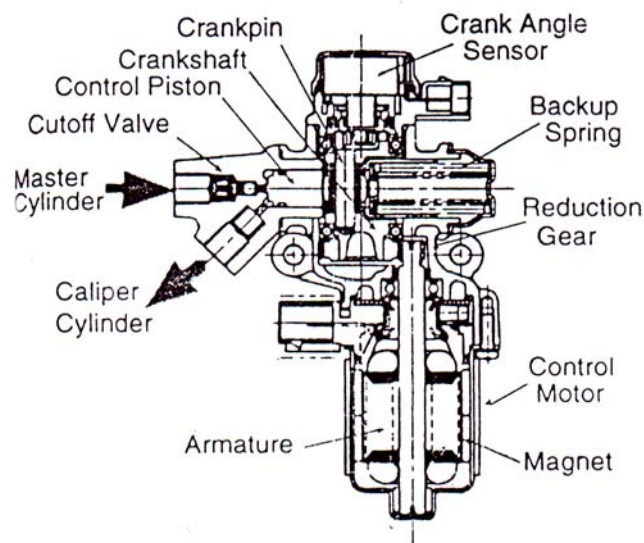
Gambar 2.11 : Konstruksi PCV dan Karakteristik D-CBS

2.5.2 Dasar Operasional dan Ciri-ciri Motor Yang Menggerakkan ABS

Karakteristiks pada motor yang mengendalikan ABS – tujuan ABS meliputi penurunan adanya kemungkinan penguncian roda dan membantu memelihara kinerja rem agar efektif ketika seorang pengendara menerapkan input rem yang berlebihan. Gambar 2.12 menunjukkan adanya diagram skematis mengenai motor yang mengendalikan ABS dan ini telah diteliti sebagai sebuah sepeda motor ABS. Gambar 2.13 menunjukkan konstruksi modulator.



Gambar 2.12 Skema Diagram dari Motor yang Menggerakkan ABS



Gambar 2.13 Konstruksi Modulator pada Motor Yang Menggerakkan ABS

ABS meliputi sensor kecepatan roda pada bagian roda depan dan belakang, ECU, Motor Driver dan modulator. Motor yang menggunakan ABS memiliki kelebihan pada solenoid konvensional yang mengendalikan ABS. Pengurangan ukuran, berat dan harga yang dicapai dengan menempatkan sirkuit hidrolik yang terdiri dari dua klep solenoid, pompa dan motor (tabel 1). Finer 256 langkah dalam mengendalikan tekanan kaliper yang dibentuk dengan menempatkan kontrol tekanan hidrolik melalui klep solenoid dengan control pada sudut rotasi motor. Sehingga hal ini memungkinkan muncul respon yang lebih baik dan kontrol terhadap tekanan kaliper.

2.5.3 Prinsip Motor Yang Menggerakkan Operasi ABS

Engkol modulator diperkuat pada titik pusat yang berada di bagian atas melalui pegas selama situasi normal pada si pengendara. Sepanjang waktu ini, yang berada di bagian atas piston kontrol dibuka dan tekanan hidrolik pada silinder master secara langsung dijalankan pada silinder kaliper.

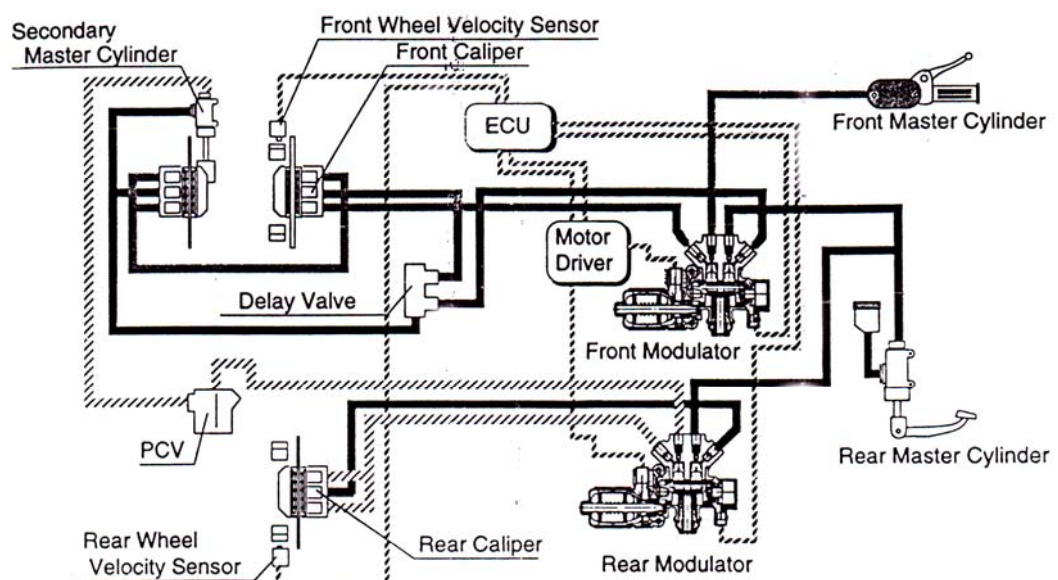
Ketika ECU memeriksa kalau roda menampilkan kecenderungan menjadi terkunci dari rasio roda selip (tergelincir) dan akselerasi roda, ECU bisa mengirimkan sinyal pada pengendara motor. Piston kontrol bergerak pindah melalui titik mati bawah sesuai dengan rotasi engkol oleh pengemudi motor tersebut, dan untuk menutup katup lain serta mengurangi tekanan kaliper. Selama ECU mendeteksi masa recovery kecepatan gigi roda, piston kontrol bergerak pindah menuju titik mati atas melalui rotasi berlawanan pada motor kontrol guna meningkatkan tekanan kapiler yang dikendalikan oleh operasi balikan pada system pengendalian motor dengan sensor tertentu.

Tabel 1 : Spesifikasi motor yang menggunakan ABS dan Solenoid ABS

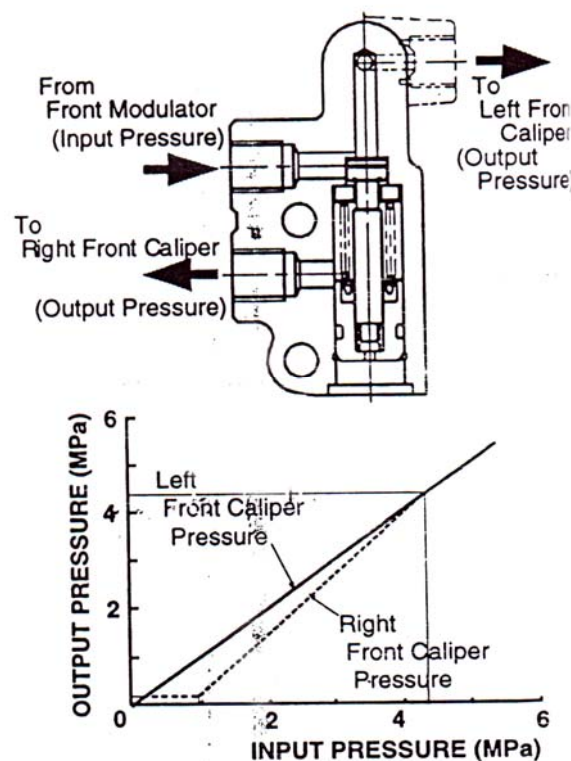
No	ITEM	Motor driven ABS	Solenoid Controlled ABS
1	System MASS (kg)	3.82	5.54
2.	Modulator MASS (kg)	1.5 (2 modulator)	3.3 (2 modulator)
3.	Modulator VOLUME (cm3)	400 (2 modulator)	1100 (2 modulator)

4.	NUMBER of Modulator Parts	22 types, 27 pieces	46 pieces, 57 pieces
Pressure Controlling Unit	DIVISION by Wheel Conditions	16384	8
	STEPS in Caliper Pressure Controlling	256	7

Unit aritmatik ECU tersusun dari dua CPU. Selama mengendarai dalam situasi normal, dua CPU tadi menampilkan hitungan aritmatik yang sama, sama-sama bisa dibandingkan dan menentukan nilai seperti kecepatan roda dan rasio tergelincir. Selama operasi ABS, salah satu dari CPU mengendalikan ABS dan CPU yang lain pada motor. CPU yang mengendalikan ABS mendapatkan sejumlah tekanan meningkat atau bahkan menurun dari bagian kendaraan yang tidak jelas yang berdasarkan atas data dari periode waktu perjalanan. CPU mengendalikan motor dengan PID (Proportional Integral Derivative) yang didasarkan atas sudut tertentu dan ditransmisikan dari CPU dalam mengendalikan ABS dan bagian lain. Serta motor kontrol digerakkan oleh PWM (Pulse Width Modulation) dengan 10KHz.

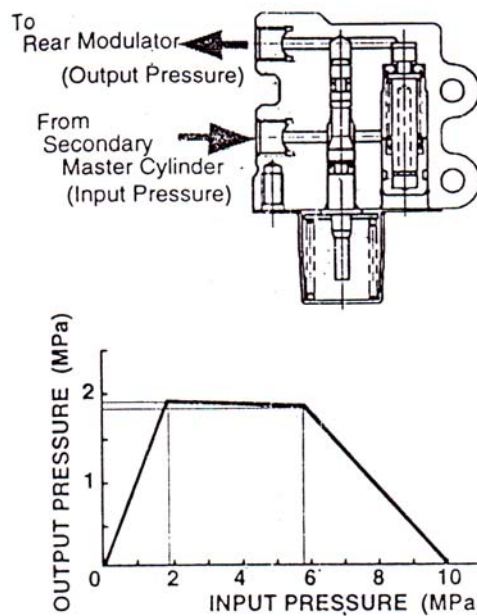


Gambar 2.14 Skema Diagram dari D-CBS&ABS



Gambar 2.15 Konstruksi Katup Tertutup dan Karakteristik D-CBS & ABS

COMBINATION OF D-CBS AND MOTOR DRIVEN ABS- A kombinasi D-CBS dan motor yang menggunakan ABS yang dicapai dengan memasukkan ABS ke dalam sirkuit tekanan hidrolik D-CBS. Diagram skematis mengenai D-CBS & ABS ditunjukkan dalam gambar 2.15. Peningkatan D-CBS – Usaha untuk meningkatkan penggunaan pedal dengan input lain, ukuran yang diambil untuk mengurangi distribusi kekuatan pengereman pada roda depan. Metodenya yaitu dengan memasang katup seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6 antara modulator depan dan kaliper depan. Perubahan distribusi pengereman oleh katup yang tertutup memungkinkan bisa mengadopsi PCV yang tersusun dari bagian fungsional katup dan tekanan yang bisa mengurangi katup tanpa PCV pada bagian mobil, seperti yang terlihat dalam gambar 2.16. Gambar 2.16 tentang konstruksi PCV dan karakteristik D-CBS & ABS. Kaliper yang dipadatkan dan dinyalakan selama proses konstruksi dasar sedang berjalan.



Gambar 2.16 PCV Konstruksi dan karakter pada D-CBS&ABS

2.5.4 Fungsi ABS pada D-CBS & ABS

Pada D-CBS & ABS, distribusi kekuatan pengereman yaitu memasang ABS dan menggerakkan pada roda depan sebelum roda tersebut menggerakkan roda depan, ketika input tangan dijalankan. Pada operasi ABS melalui input tangan, tekanan hidrolik berada pada kapiler depan dan dikendalikan oleh modulator depan agar bisa mencegah penguncian roda. Sejalan dengan hal di atas, tekanan hidrolik yang ada pada kapiler belakang juga akan bisa terkontrol. Daya kekuatan rem pada roda depan dan belakang dihasilkan oleh input tangan.

Pada pedal input kaki, distribusi kekuatan pengereman juga dipasang agar bisa menggerakkan ABS ke roda belakang sebelum roda tersebut menggerakkan roda depan. Operasi ABS melalui input kaki, seperti tekanan hidrolik yang terdapat dalam kapiler belakang hanya bisa dikendalikan oleh modulator belakang saja, sedangkan daya pengereman mengikuti kurva input kaki agar bisa mencegah penguncian roda. Seperti halnya input kaki yang bisa meningkat, ABS juga bisa menggerakkan pada roda depan melalui kontrol modulator depan. Sebagai hasilnya, distribusi pengereman cenderung mengarah pada pendekatan yang ideal.