



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

Modul 3: Desain Kendaraan + Dinamika

PhD, Assoc. Prof., Sanjarbek Ruzimov
sanjarbek.ruzimov@polito.it



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

CONTENT OF THE PRESENTATION: FOR EDUCATIONAL PURPOSE ONLY

Jadwal acara



- Slot 3: Simulasi dinamika kendaraan
 - Dinamika longitudinal dan simulasi konsumsi bahan bakar di Matlab/Simulink
 - Simulasi dinamika pengereman
- Slot 4 dan 5: Dinamika vertikal
 - Dinamika vertikal kendaraan
 - Sistem redaman Pasif, Semi aktif, dan Aktif
 - Gerakan gulungan
- Slot 6: Sistem kontrol
 - Kontrol sistem penyesuaian ketinggian
 - Kontrol Suspensi Regeneratif
 - Kontrol gulungan aktif



Simulasi dinamika kendaraan



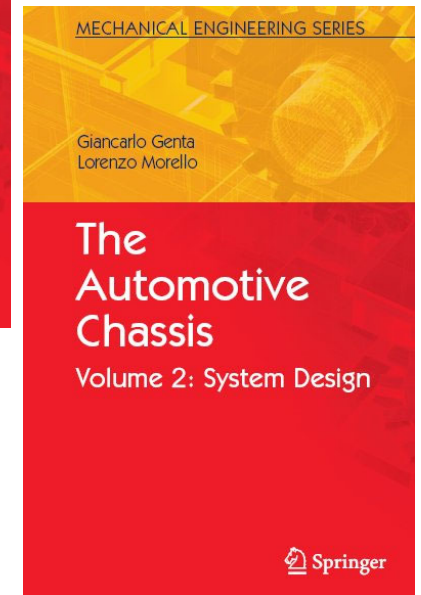
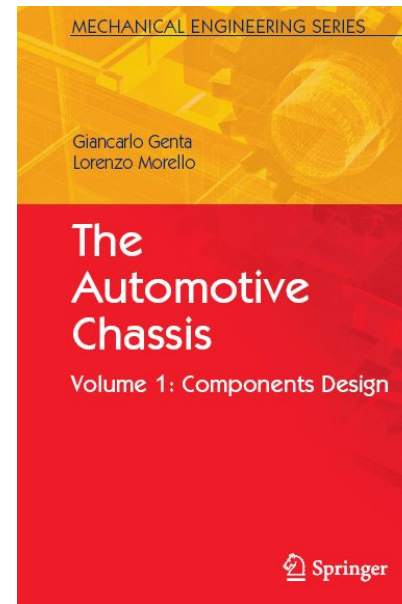
-
- Dinamika longitudinal dan simulasi konsumsi bahan bakar di Matlab/Simulink
 - Simulasi dinamika pengereman



Desain Kendaraan Bermotor



- 8 ECST (Kuliah + Praktek + Proyek)
 - Bagian 1: Gaya dan momen pada kontak ban-jalan
 - Bagian 2: Dinamika longitudinal kendaraan
 - Bagian 3: Penangguhan
 - Bagian 4: Dinamika lateral kendaraan
 - Bagian 5: Sistem rem
 - Bagian 6: Sistem transmisi
- Prasyarat
 - Fisika: kesetimbangan benda tegar, analisis vektor.
 - Mekanika terapan: kinematika, analisis getaran
 - Gambar teknik.

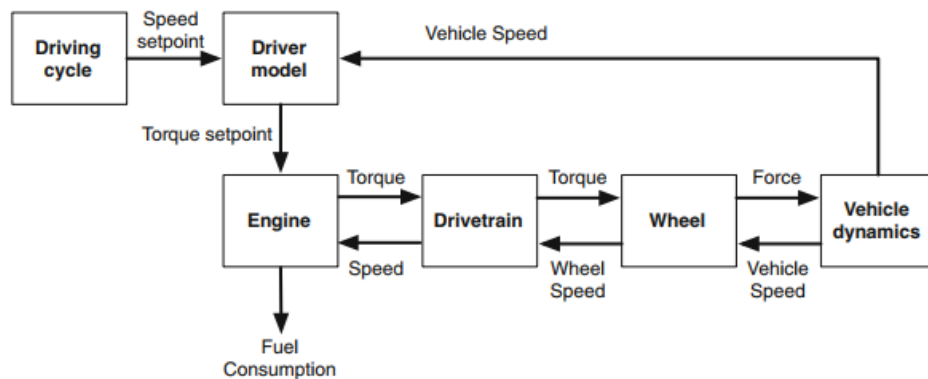


Dinamika longitudinal dan simulasi konsumsi bahan bakar di Matlab/Simulink



Pendekatan pemodelan

Model maju

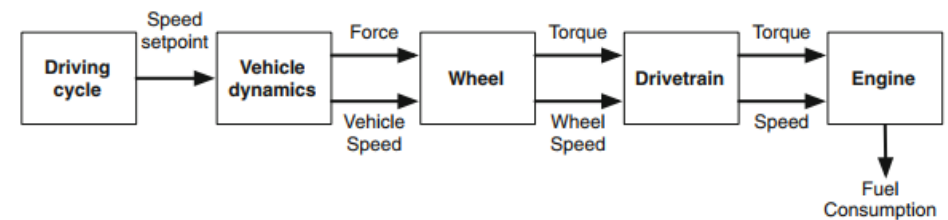


- Kausalitas fisik dipegang;
- Kecepatan siklus mengemudi dibandingkan dengan kecepatan kendaraan sebenarnya;
- Model pengemudi (misalnya pengontrol PID) menghasilkan perintah pengereman dan throttle;
- Perintah dikirim ke blok pengawas yang bertanggung jawab untuk menghasilkan titik setel aktuator.
- Penyimpangan dari titik setel kecepatan;
- Keterbatasan powertrain dipertimbangkan;
- Berguna untuk mengembangkan strategi kontrol online;
- Model kemudi dan berkendaraan dapat disertakan.

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sumber: Onori

Model mundur

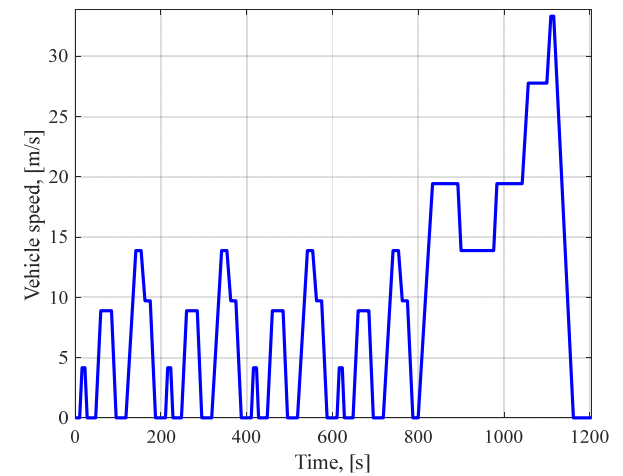
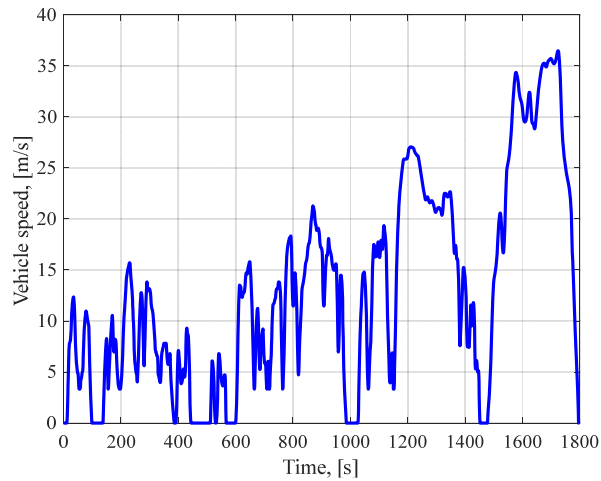


- Kecepatan yang diinginkan digunakan untuk menghitung percepatan, daya di permukaan tanah, gaya dan torsi;
- Model driver tidak diperlukan;
- Karakteristik torsi/kecepatan dari komponen powertrain yang berbeda dipertimbangkan untuk menentukan kondisi pengoperasian mesin dan konsumsi bahan bakarnya;
- Batasan powertrain tidak dipertimbangkan;
- Kecepatan sebenarnya persis sama dengan titik setel kecepatan;
- Analisis awal EMS yang berbeda.

Siklus Penggerak Homologasi

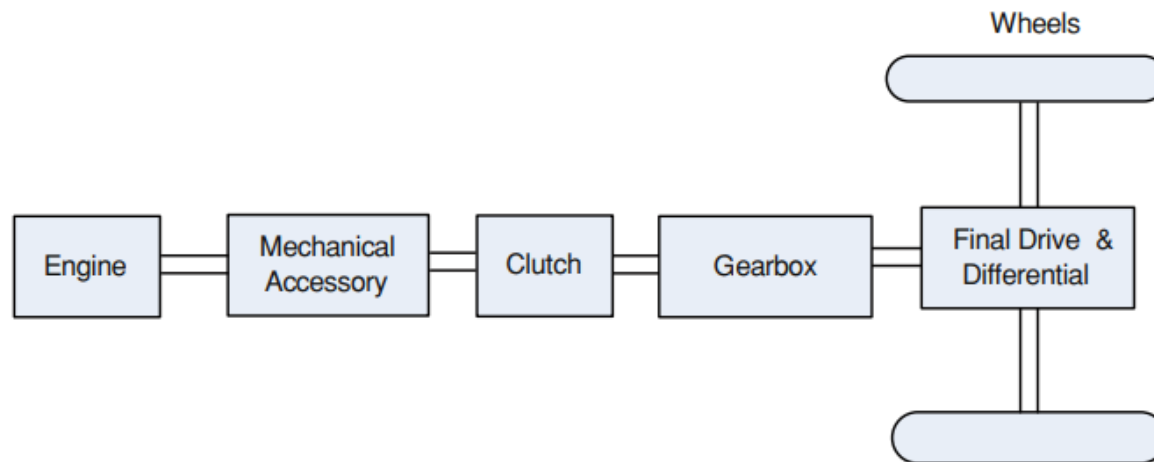


Prosedur Uji Kendaraan Ringan yang Diharmonisasikan di Seluruh Dunia (WLTP) Siklus Mengemudi Eropa Baru



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

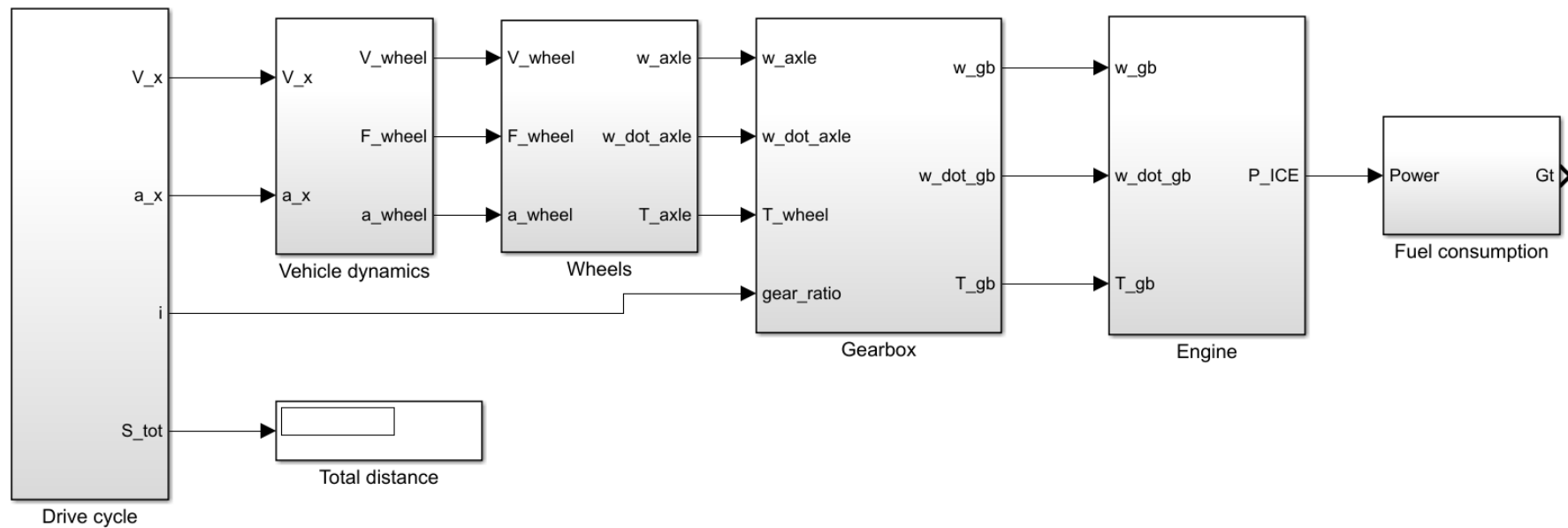
Model dinamika longitudinal kendaraan



Model kendaraan Simulink (Mundur)



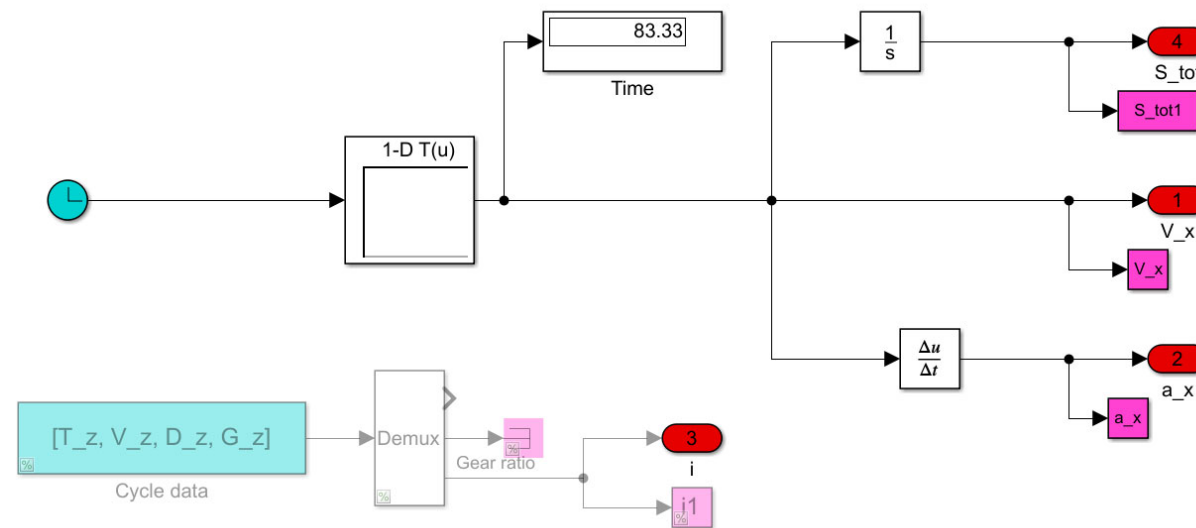
QSS-toolbox 2.0.1 (Lisensi Publik Mozilla, v. 2.0.)



Sumber: https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/dynamic-systems-n-control/idsc-dam/Research_Onder/Downloads/qss.zip

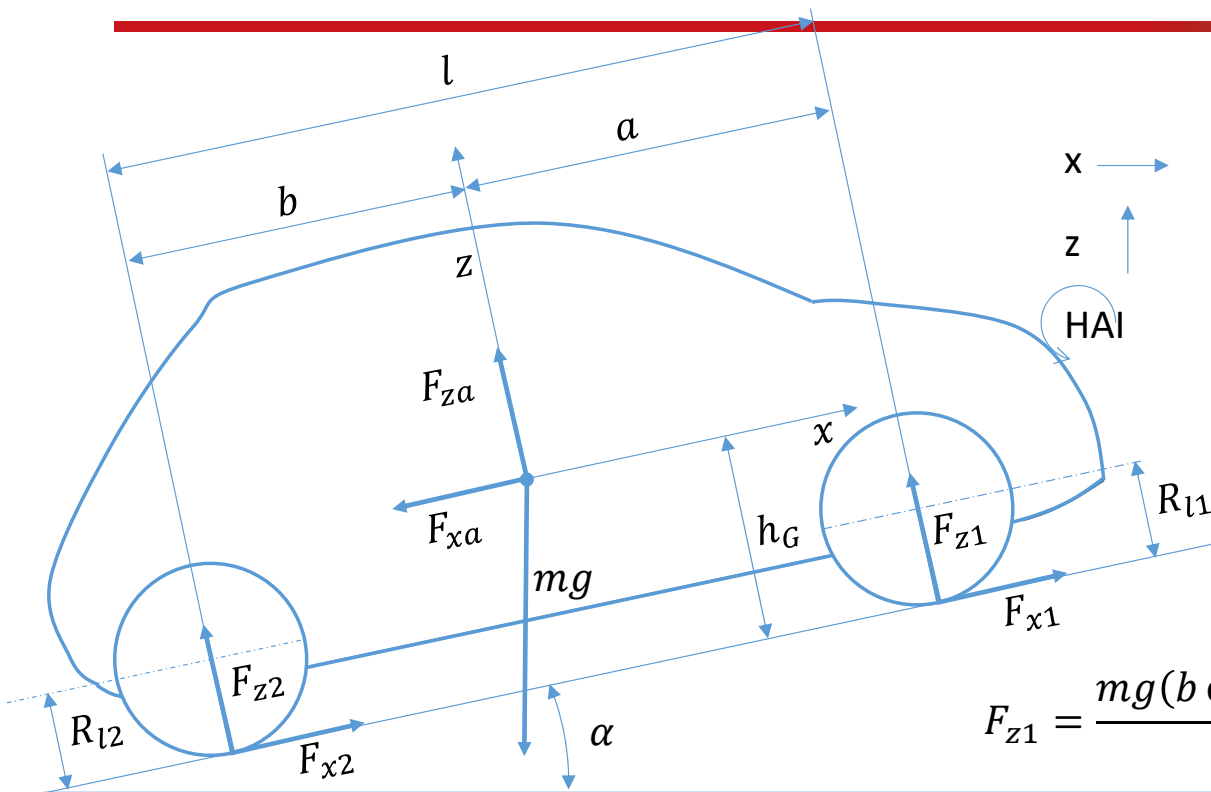
Sumber: Guzella

Siklus mengemudi



$$a_x(t) = dV_x/dt \qquad S_x(t) = \int V_x dt$$

Dinamika longitudinal kendaraan



$$x \longrightarrow F_{x1} + F_{x2} - F_{xa} - mg \sin \alpha = m\dot{V}$$

$$z \uparrow F_{z1} + F_{z2} + F_{za} - mg \cos \alpha = 0$$

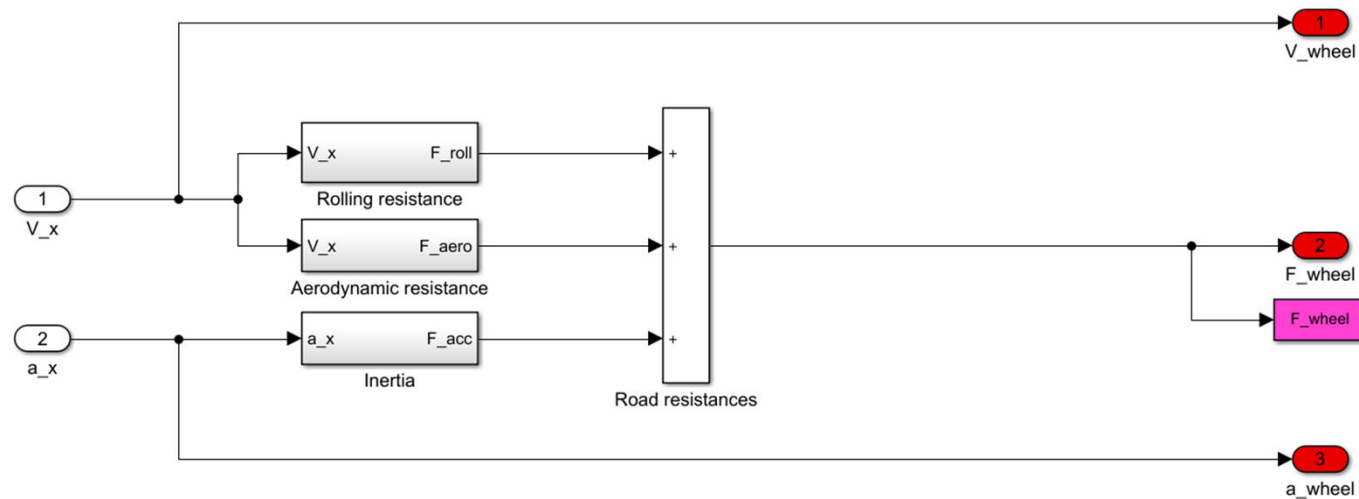
$$F_{z1}a - F_{z2}b + mg \sin \alpha h_G + F_{xa}h_G - M_{ya} = -mh_G\dot{V}$$

$$F_{z1} = \frac{mg(b \cos \alpha - h_G \sin \alpha) - bF_{za} - h_G F_{xa} + M_{ya} - mh_G\dot{V}}{l}$$

$$F_{z2} = \frac{mg(a \cos \alpha + h_G \sin \alpha) - aF_{za} + h_G F_{xa} - M_{ya} + mh_G\dot{V}}{l}$$



Blok dinamika kendaraan



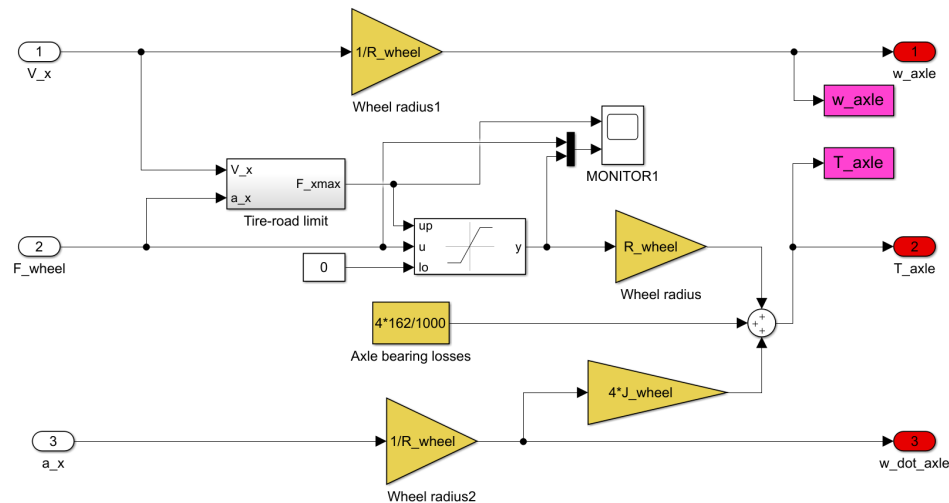
$$F_{roll} = M \cdot g \cdot f_r$$

$$F_{acc} = M \cdot a_x$$

$$F_{aero} = 0.5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot A_f \cdot V_x^2$$

$$F_{res} = F_{roll} + F_{aero} + F_{acc}$$

Blok roda (Ban)



$$\omega_{\text{wheel}} = \frac{V_x}{R_{\text{wheel}}}$$

$$\dot{\omega}_{\text{wheel}} = \frac{a_x}{R_{\text{wheel}}}$$

$$T_{\text{wheel}} = F_{\text{wheel}} \cdot R_{\text{wheel}}$$

Inersia roda

$$T_{\text{axle}} = 4 \cdot J_{\text{wheel}} \cdot \dot{\omega}_{\text{wheel}} + T_{\text{wheel}}$$

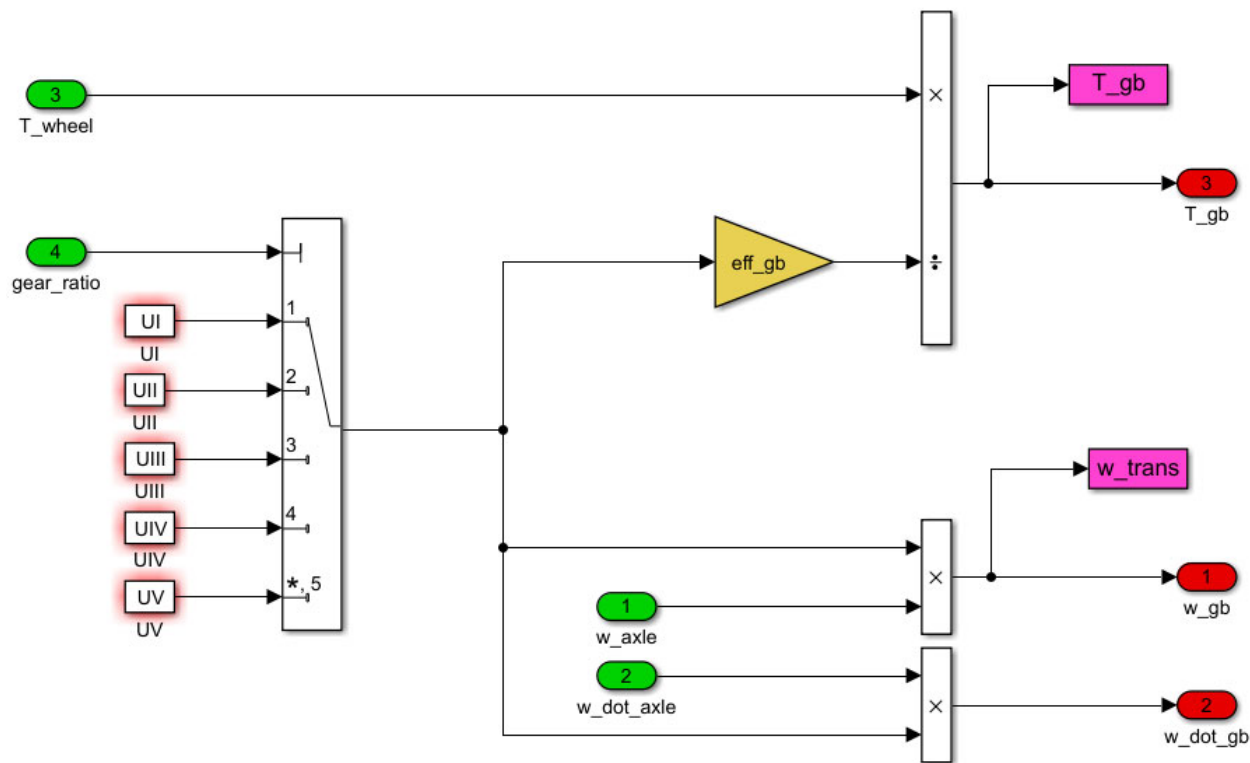
Batasan jalan – ban:

$$F_{z,\text{front}} = (M \cdot g \cdot b - M \cdot a_x \cdot h_G - 0.5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot V_x^2 \cdot (h_G \cdot C_x - L \cdot C_{M_y} + b \cdot C_z))/L$$

$$F_x = F_z \cdot \mu_x$$

$$F_{z,\text{rear}} = (M \cdot g \cdot a + M \cdot a_x \cdot h_G - 0.5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot V_x^2 \cdot (-h_G \cdot C_x + L \cdot C_{M_y} + a \cdot C_z))/L$$

Blok gearbox (transmisi)

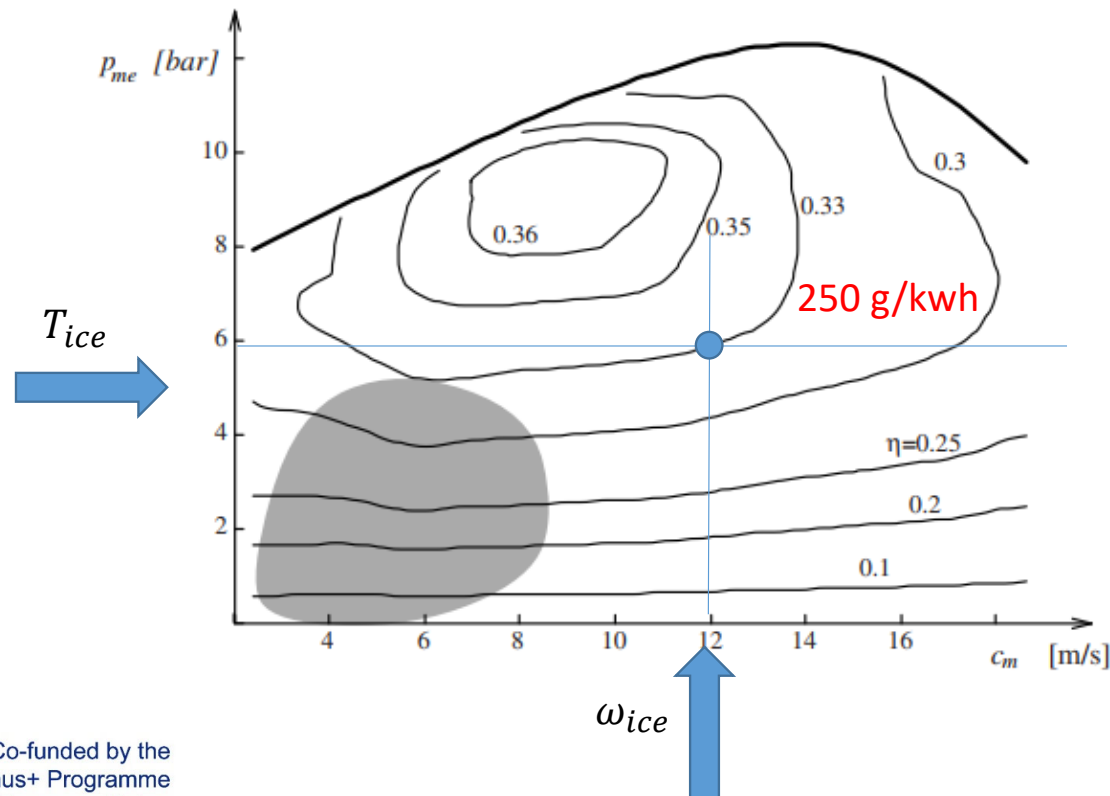


$$T_{gb} = \frac{T_{axle}}{i_{gb} \cdot \eta_{gb}}$$

$$\omega_{gb} = \omega_{axle} \cdot i_{gb}$$

$$\dot{\omega}_{gb} = \dot{\omega}_{axle} \cdot i_{gb}$$

Karakteristik mesin: Garis kontur efisiensi



$$p_{me} = \frac{T_{ice} 4\pi}{V_d} \quad \text{ICE berarti tekanan efektif}$$

$$p_{fuel} = \frac{m_f H_u}{V_d} \quad \text{Bahan bakar berarti tekanan efektif}$$

$$\eta_{ice} = \frac{p_{me}}{p_{fuel}}$$

H – nilai kalor bahan bakar yang lebih rendah

$$m_f = \frac{4 \pi T_{ice}}{H_u \eta_{ice}}$$

konsumsi bahan bakar per siklus mesin

$$q = P_{ice} g_{ice}, \text{ [g/dtk]}$$

$$Q = \int q dt, \text{ [G]}$$

$$g_{ice} = f(T_{ice}, \omega_{ice}), \text{ [g/kwh]}$$

Simulasi dinamika pengereman



Pengereman – ideal kasus

$$\frac{dV}{dt} = \frac{F_{x1} + F_{x2} - F_{xa} - mg \sin \alpha}{m}$$

$$\mu_{x1} = \mu_{x2} = \mu_{xmax}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\mu_x \left(mg - \frac{1}{2} \rho C_z S V^2 \right) - \frac{1}{2} \rho C_x S V^2}{m} - g \sin \alpha$$

Jika $V \cong 0$ dan $\alpha = 0$ $\dot{V} = -|\mu_x|g$ (Sudah ditemukan di belajar dari membujur dinamika)

$$t_{V1 \rightarrow V2} = \frac{V_1 - V_2}{|\mu_x|g}$$

$$t_{stop} = \frac{V_1}{|\mu_x|g}$$

$$s_{V1 \rightarrow V2} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2|\mu_x|g}$$

$$s_{stop} = \frac{V_1^2}{2|\mu_x|g}$$

Waktu dan jarak untuk mengurangi kecepatan dari V_1 ke V_2 atau untuk menghentikan kendaraan dari V_1 . ($V_1 > V_2$)



Ideal pengereman - ban membujur kekuatan

Jika $V \cong 0$ dan $\dot{V} = \mu_x g$

$$F_{z1} = \frac{mg(b \cos \alpha - h_G \sin \alpha) - mh_G \dot{V}}{l}$$

$$F_{z2} = \frac{mg(a \cos \alpha + h_G \sin \alpha) + mh_G \dot{V}}{l}$$

$$F_{x1} = \mu_x F_{z1} = \mu_x \frac{mg}{l} [b \cos \alpha - h_G \mu_x]$$

$$F_{x2} = \mu_x F_{z2} = \mu_x \frac{mg}{l} [a \cos \alpha + h_G \mu_x]$$

$$F_{z1} = \frac{mg}{l} [(b \cos \alpha - h_G \sin \alpha) - h_G \mu_x]$$

$$F_{z2} = \frac{mg}{l} [(a \cos \alpha + h_G \sin \alpha) + h_G \mu_x]$$

Kecil dibandingkan ke
lainnya ketentuan

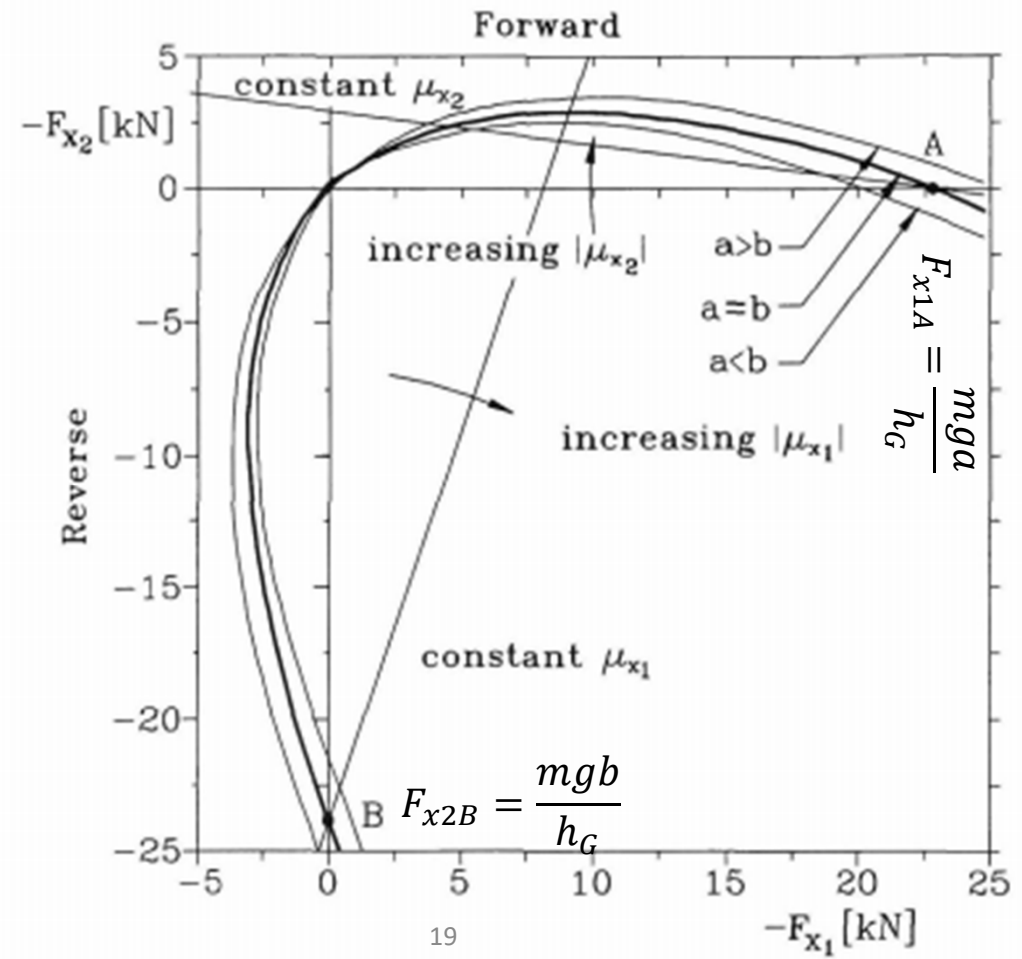
Ideal pengereman – ban kekuatan

$$F_{x1} = \mu_x F_{z1} = \mu_x \frac{mg}{l} [b \cos \alpha - h_G \mu_x]$$

$$F_{x2} = \mu_x F_{z2} = \mu_x \frac{mg}{l} [a \cos \alpha + h_G \mu_x]$$



$$(F_{x1} + F_{x2})^2 + mg \cos^2 \alpha \left(F_{x1} \frac{a}{h_G} - F_{x2} \frac{b}{h_G} \right) = 0$$



Ideal pengereman

$$\alpha = 0$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{F_{x1} + F_{x2}}{m}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{F_{x1} + F_{x2} - F_{xa} - mg \sin \alpha}{m}$$

$$F_{x1} = \mu_{x1} \frac{mg(b \cos \alpha - h_G \sin \alpha) - h_G(F_{x1} + F_{x2})}{l}$$

$$F_{x1} = \mu_{x1} \frac{mgb - h_G(F_{x1} + F_{x2})}{l}$$

$$F_{x1} = \mu_{x1} \frac{mgb - h_G F_{x2}}{\left(1 + \mu_{x1} \frac{h_G}{l}\right) l}$$

$$F_{x1} = 0 \quad \text{jika} \quad F_{x2} = \frac{mgb}{h_G}$$

**Terbalik membatasi
selama pengereman
kebalikan**

$$F_{x2} = \mu_{x2} \frac{mg(a \cos \alpha + h_G \sin \alpha) + h_G(F_{x1} + F_{x2})}{l}$$

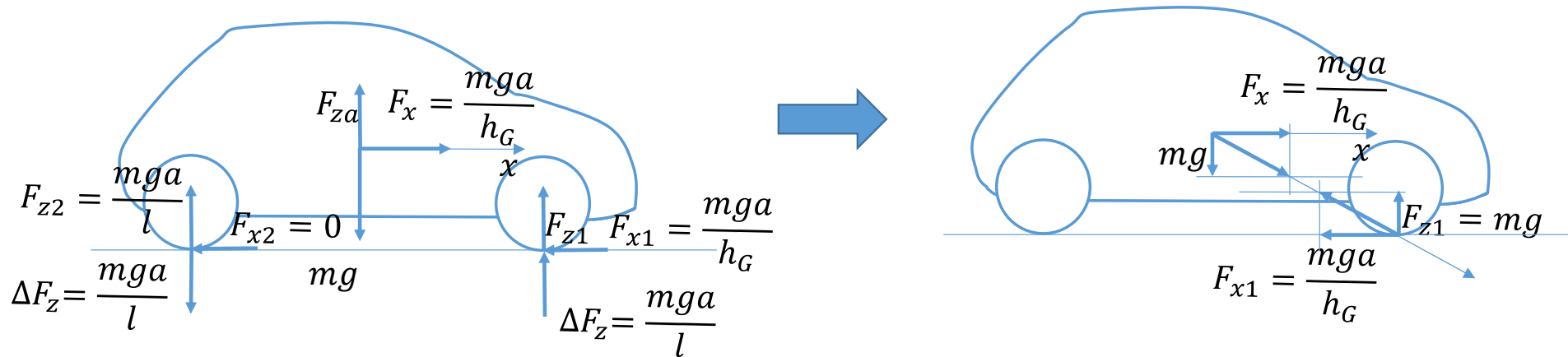
$$F_{x2} = \mu_{x2} \frac{mga - h_G(F_{x1} + F_{x2})}{l}$$

$$F_{x2} = \mu_{x2} \frac{mga - h_G F_{x1}}{\left(1 + \mu_{x2} \frac{h_G}{l}\right) l}$$

$$F_{x2} = 0 \quad \text{jika} \quad F_{x1} = \frac{mga}{h_G}$$

**Terbalik membatasi
selama pengereman
di maju**

Ideal pengereman – terbalik batas



$F_{x1} = 0$ jika $F_{x2} = \frac{mgb}{h_G}$ Terbalik membatasi selama pengereman kebalikan

$F_{x2} = 0$ jika $F_{x1} = \frac{mga}{h_G}$ Terbalik membatasi selama pengereman di maju

Ideal pengereman

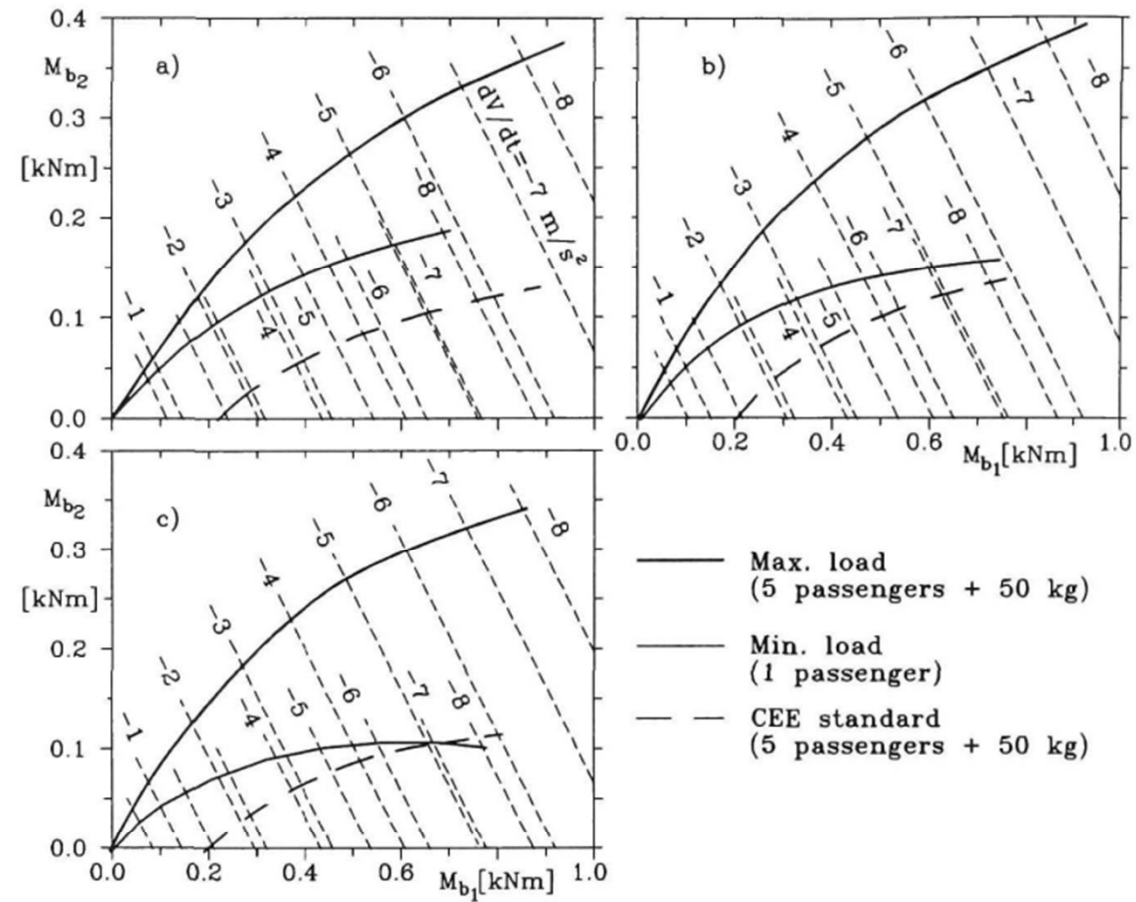
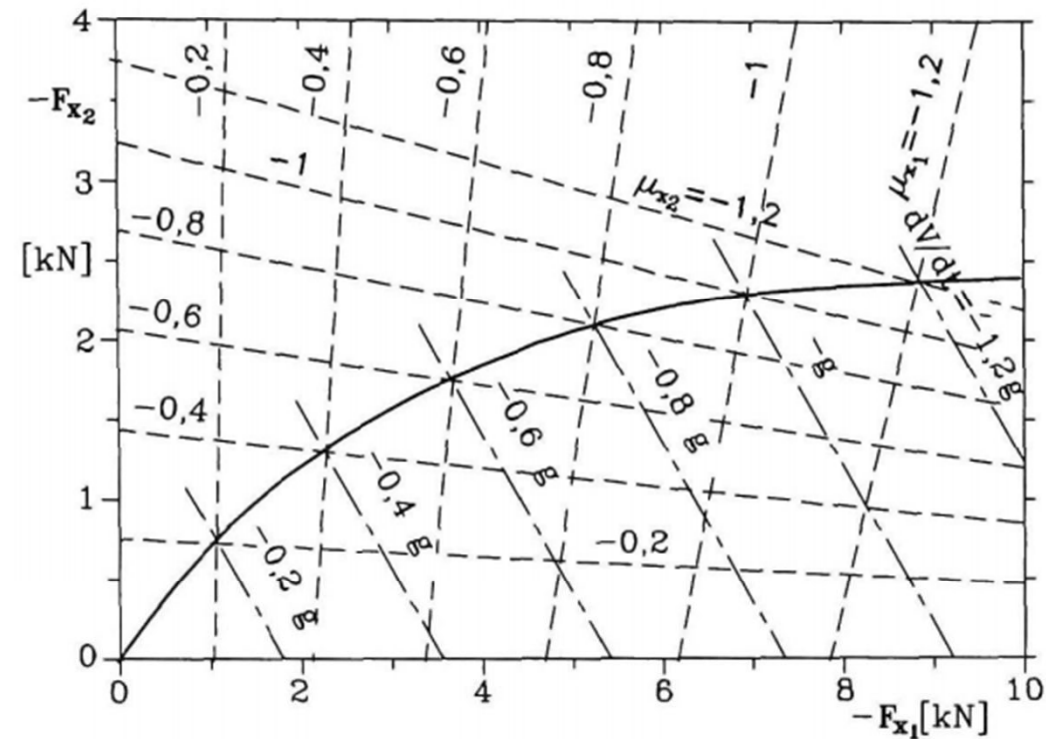


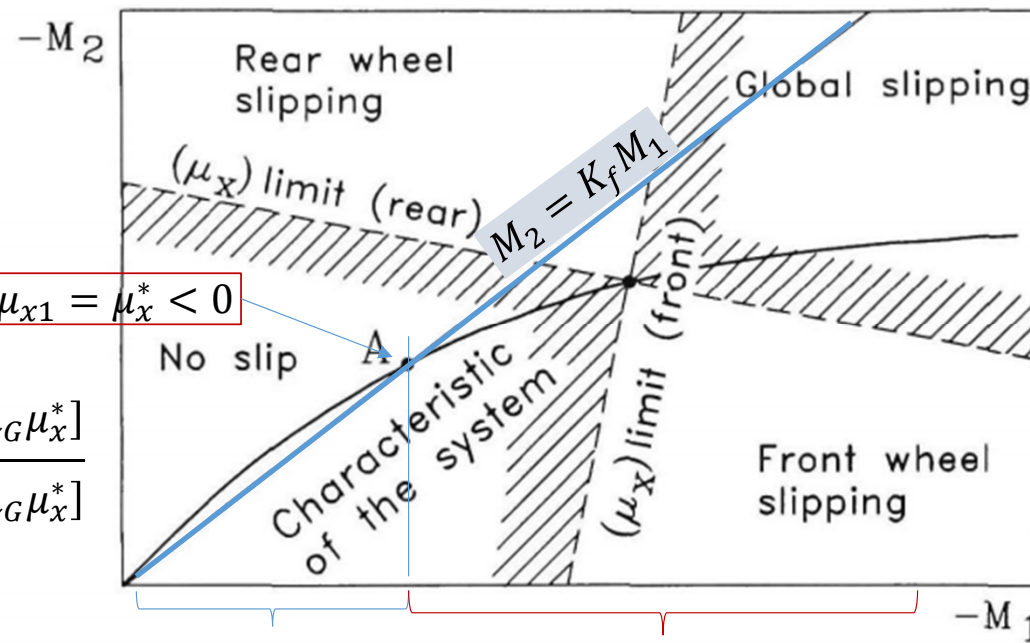
Fig. 4.29 Plots $M_{b2}(M_{b1})$ for ideal braking. (a) typical plot for a rear drive car with low ratio h_G/l ; (b) typical plot for a front drive saloon car with higher ratio h_G/l ; (c) plot for a small front drive car, sensitive to the load conditions and with high value of ratio h_G/l .

Nyata vs. ideal pengereman

$$K_f \cong \frac{F_{x1}}{F_{x2}} = \frac{\cancel{\mu_x^*} \frac{mg}{l} [b + h_G \mu_x^*]}{\cancel{\mu_x^*} \frac{mg}{l} [a - h_G \mu_x^*]}$$

$$K_f \cong \frac{[b + h_G \mu_x^*]}{[a - h_G \mu_x^*]}$$

$$\mu_{x2} = \mu_{x1} = \mu_x^* < 0$$

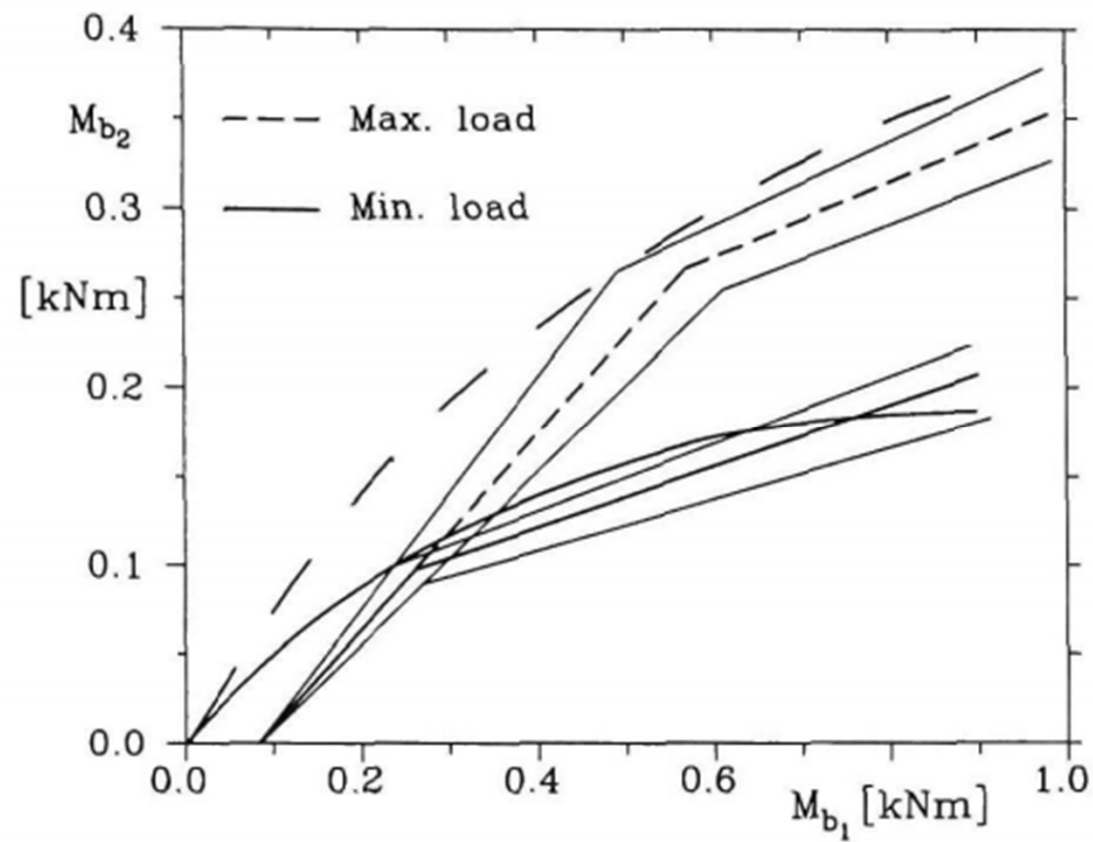


$\mu_{x2} < \mu_{x1}$ $\mu_{x2} > \mu_{x1}$

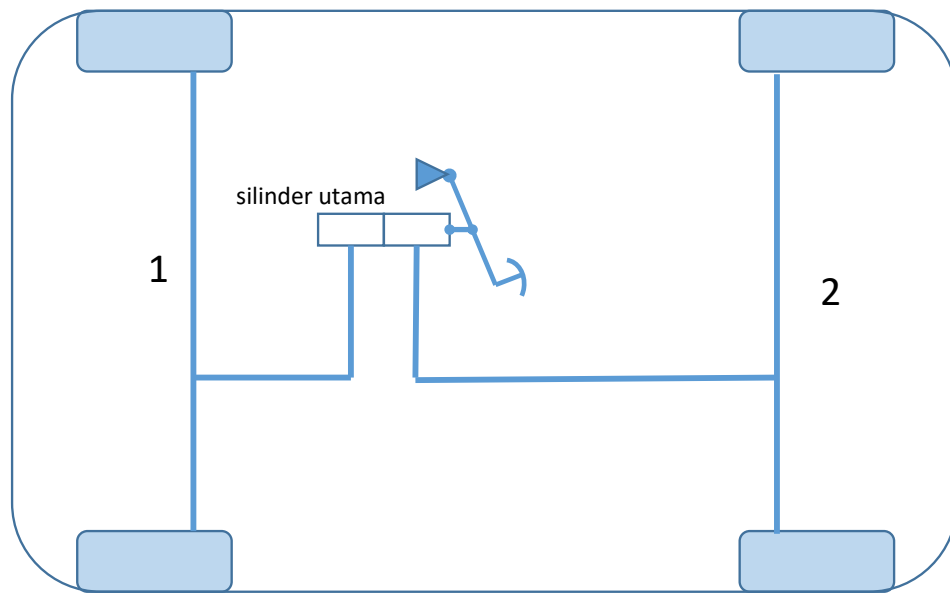
Depan roda kunci lebih awal (lebih aman) Belakang roda kunci lebih awal (tidak aman)

$$\eta_f = \frac{\dot{V}_{actual}}{\dot{V}_{ideal}} = \frac{\dot{V}_{actual}}{\mu_x g}$$

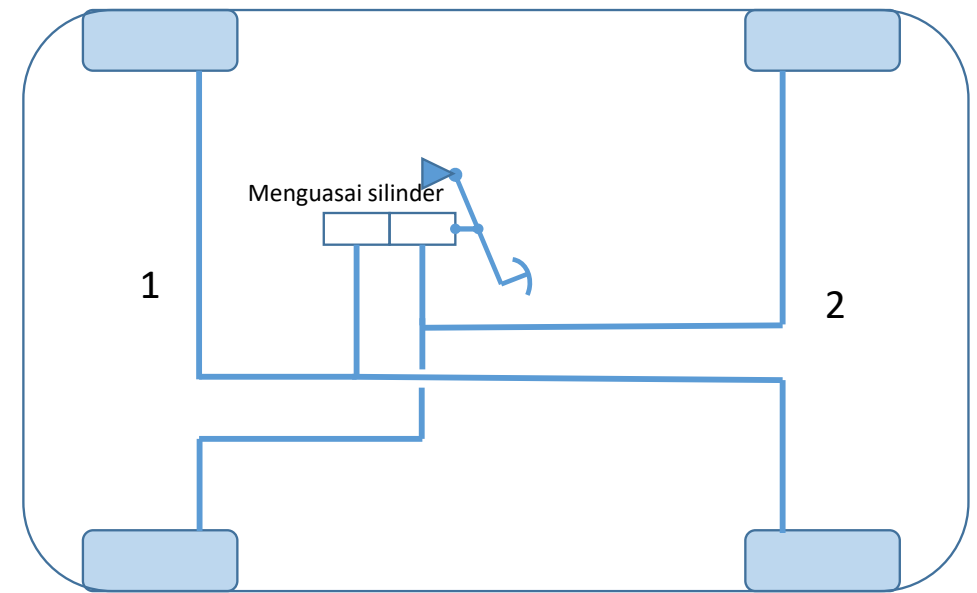
Belakang pengereman dikendalikan dengan katup



Rem sirkuit



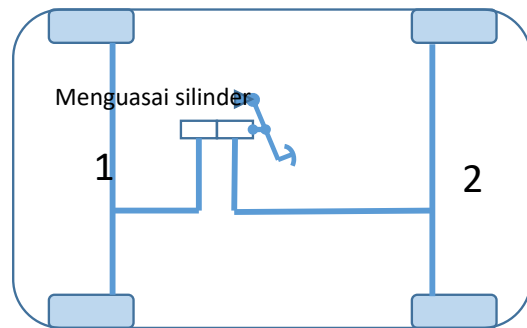
Split depan/belakang



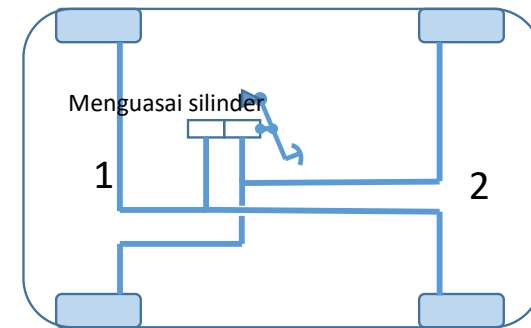
Pemisahan diagonal

Rem sirkuit

Depan/belakang membelah



Diagonal membelah



kelebihan

- Depan sederhana/belakang rem pembagian torsi
- lebih sederhana hidrolis koneksi

Kontra

- Potensi kehilangan dari kendaraan stabilitas jika depan sirkuit memiliki sebuah kegagalan

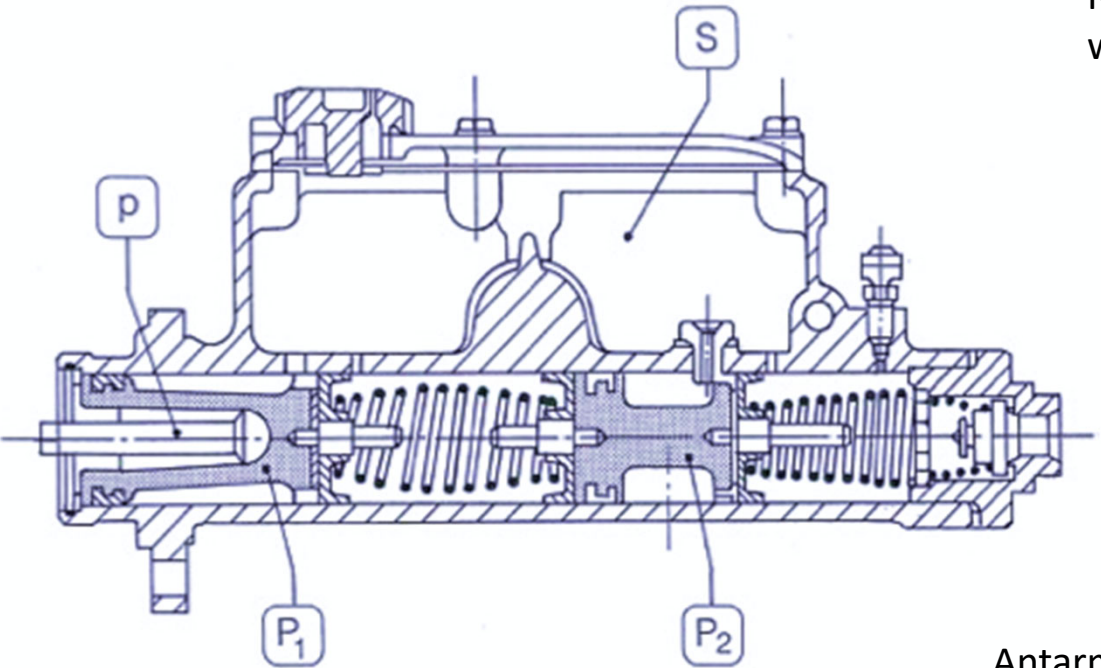
kelebihan

- Lebih baik stabilitas dalam kasus kegagalan dari satu sirkuit

Kontra

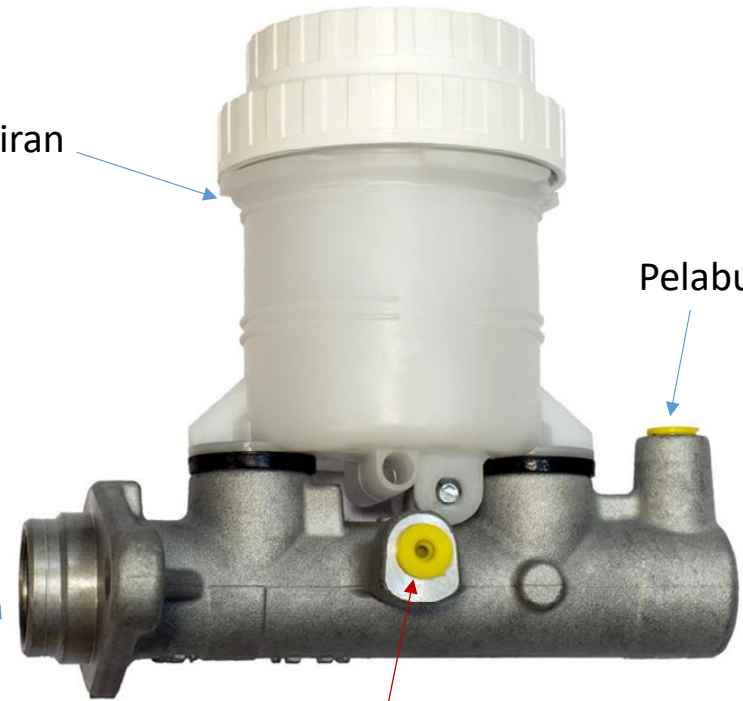
- Lagi rumit hidrolis sirkuit
- Rem pembagian torsi dikelola oleh rem desain.

Menguasai silinder



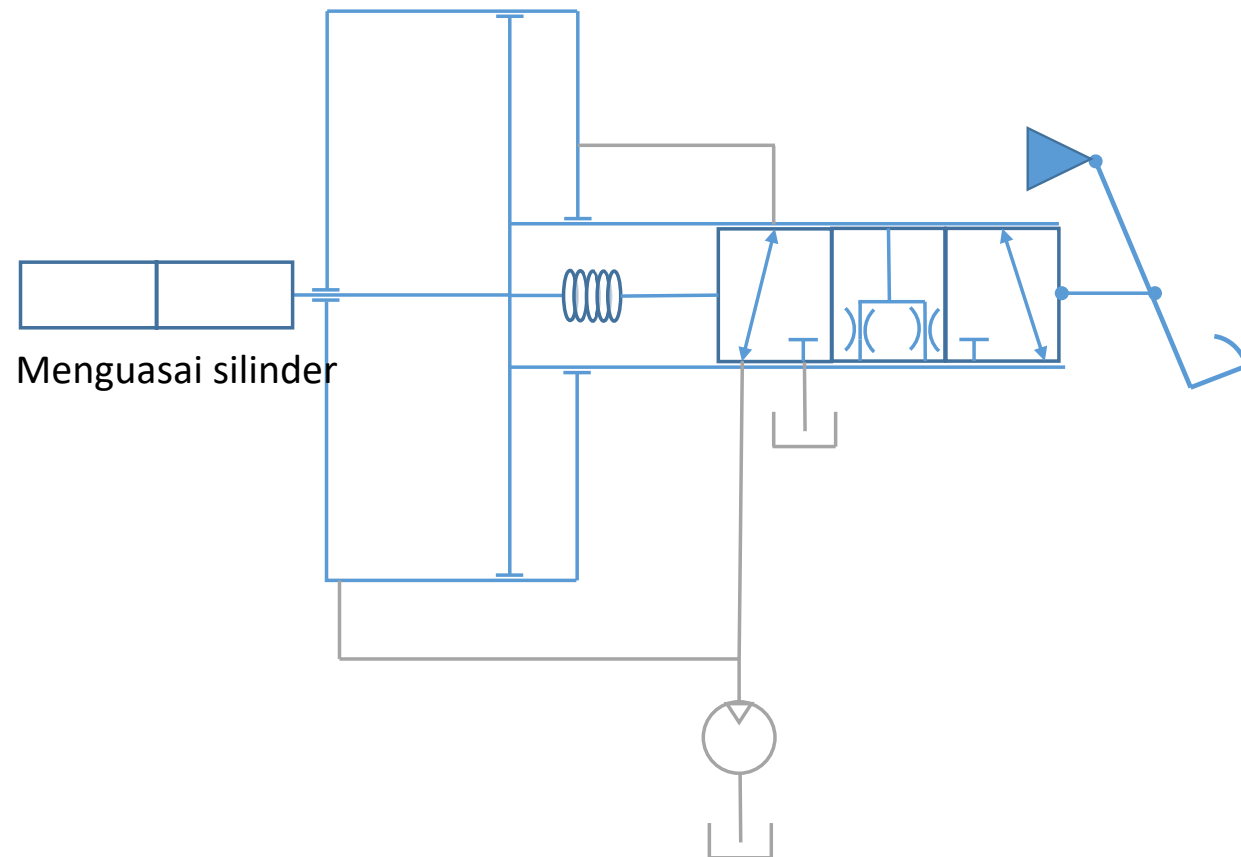
Rem cairan waduk

Pelabuhan 2

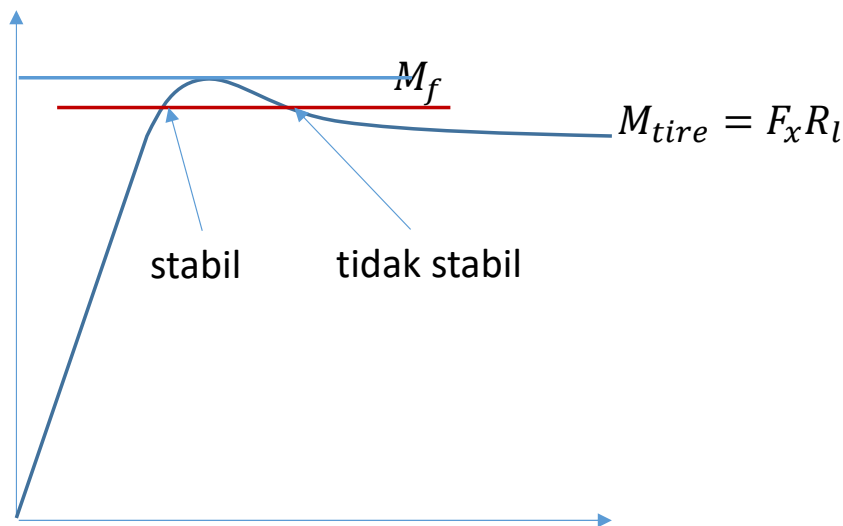


Pelabuhan 1

Rem daya - skema



Anti-penguncian pengereman sistem (ABS)



Stabil wilayah: maksimal roda bersudut percepatan adalah Menurut ke kendaraan

tidak stabil wilayah: roda bersudut percepatan datang dari dinamis keseimbangan

$$\dot{V} = \mu_{xmax} g$$

$$\dot{V} = R \dot{\omega}$$

$$\dot{V} = \frac{R_0 \dot{\omega}}{1 + \sigma}$$

$$\dot{\omega} = \frac{\mu_{xmax} g (1 + \sigma)}{R_0}$$

$$\dot{\omega} = 47 \frac{rad}{s^2}$$

$$I_{wheel} \dot{\omega} = M_f - M_{tire}$$

Jika, untuk contoh

$$M_f = \mu_{xmax} F_z R_l$$

$$M_{tire} = 0.8 \mu_{xmax} F_z R_l$$

$$\dot{\omega} = \frac{0.2 \mu_{xmax} F_z R_l}{I_{wheel}}$$

$$\dot{\omega} = 288 \frac{rad}{s^2}$$

$$\mu_{xmax} = 1.2$$

$$\sigma = 0.2$$

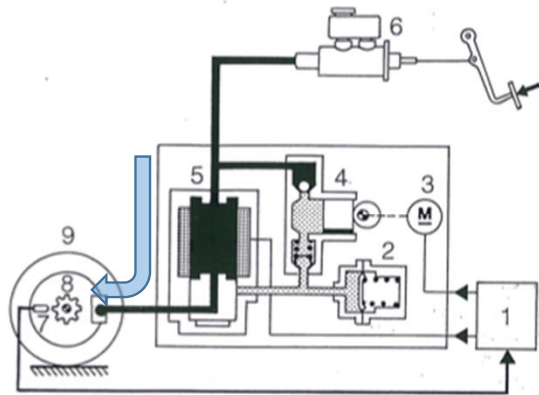
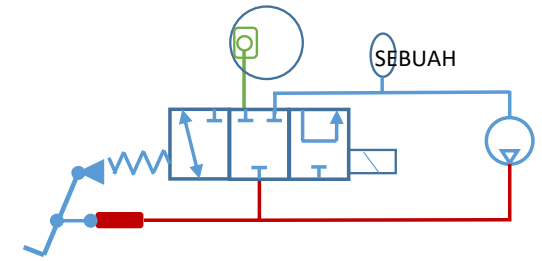
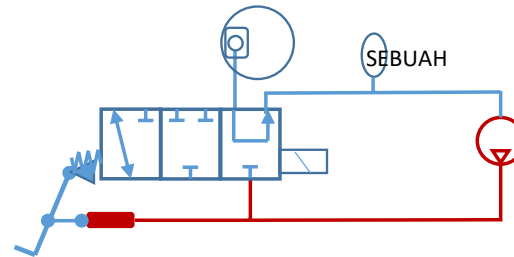
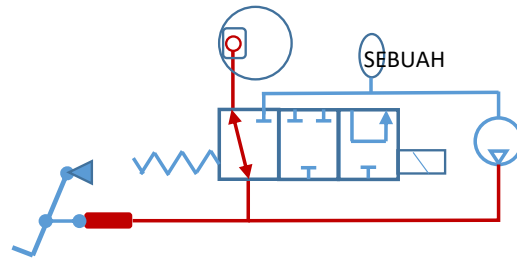
$$R_0 \cong R_l = 0.3 \text{ m}$$

$$F_z = 4 \text{ kN}$$

$$I_{wheel} = 1 \text{ kg m}^2$$

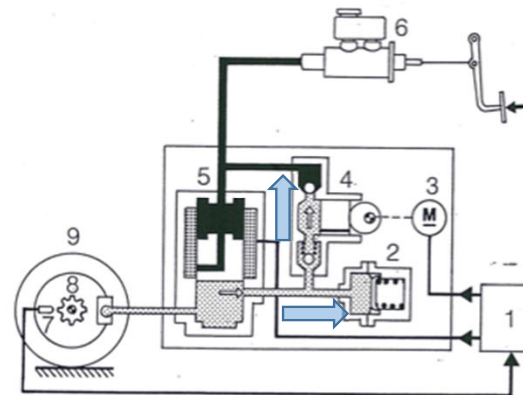


ABS



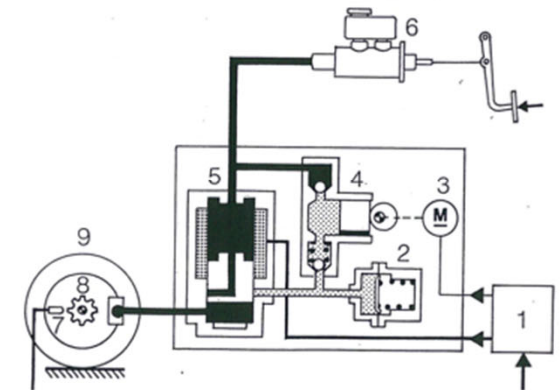
Mati

Menguasai silinder tekanan menyebar ke rem.



Mengurangi

Menguasai silinder adalah terpencil dari rem. Rem adalah terhubung ke akumulator (2). Rem cairan adalah dipompa (4) ke sisi tekanan tinggi untuk



Memegang

Menguasai silinder adalah terpencil dari rem. Aki adalah terpencil (2). Pompa adalah mati (4)

Sumber: Bosch

MobilSim simulasi rem

MobilSim jendela untuk memilih pembangkitan gaya selama manuver rem

[No linked library]
 Control: Braking MC Pressure (Open Loop)
 Control: Braking Pedal Force (Open Loop)
 External PARFILE

Brake Torque at Wheel

Front Torque/pressure coef. 650 N-m/MPa

Rear Torque/pressure coef. 320 N-m/MPa

Delivery Pressure

Front Deliveryline pressure ratio 1

Rear Deliveryline pressure ratio 1

Fluid Dynamics

Front fluid dynamics time constant: 0.06 s

Rear fluid dynamics time constant: 0.06 s

Front fluid dynamics transport delay: 0 s

Rear fluid dynamics transport delay: 0 s

Torsi rem konstan aplikasi

Brake Torque at Wheel

Front Torque as nonlinear function of pressure
ZER front #1

Rear Torque as nonlinear function of pressure
ZER rear #2

Delivery Pressure

Front Deliveryline pressure ratio 1

Rear Deliveryline pressure ratio 1

Fluid Dynamics

Front fluid dynamics time constant: 0.06 s

Rear fluid dynamics time constant: 0.06 s

Front fluid dynamics transport delay: 0 s

Rear fluid dynamics transport delay: 0 s

Aplikasi torsi rem variabel

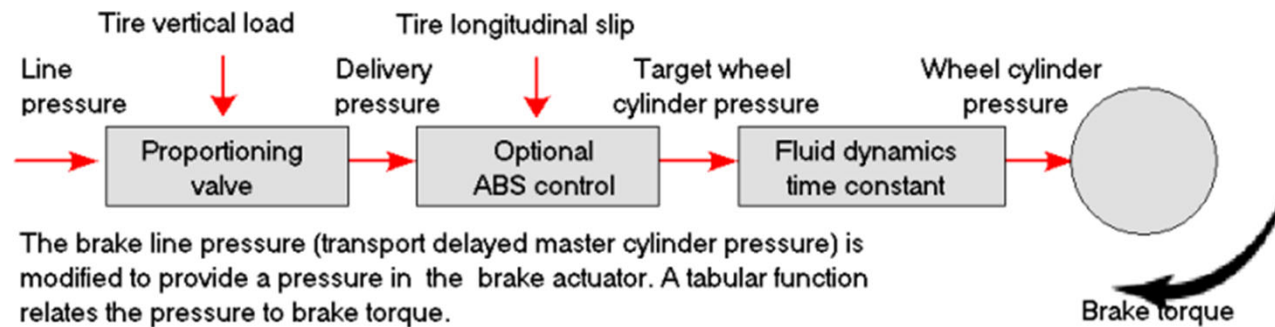
M1[Nm]	M2[Nm]
0	0
-45,481935	-30,9950967
-93,07931	-63,4318258
-142,94323	-97,4131611
-195,23953	-133,052122
-246,52527	-147,49692
-302,40433	-163,23544
-360,82335	-179,689348
-421,95954	-196,908554
-486,00697	-214,947721
-553,17866	-233,866849

Nilai torsi pengereman pada sumbu depan dan belakang



MobilSim simulasi rem

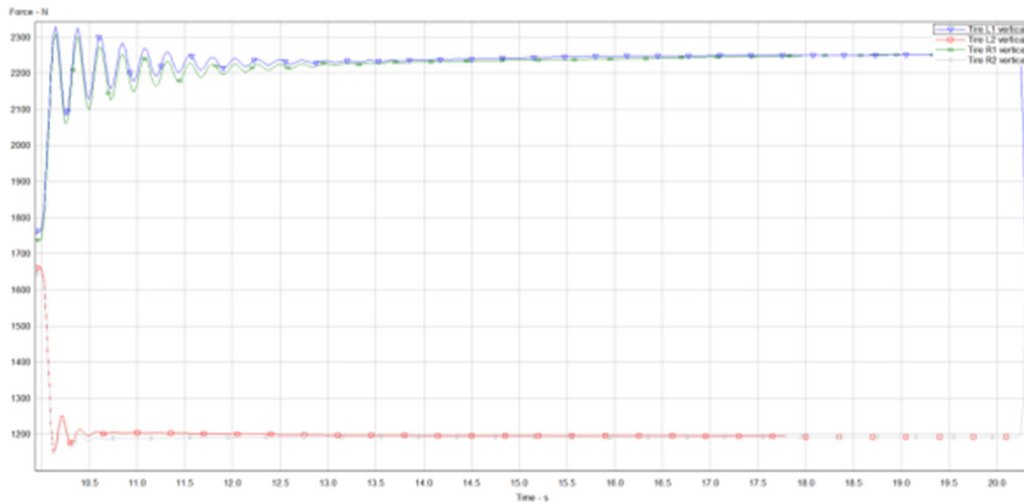
Overview of brake system for one wheel



The brake line pressure (transport delayed master cylinder pressure) is modified to provide a pressure in the brake actuator. A tabular function relates the pressure to brake torque.

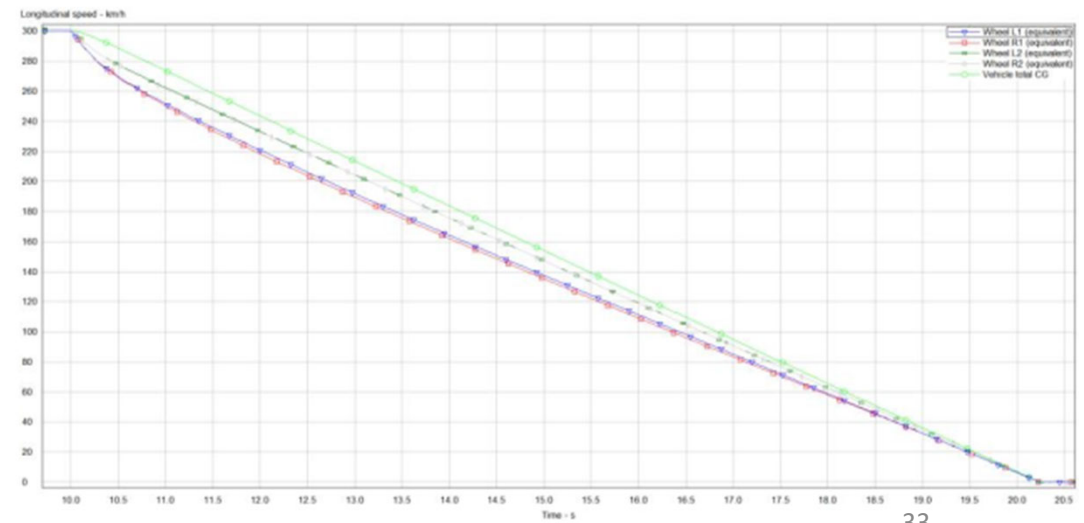
MobilSim prinsip kerja relatif terhadap sistem rem

MobilSim simulasi rem



gaya longitudinal pada ban

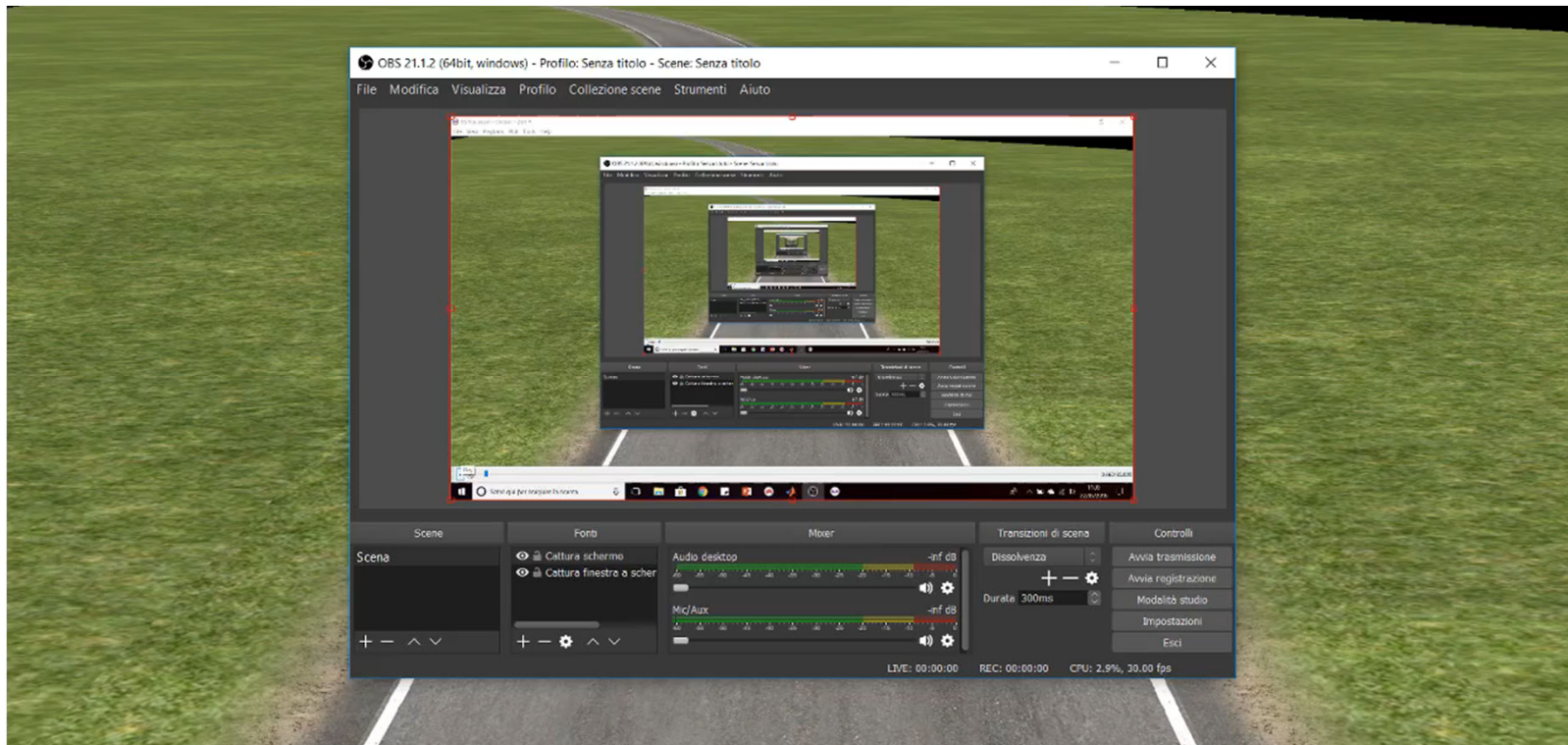
hasil manuver pengereman lurus (waktu)



Video simulasi manuver pengereman



Rem kendaraan dari 300 km/jam hingga berhenti penuh di jalur uji Nardo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

kendaraan mulai mengerem setelah 10 detik

Slot 4 dan 5: Dinamika vertikal



-
- Dinamika vertikal kendaraan
 - Sistem redaman Pasif, Semi aktif, dan Aktif
 - Gerakan gulungan

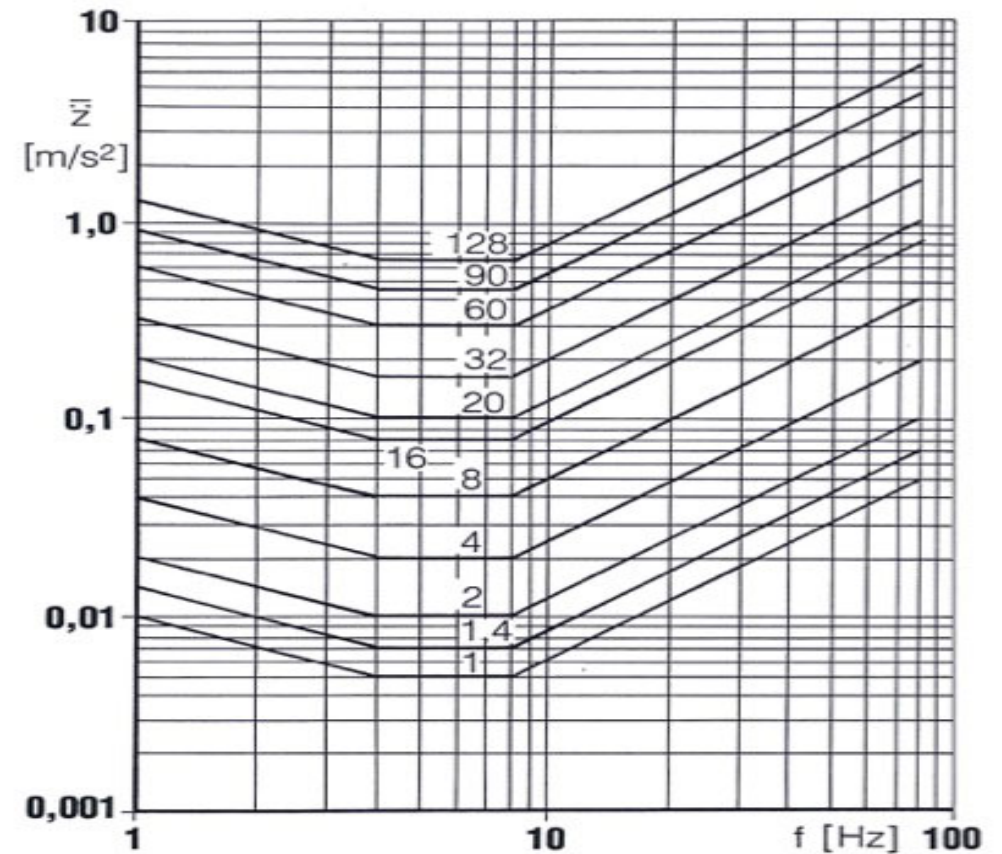


Dinamika vertikal kendaraan



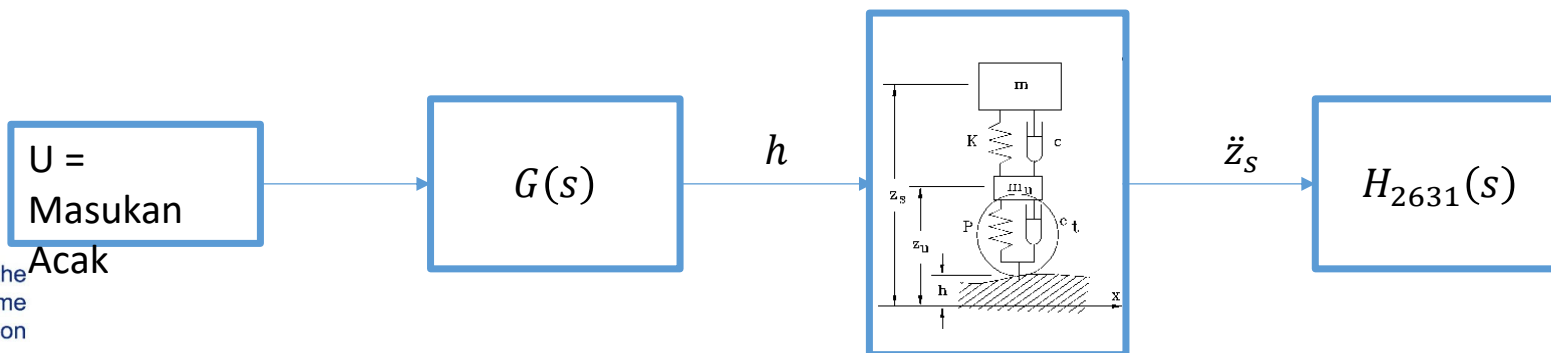
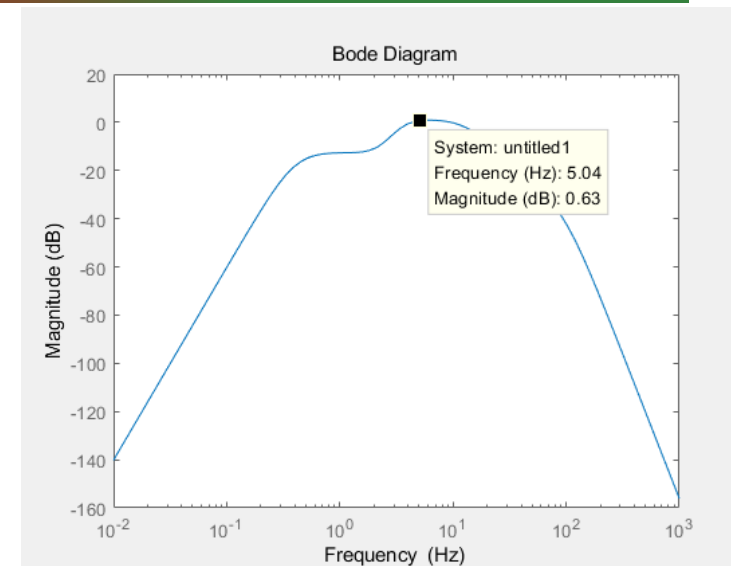
ISO 2631 getaran kenyamanan

- Tubuh manusia bereaksi berbeda terhadap getaran tergantung pada frekuensinya.
- Rentang antara 4 dan 8 Hz menunjukkan sensitivitas terbesar.
- ISO 2631 menunjukkan fungsi sensitivitas getaran yang memungkinkan untuk mempertimbangkan hal ini

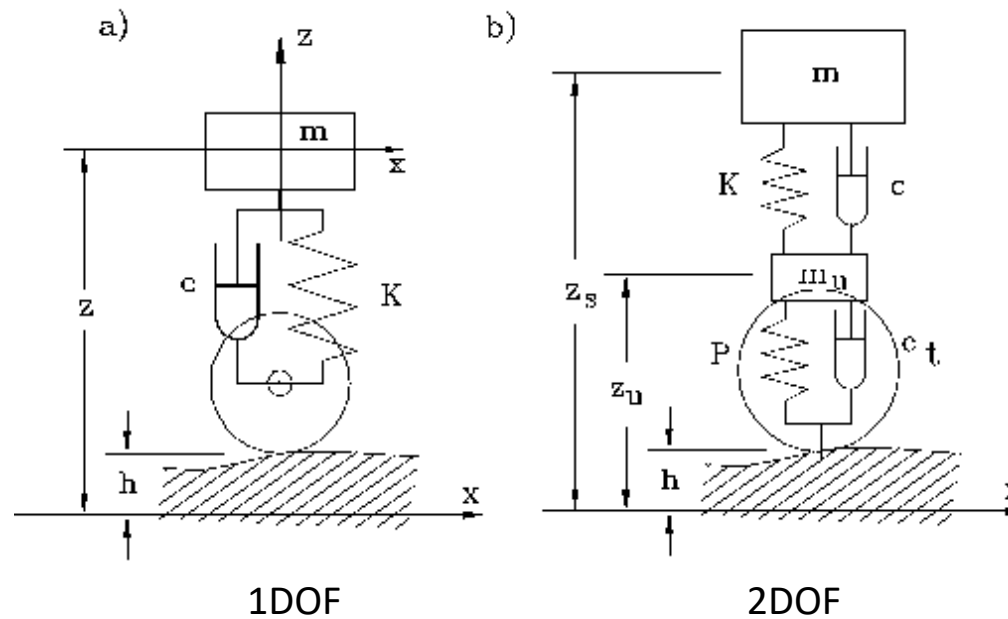


ISO 2631 getaran kenyamanan

$$H_{2631}(s) = \frac{80.03s^2 + 989s + 0.02108}{s^3 + 78.92s^2 + 2412s + 5614}$$



Model mobil seperempat



Respon model mobil seperempat 1DOF

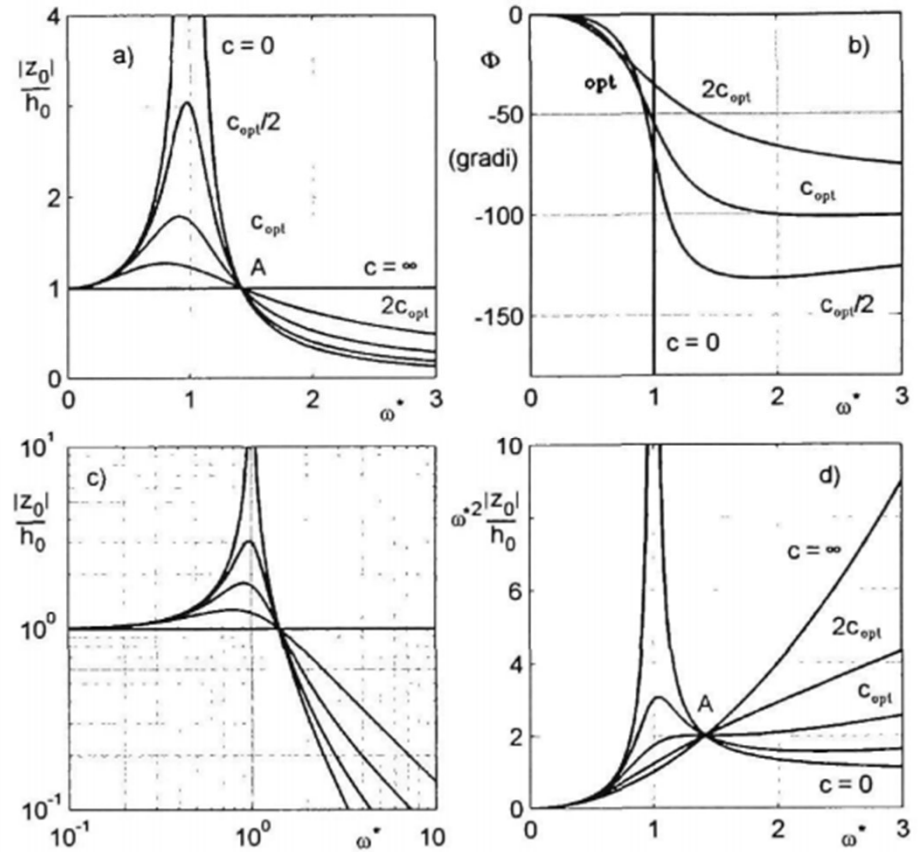
$$m\ddot{z} + c\dot{z} + Kz = \dot{c}h + Kh,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{|z_0|}{|h_0|} = \sqrt{\frac{K^2 + c^2\omega^2}{(K - m\omega^2)^2 + c^2\omega^2}} \\ \Phi = \arctan\left(\frac{-cm\omega^3}{K(K - m\omega^2) + c^2\omega^2}\right) \end{array} \right.$$

$$c_{opt} = \sqrt{\frac{Km}{2}} = c_{cr} \frac{1}{2\sqrt{2}},$$

$$c_{cr} = 2\sqrt{Km}$$

$$F_z = c(\dot{z} - \dot{h}) + K(z - h) - m\ddot{z}$$



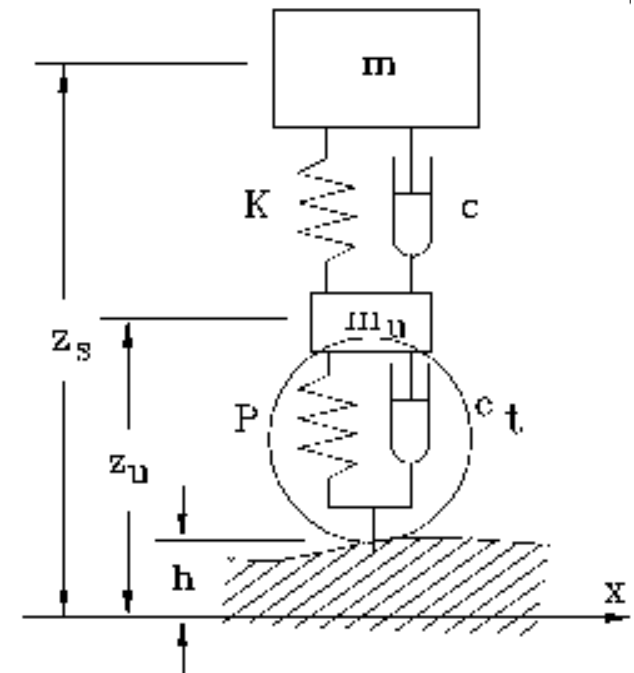
Respon model mobil seperempat DOF 2

$$\begin{bmatrix} m_s & 0 \\ 0 & m_u \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{z}_s \\ \ddot{z}_u \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c & -c \\ -c & c + c_t \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{z}_s \\ \dot{z}_u \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K & -K \\ -K & K + P \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} z_s \\ z_u \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ c_t \dot{h} + Ph \end{Bmatrix},$$

$$\begin{cases} \frac{|z_{s0}|}{|h_0|} = P \sqrt{\frac{K^2 + c^2 \omega^2}{f^2(\omega) + c^2 \omega^2 g^2(\omega)}} \\ \frac{|z_{u0}|}{|h_0|} = P \sqrt{\frac{(K - m \omega^2)^2 + c^2 \omega^2}{f^2(\omega) + c^2 \omega^2 g^2(\omega)}} \end{cases},$$

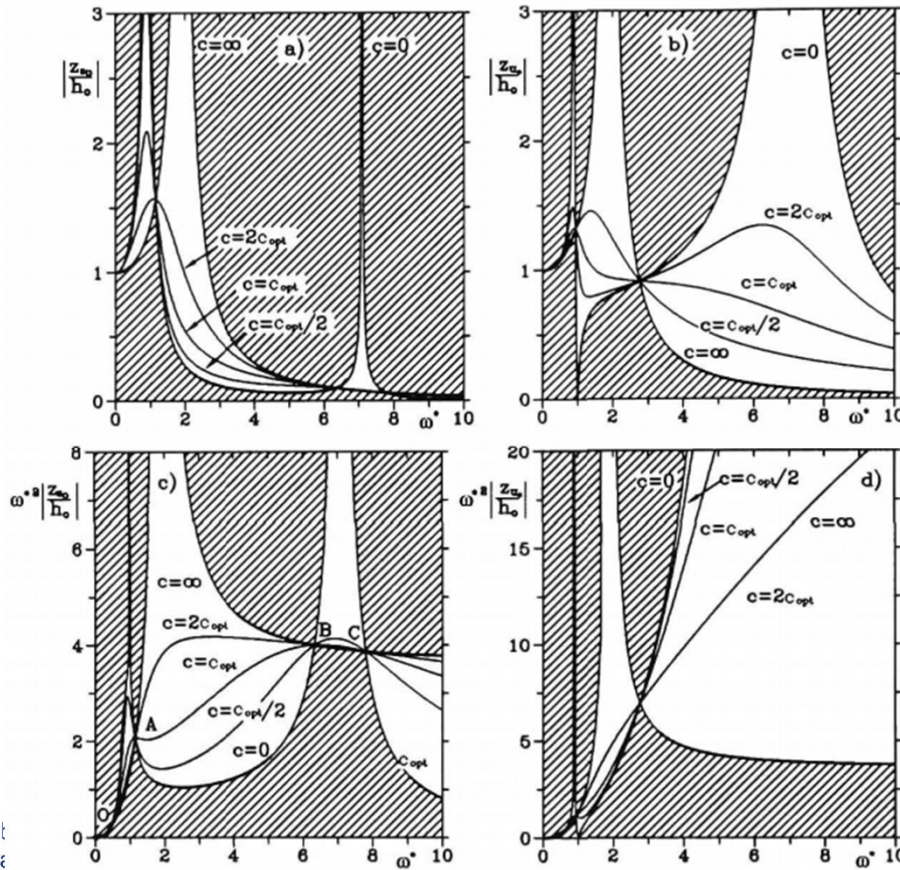
$$c_{opt} = \sqrt{\frac{Km}{2}} \sqrt{\frac{P + 2K}{P}}$$

$$\begin{cases} f(\omega) = m_s m_u \omega^4 - [P m_s + K(m_s + m_u)] \omega^2 + KP \\ g(\omega) = (m_s + m_u) \omega^2 - P \end{cases}$$



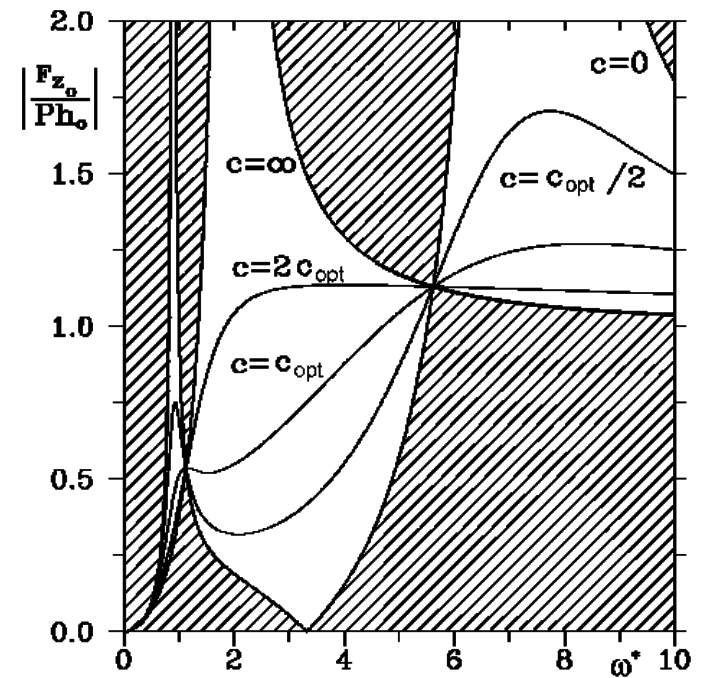
$$\frac{|F_{z_0}|}{|h_0|} = P \omega^2 \sqrt{\frac{[K(m_s + m_u) - m_s m_u \omega^2]^2 + c^2 (m_s + m_u) \omega^2}{f^2(\omega) + c^2 \omega^2 g^2(\omega)}}$$

Respon model mobil seperempat DOF 2



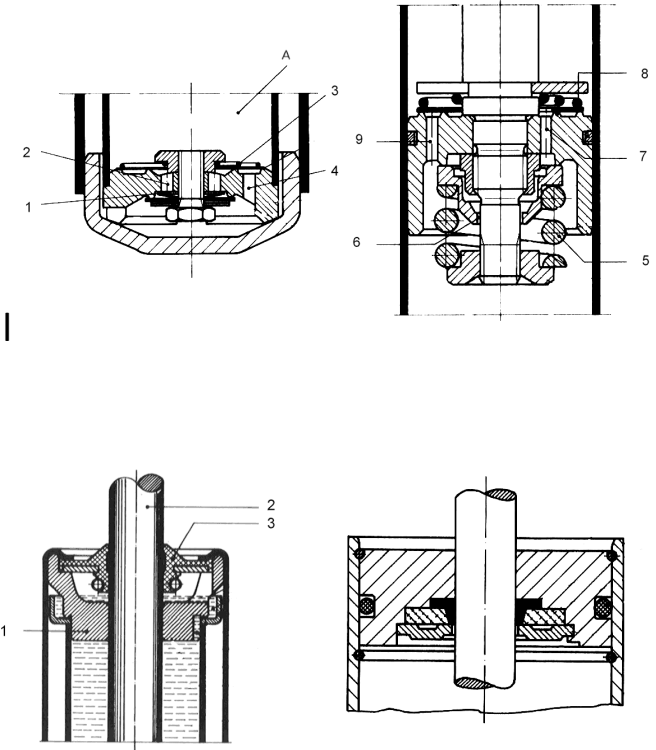
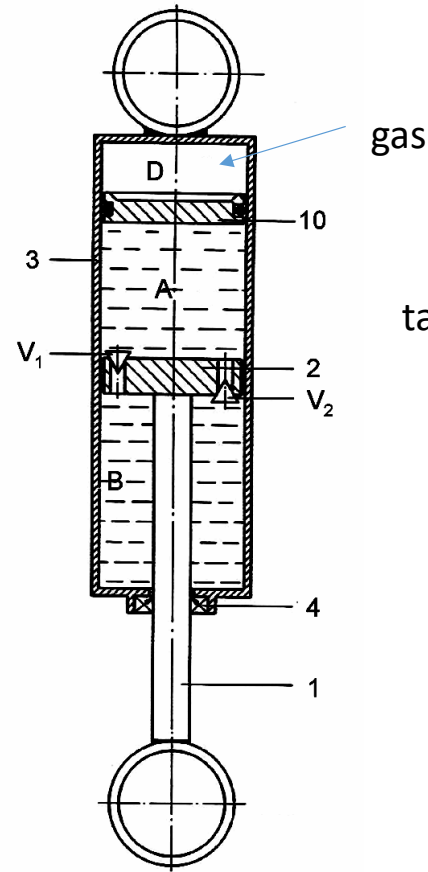
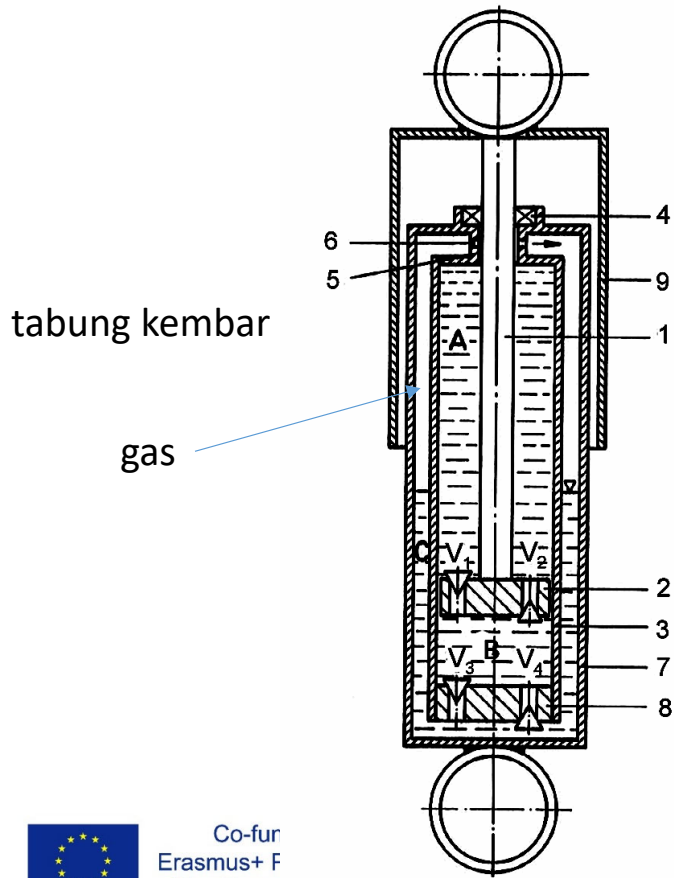
Massa bermunculan

Dilepas

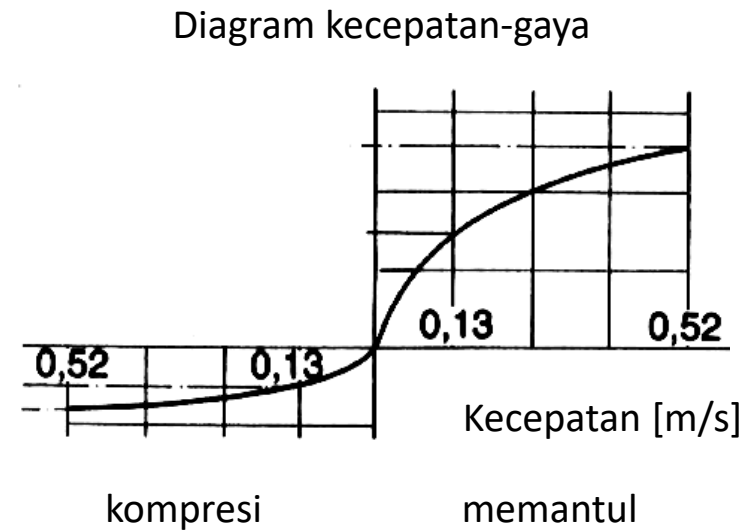
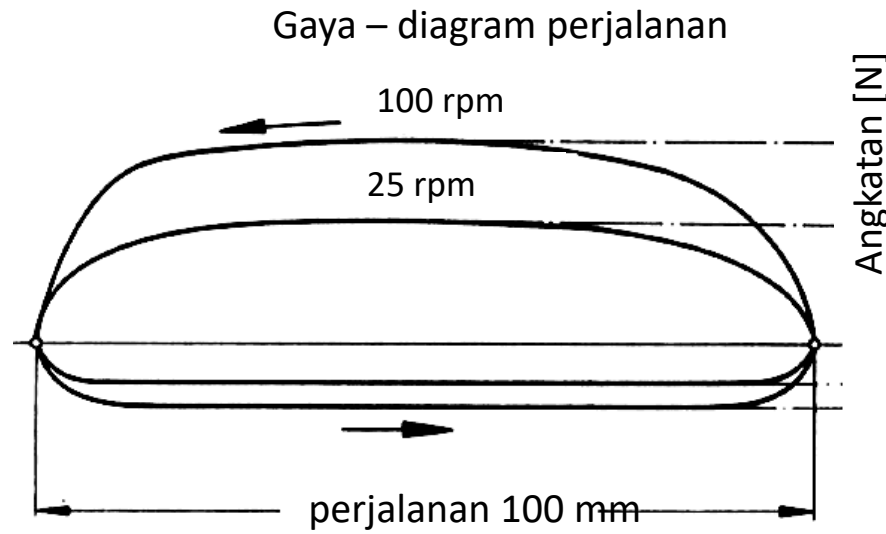


Kekuatan ban

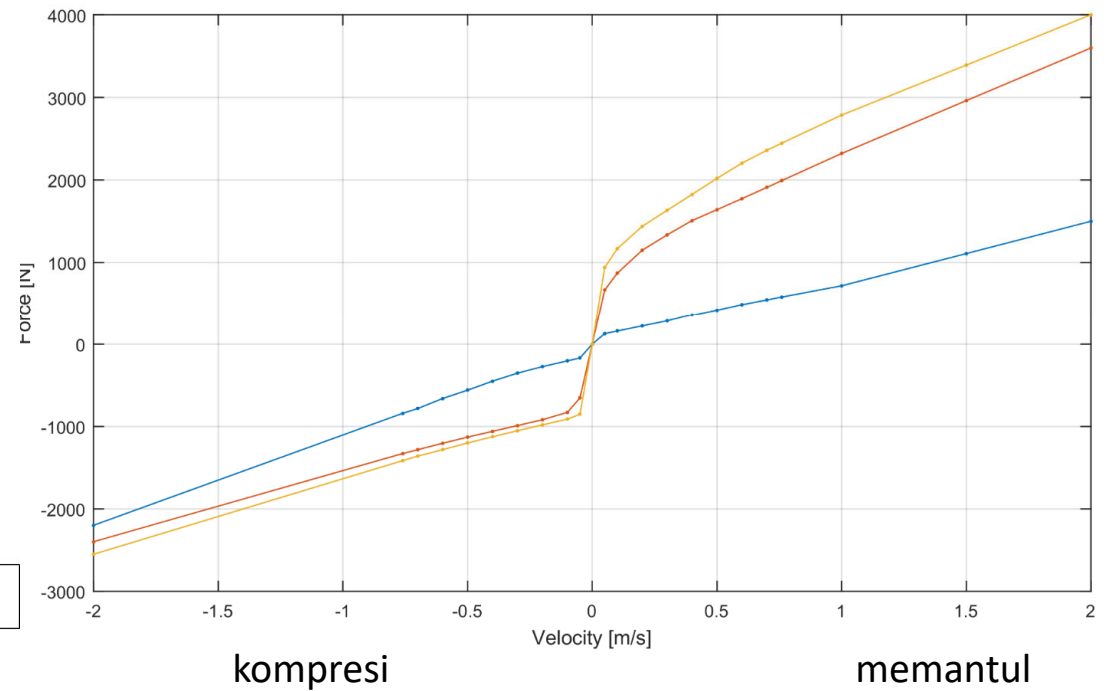
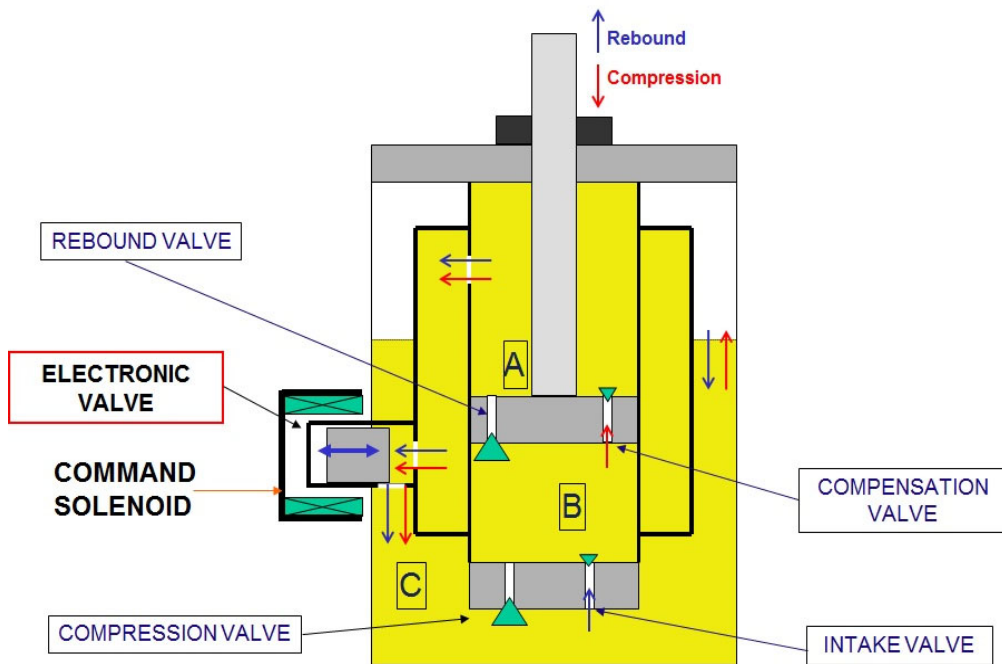
peredam



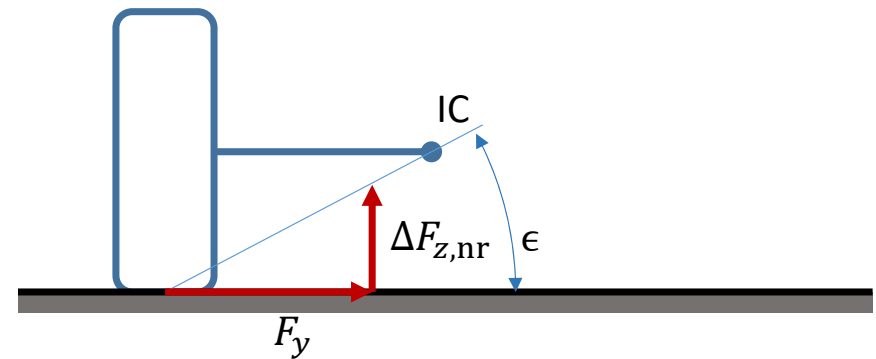
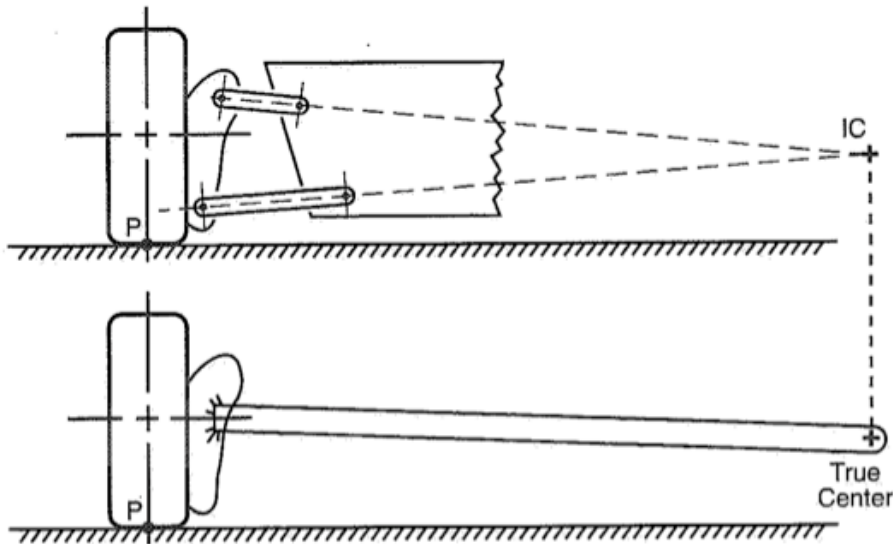
Karakterisasi peredam



Tiga tabung - kontinu pembasahan kontrol



Penanggulangan kinematika – Pusat instan



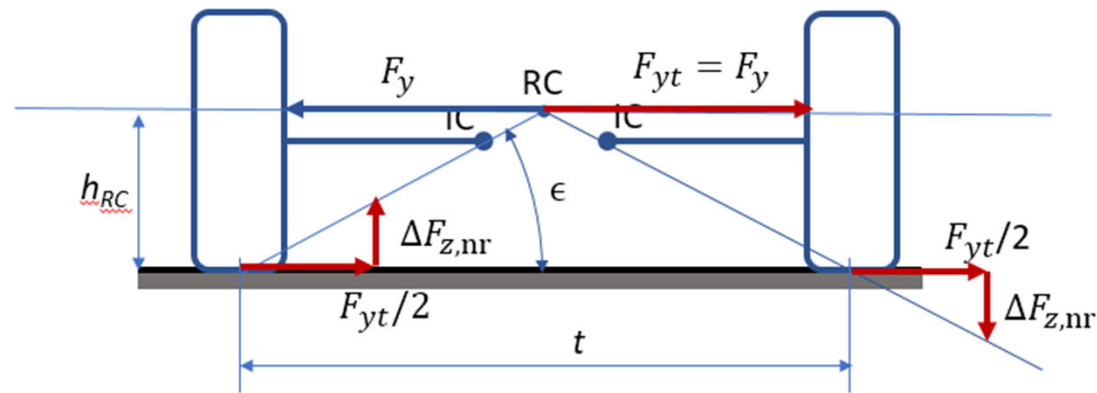
efek kekuatan jacking

Jika resultan perubahan gaya ban ($F_y, \Delta F_{z,nr}$) melewati IC, suspensi tidak membelok.

Pemindahan beban $\Delta F_{z,nr}$ disebut transfer beban “non rolling”.

$$\Delta F_{z,nr} = F_y \tan \epsilon$$

Gulungan Tengah tinggi



Due to roll torque balance

$$F_y h_{RC} = \Delta F_{z,nr} t$$

Therefore

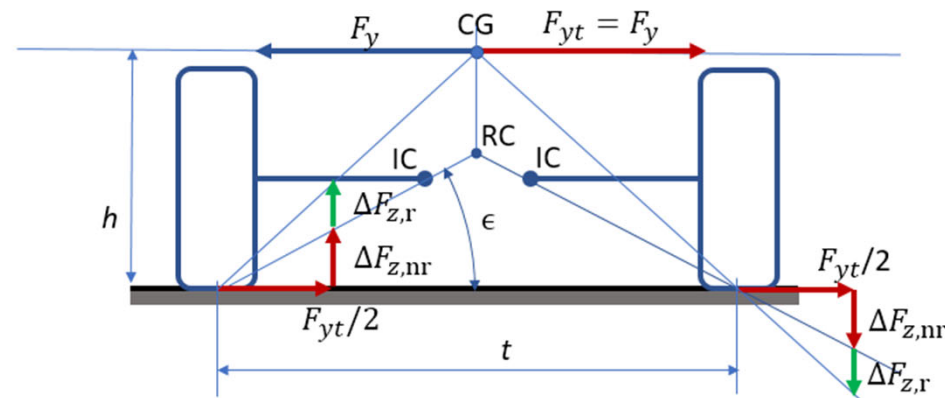
$$\frac{\Delta F_{z,nr}}{F_y} = \frac{h_{RC}}{t}$$

And

$$\tan \epsilon = \frac{h_{RC}}{t/2} = \frac{\Delta F_{z,nr}}{F_y/2}$$

If the lateral force acts on RC the tire forces pass through the IC. The suspensions do not deform. The load transfer is indicated as non rolling.

Gulungan Tengah tinggi



In general the lateral force acts on the CG that is not located in the RC. Due to roll torque balance

$$F_y h = (\Delta F_{z,r} + \Delta F_{z,nr}) t$$

Therefore

$$\frac{(\Delta F_{z,r} + \Delta F_{z,nr})}{F_y} = \frac{h}{t}$$

And

$$\Delta F_{z,r} = F_y \frac{h}{t} - \Delta F_{z,nr} = F_y \frac{h}{t} - \frac{F_y}{2} \tan \epsilon = \frac{F_y}{t} (h - h_{RC})$$

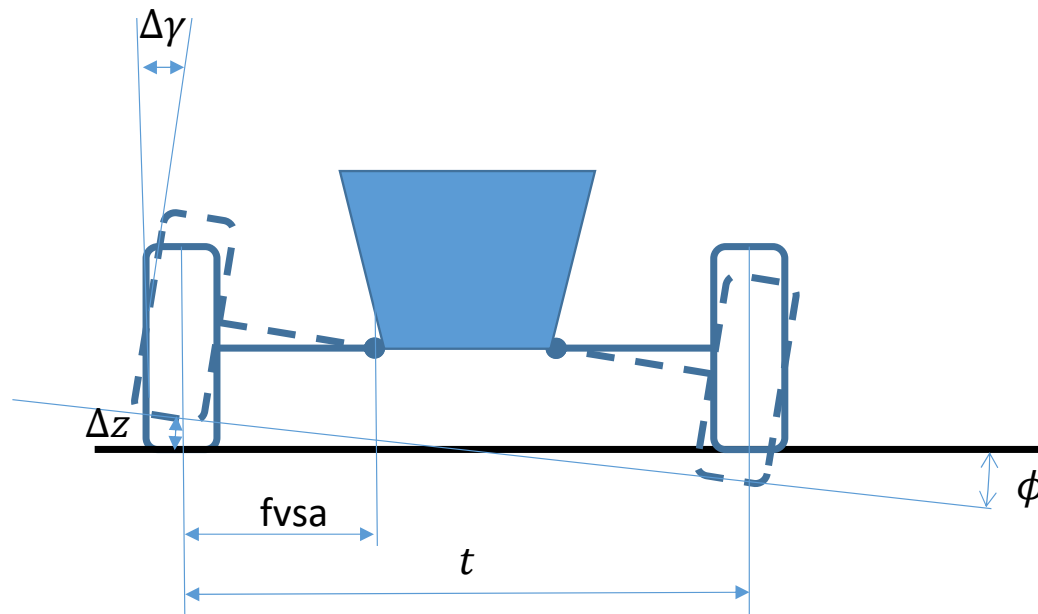
The deformation of the suspension is just related to the rolling contribution to the load transfer.

$$\Delta F_{z,r}$$

We can then define a "anti-roll" factor as the ratio between the non rolling to the total load transfer

$$A_r = \frac{\Delta F_{z,nr}}{\Delta F_z} = \frac{F_y/2 \tan \epsilon}{F_y h/t} = \frac{h_{RC}}{h}$$

Keuntungan camber



Mengingat perpindahan kecil, perjalanan roda yang berlawanan menginduksi sudut body roll

$$\phi = \frac{\Delta z}{t/2}$$

Perjalanan roda yang sama sesuai dengan perubahan sudut camber (pemulihan camber)

$$\Delta \gamma = \frac{\Delta z}{fvsa}$$

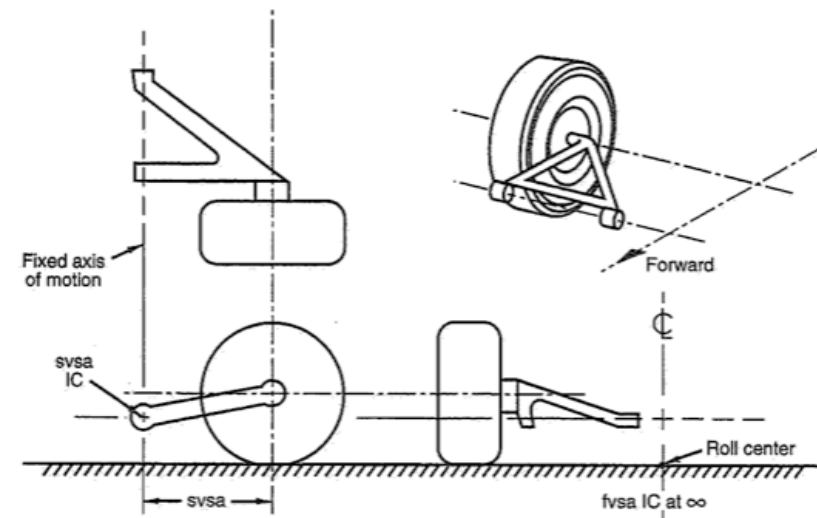
Keuntungan roll camber adalah rasio antara pemulihan camber dan roll

$$\frac{\Delta \gamma}{\phi} = \frac{t/2}{fvsa}$$

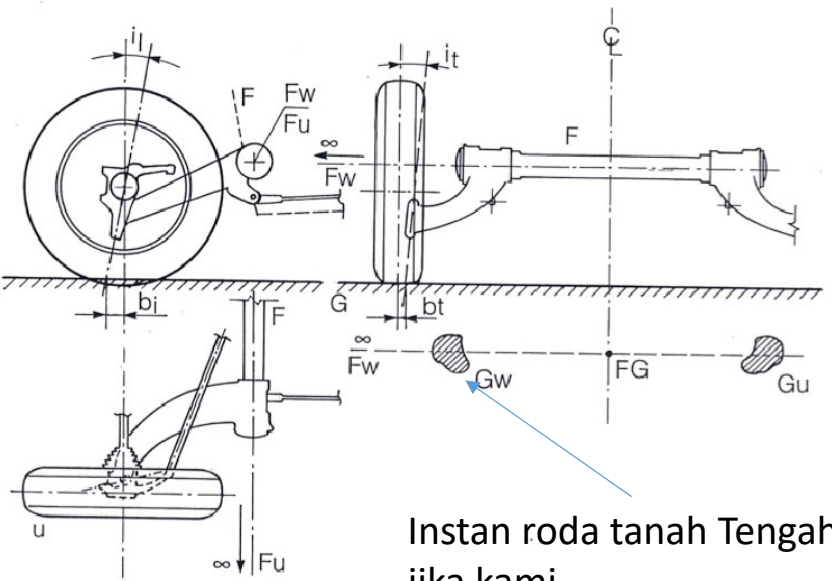
Jika gulungan camber $\frac{\Delta \gamma}{\phi} \approx 1$ suspensi memulihkan kerugian camber karena roll.

Lengan belakang

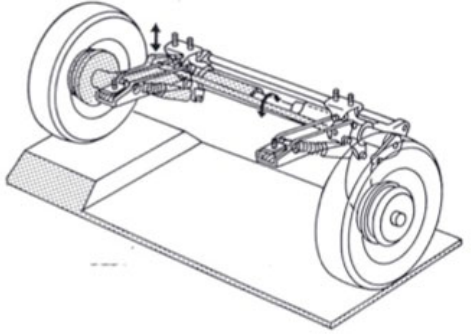
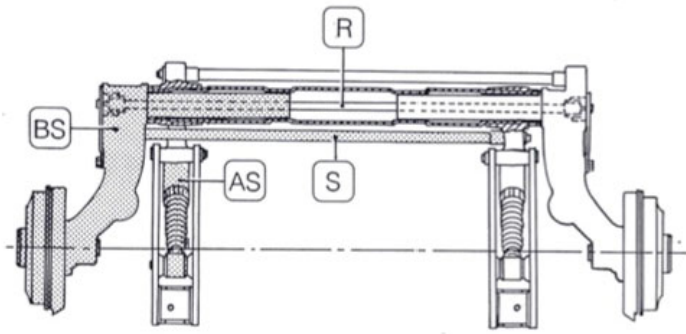
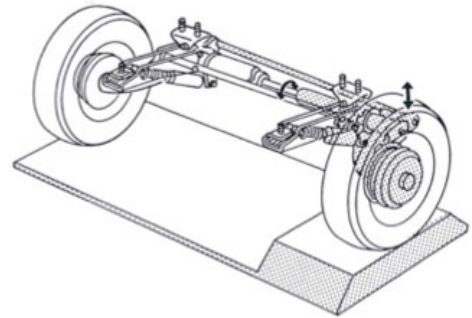
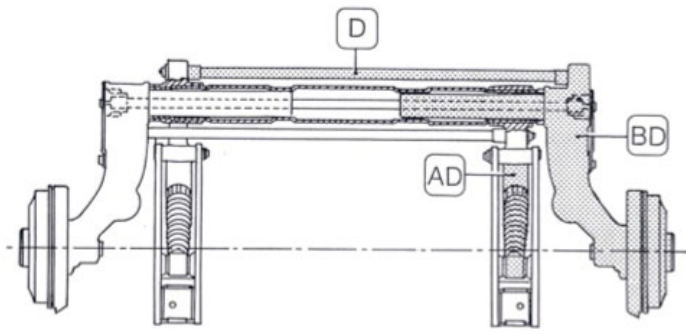
- Tampak depan
 - Gerakan vertikal murni. Sesa kucing ∞ bersama bos sumbu dan RC aktif tanah.
 - Tidak ada perubahan camber dengan perjalanan roda
 - Body roll diterjemahkan dalam perubahan camber yang sama (tidak ada pemulihan camber)
 - Tidak ada perubahan jari kaki
- Tampak samping
 - IC adalah sumbu bushing. Posisi vertikal IC harus meninggalkan ground clearance yang sesuai.
 - Untuk suspensi depan roda bergerak melawan rintangan.
- Pandangan atas
 - Tidak ada perubahan jari kaki karena perjalanan roda
 - Gaya samping menyebabkan roda keluar dari tikungan (mengganggu kestabilan suspensi belakang)



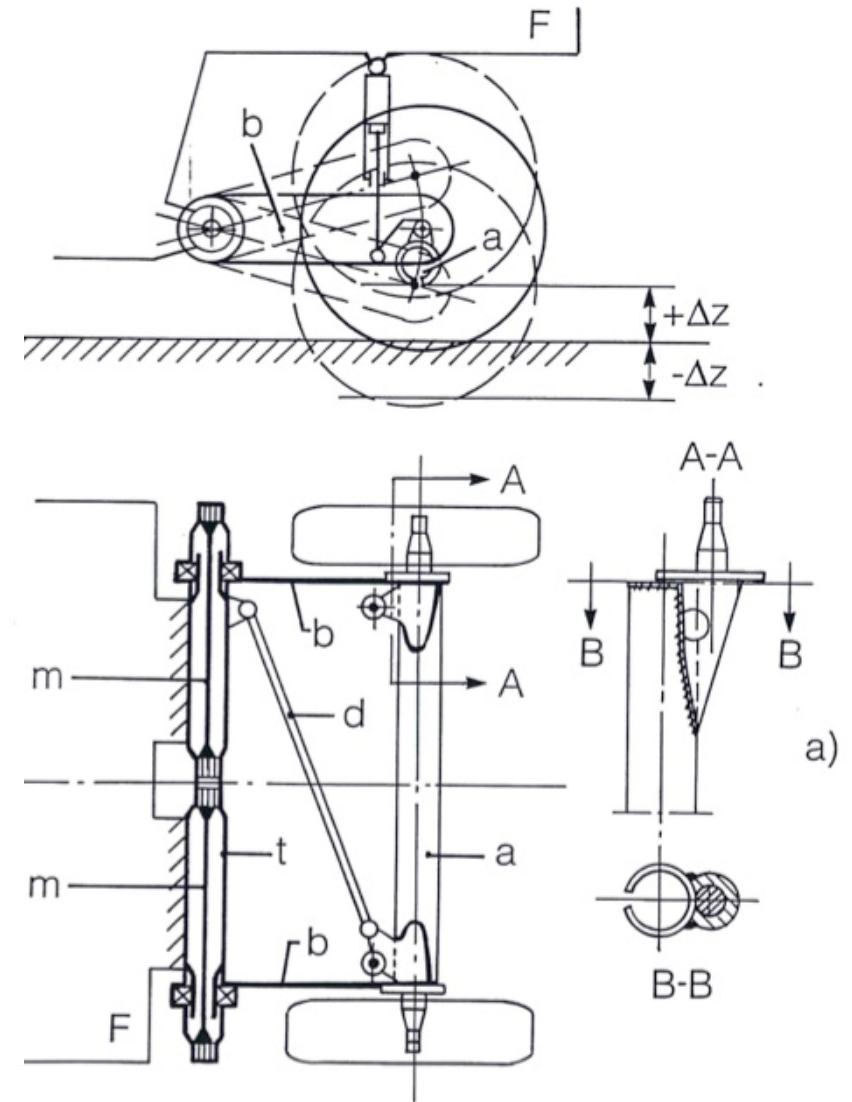
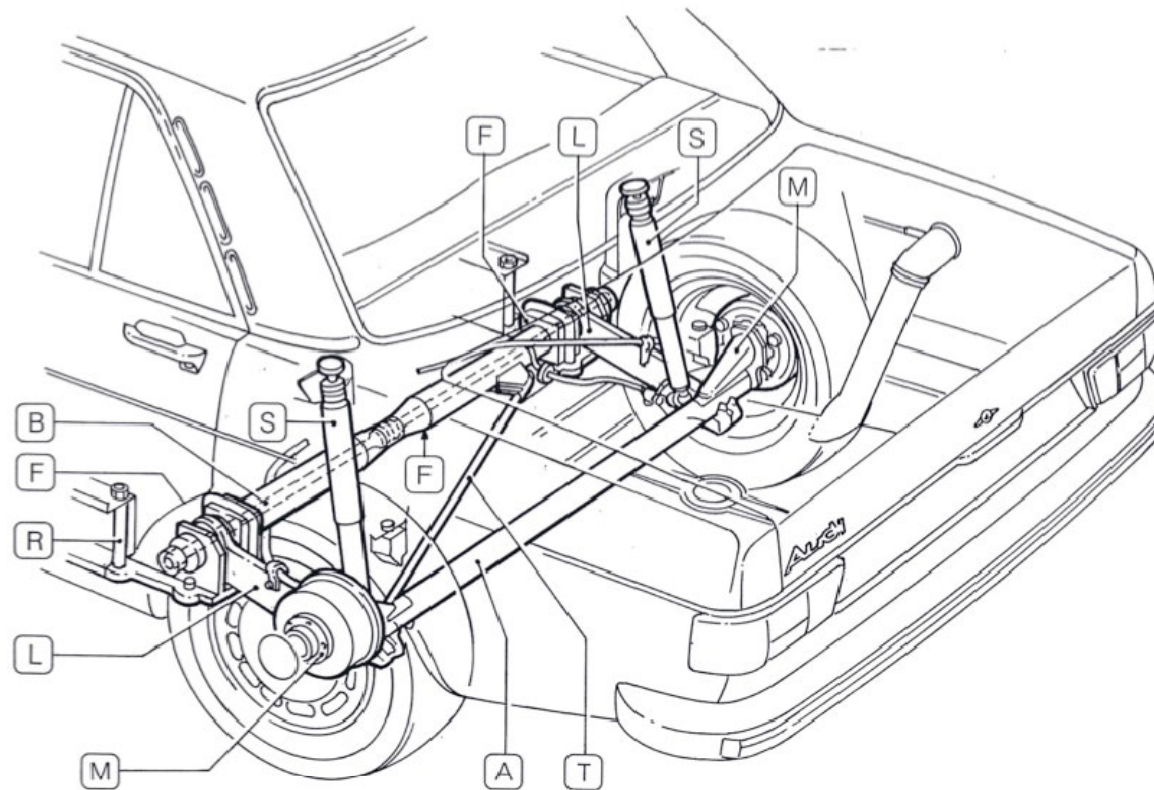
Lengan trailing – konstruksi



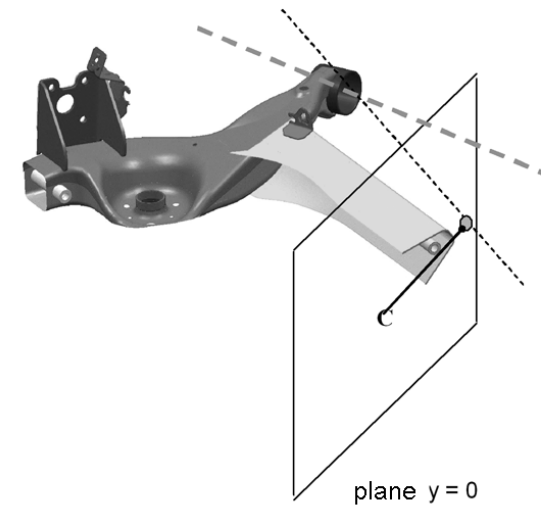
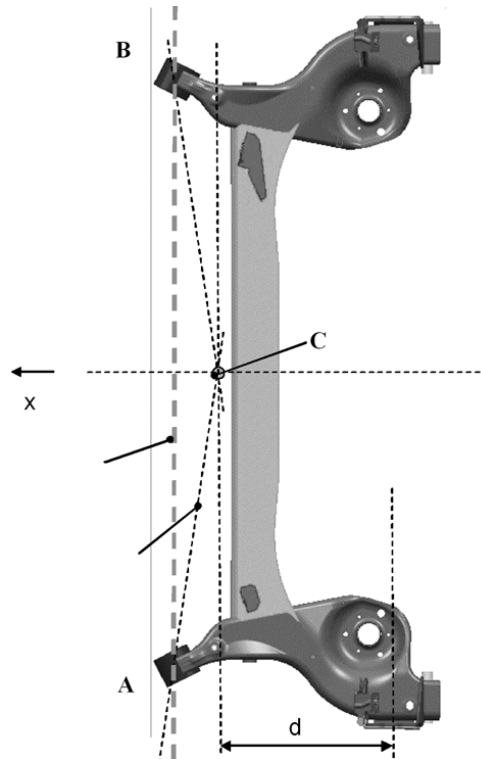
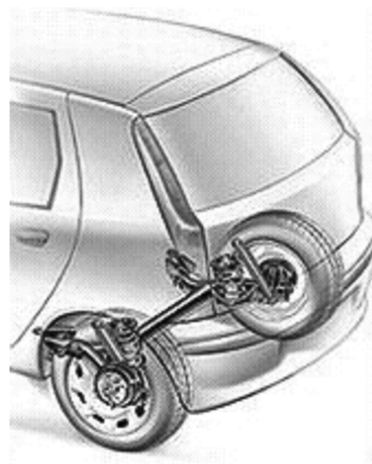
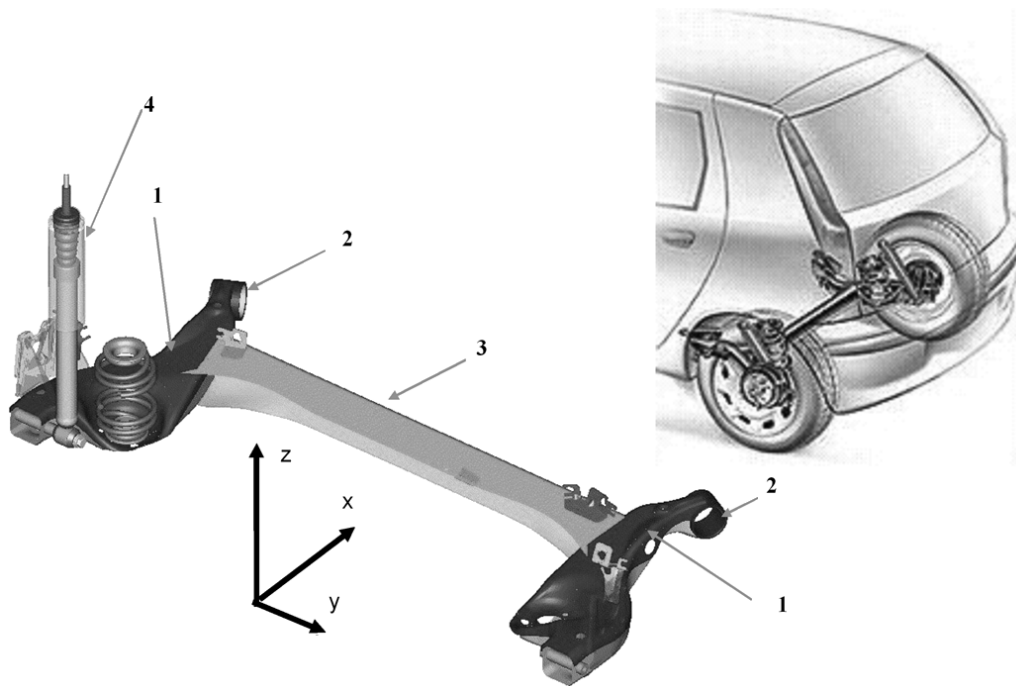
Instan roda tanah Tengah
jika kami
mempertimbangkan
deformasi ban



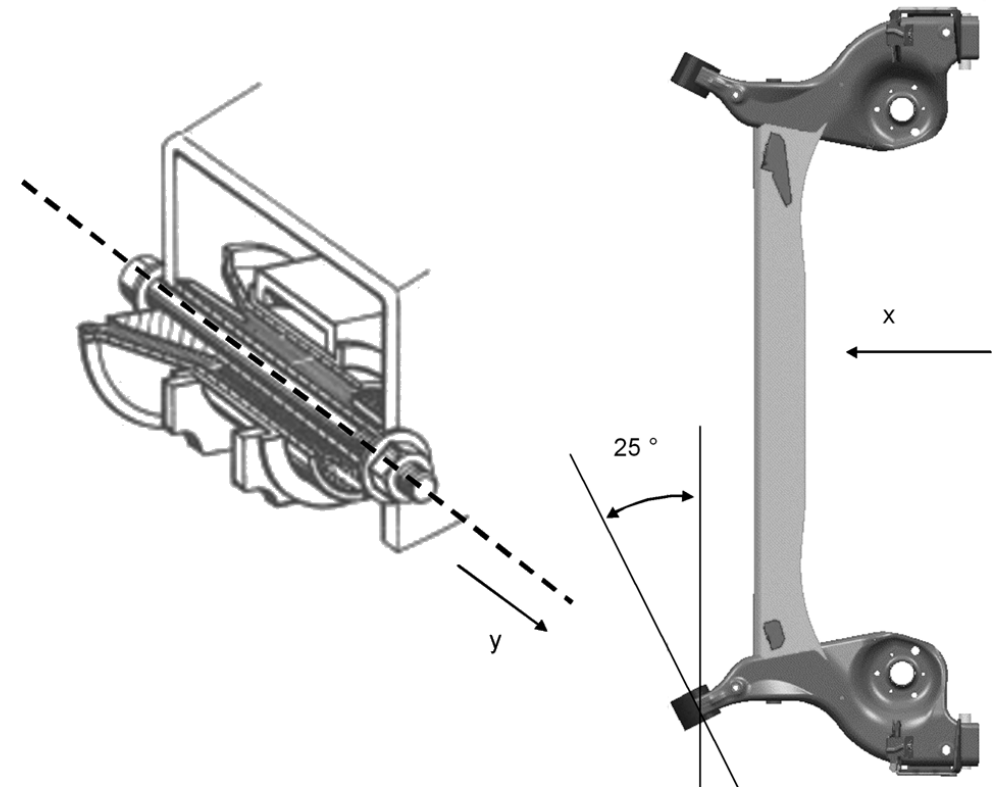
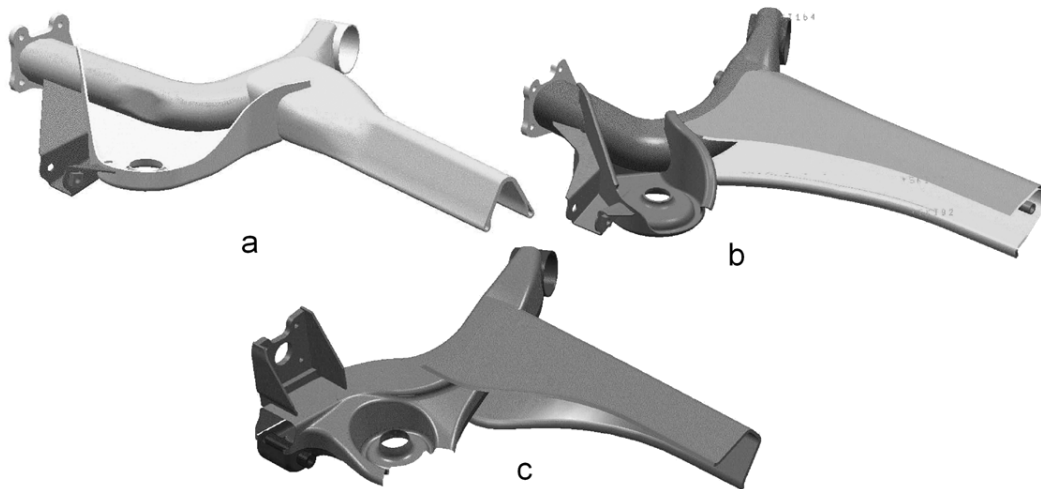
Poros balok bengkok



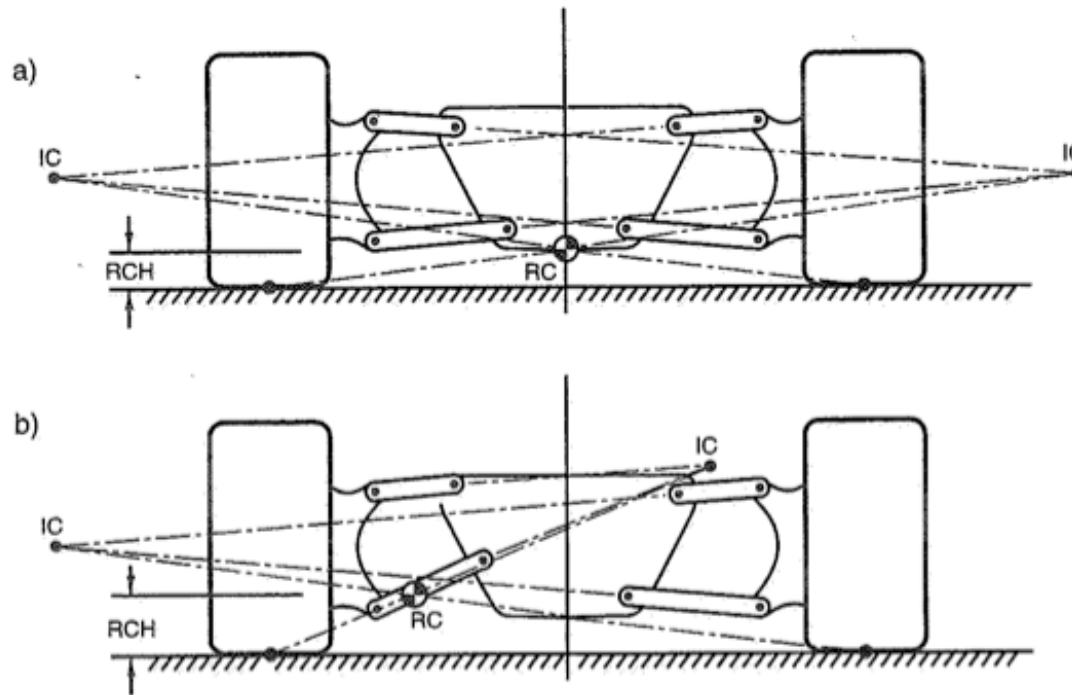
Suspensi balok bengkok



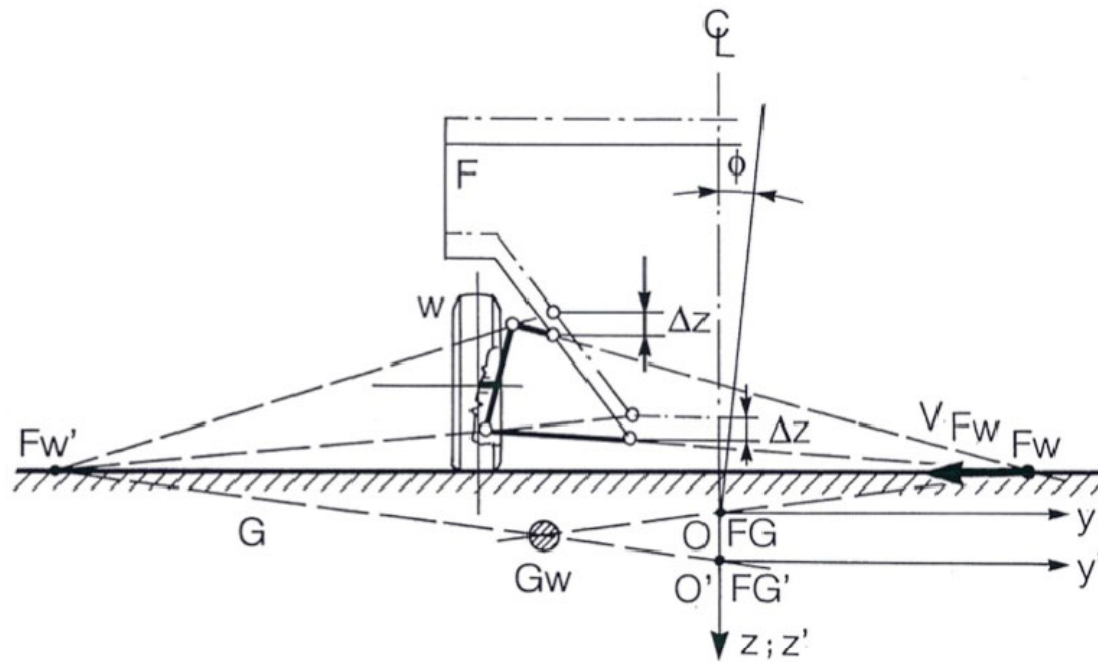
Suspensi balok bengkok



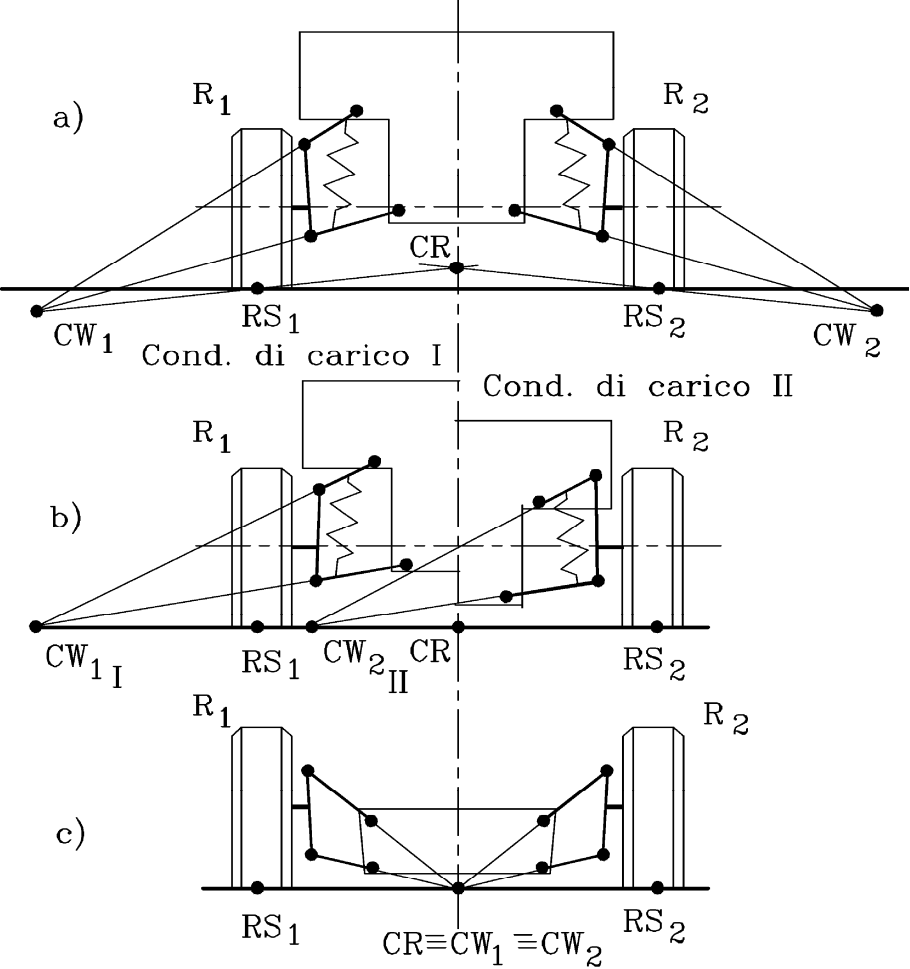
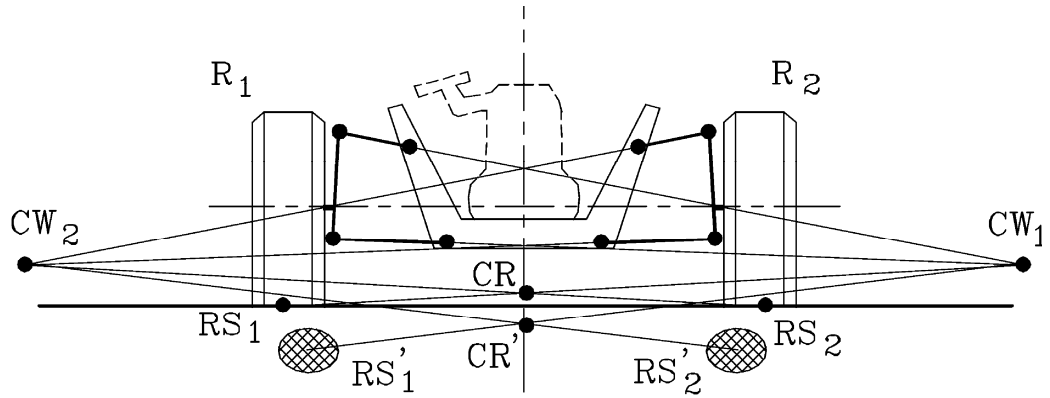
Dobel tulang punggung



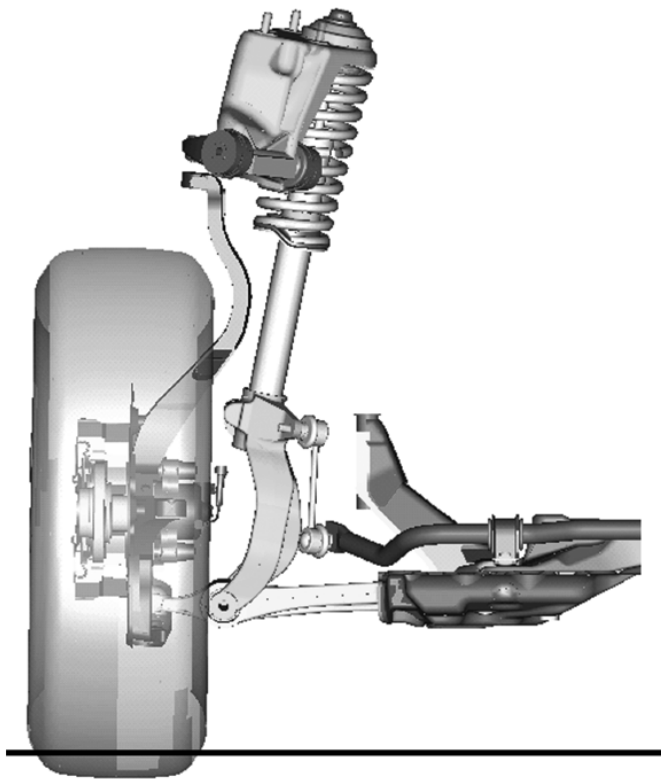
Dobel tulang punggung migrasi IC



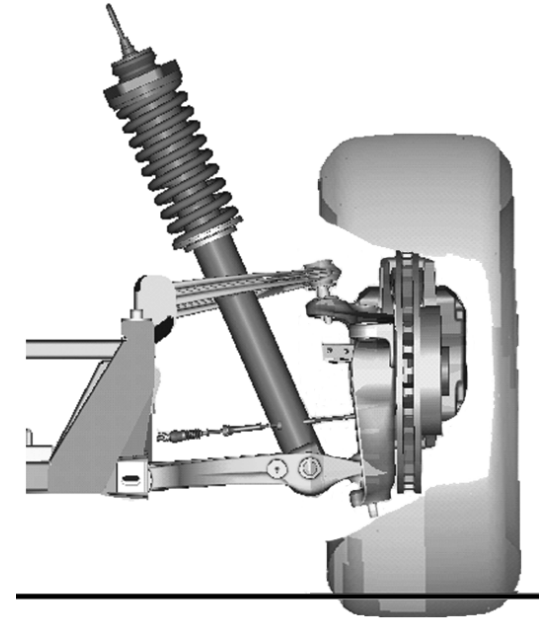
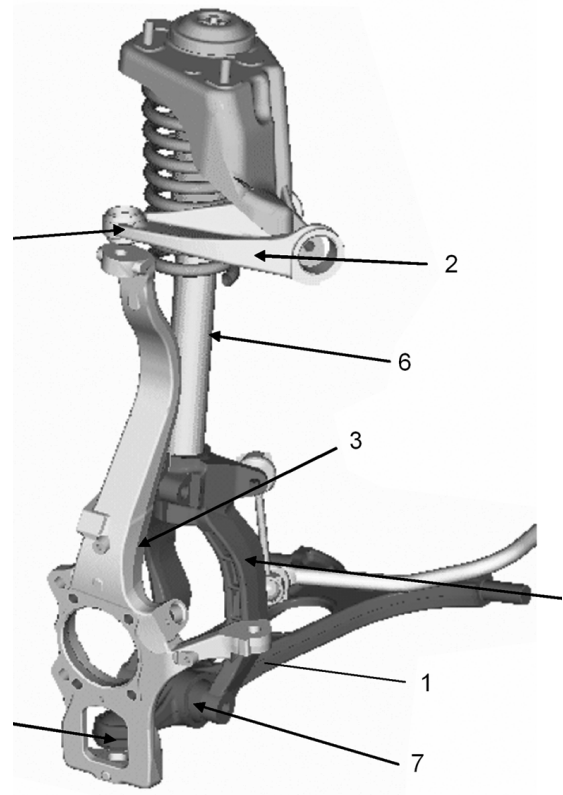
Dobel tulang punggung – IC migrasi



Dobel tulang punggung

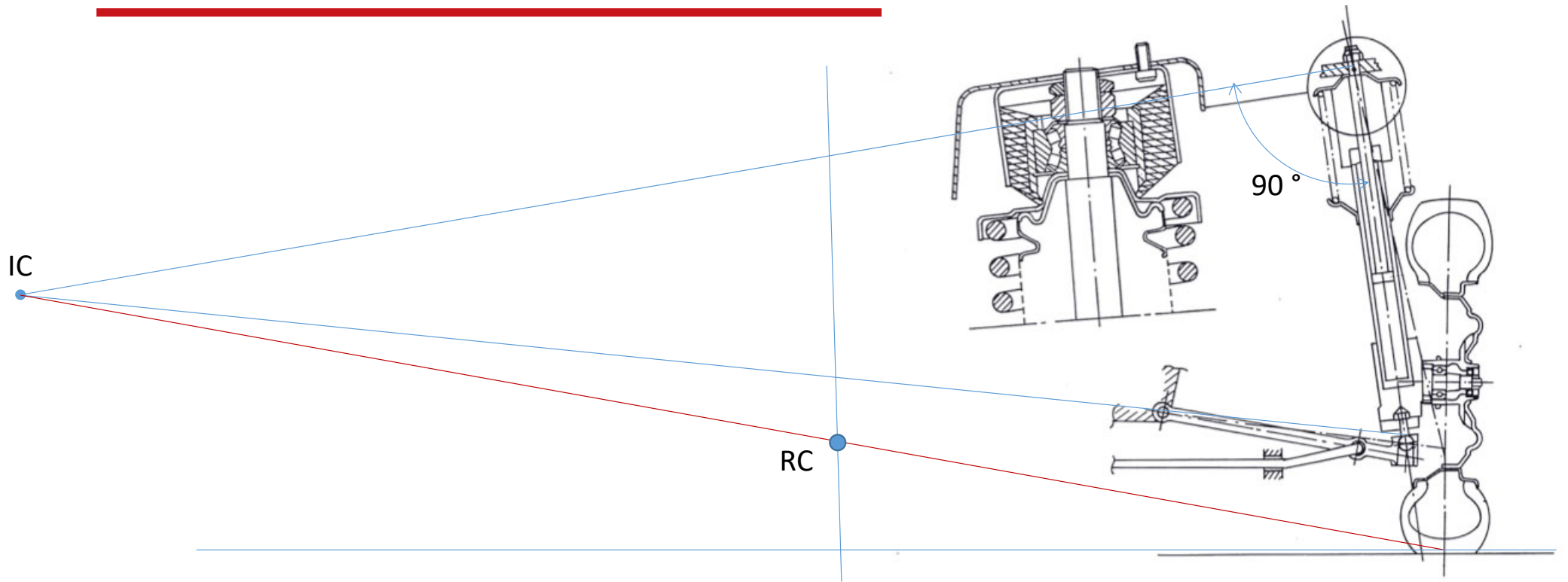


penyangga panjang

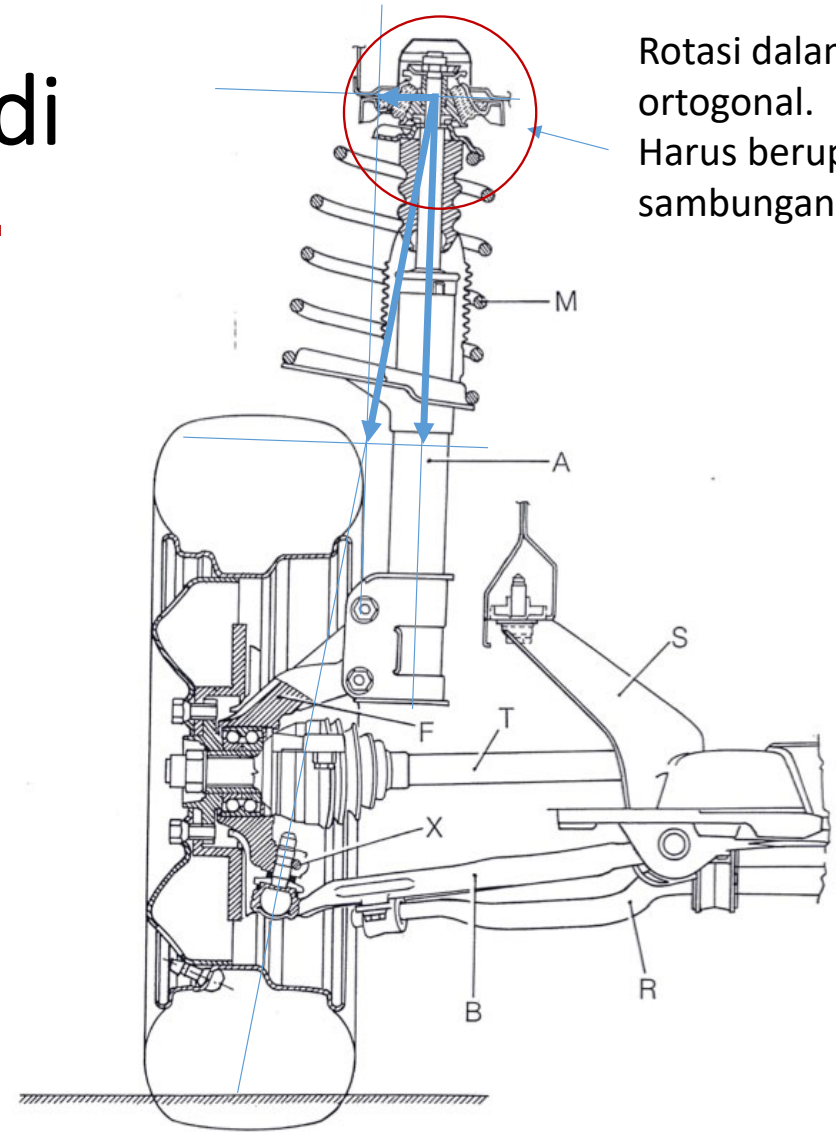
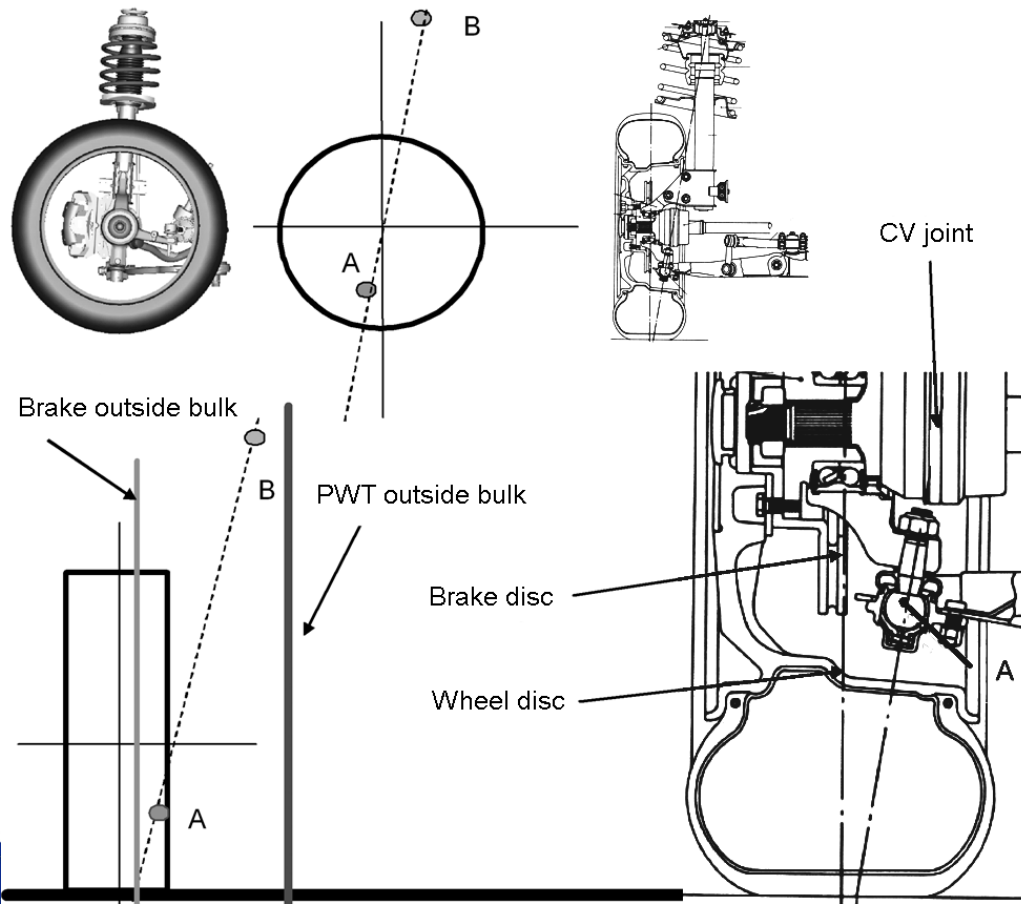


penyangga pendek 58

Mc pherson IC dan RC

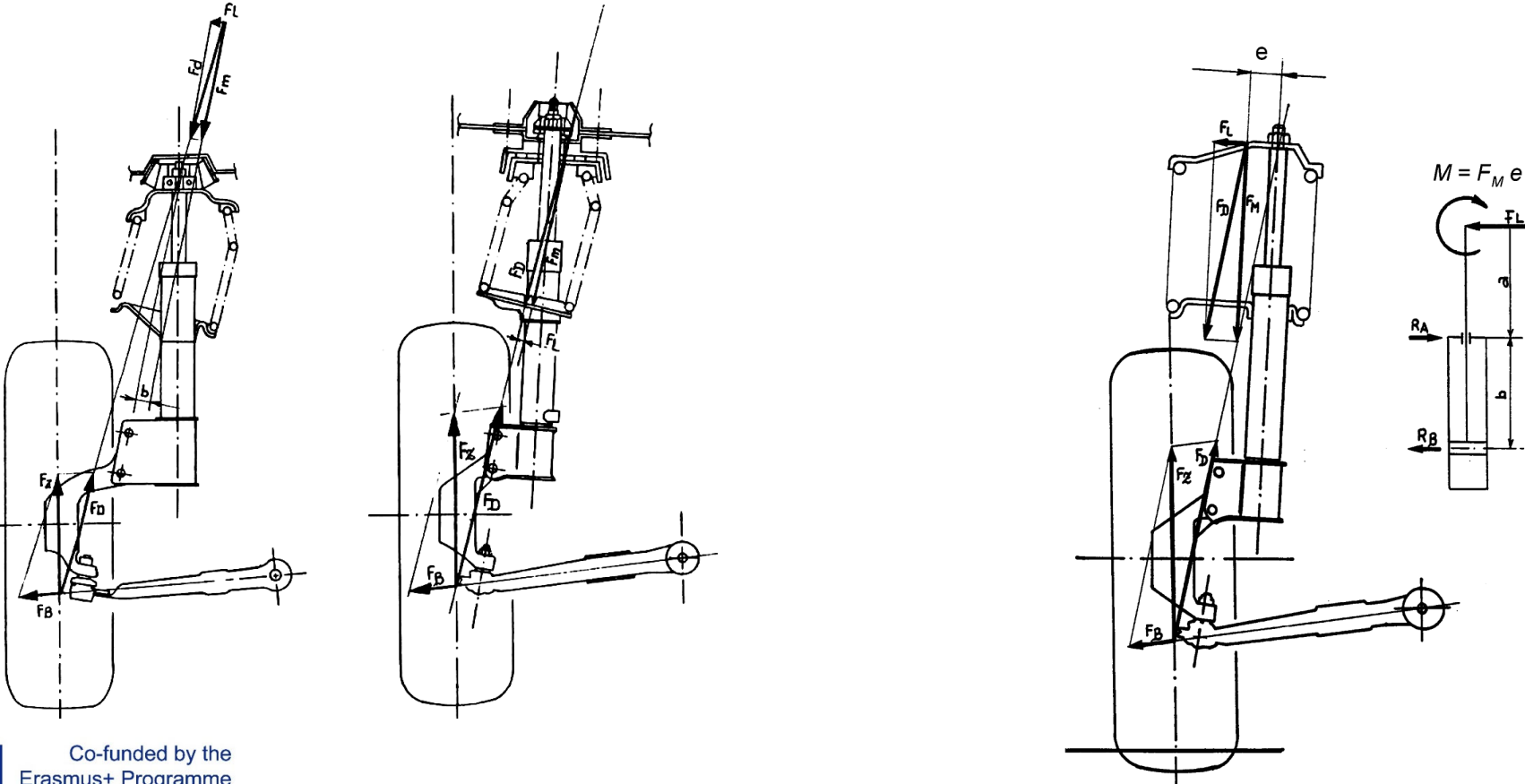


Mc pherson - sudut kemudi



Rotasi dalam 3 arah ortogonal. Harus berupa sambungan bola

Mc pherson offset musim semi



SLOT 6: SISTEM KONTROL



-
- Kontrol sistem penyesuaian ketinggian
 - Kontrol Suspensi Regeneratif
 - Kontrol gulungan aktif



Kontrol Suspensi Penyesuaian Tinggi



Garis besar



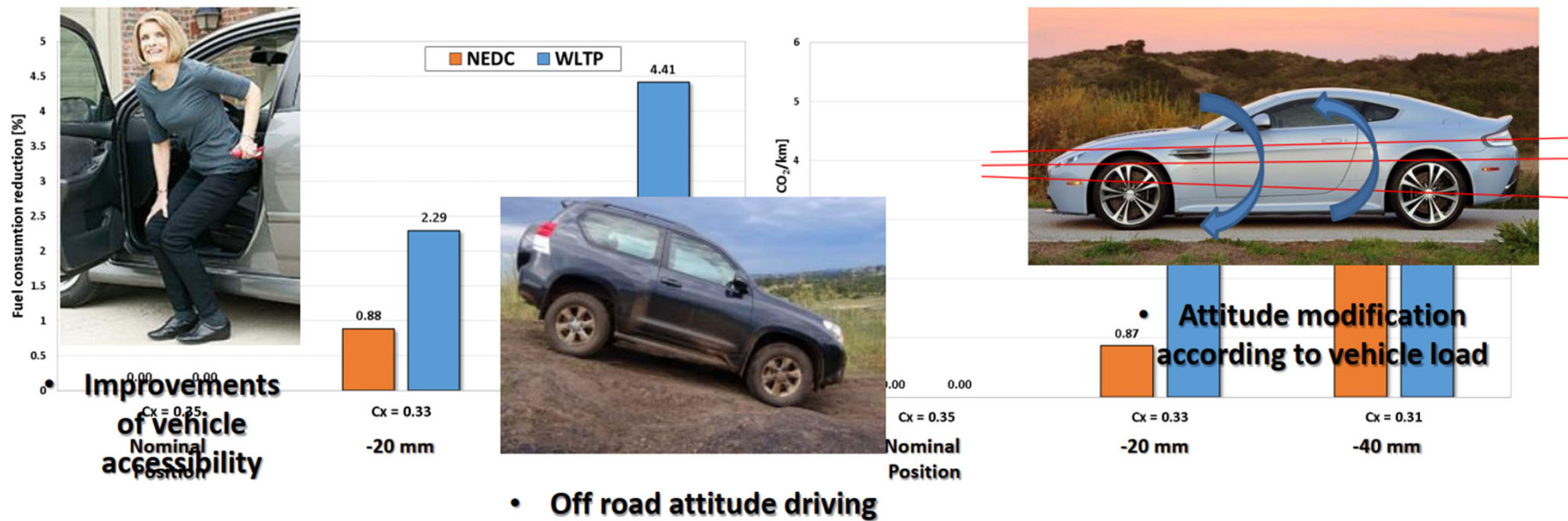
- Mengapa sistem penyesuaian ketinggian pada mobil penumpang?
- Keadaan industri seni dan kemungkinan teknologi/arsitektur baru.
- Fitur utama sistem suspensi penyesuaian ketinggian elektromekanis.
- Studi kasus.
- Kesimpulan.



motivasi

FUEL CONSUMPTION AND gCO₂/km REDUCTION

C_x reduction only in extra urban - A Segment Car

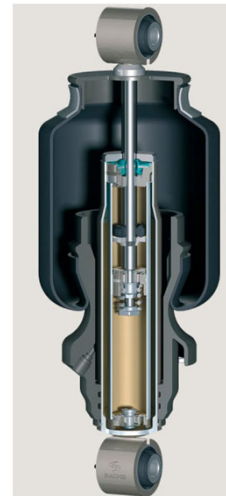
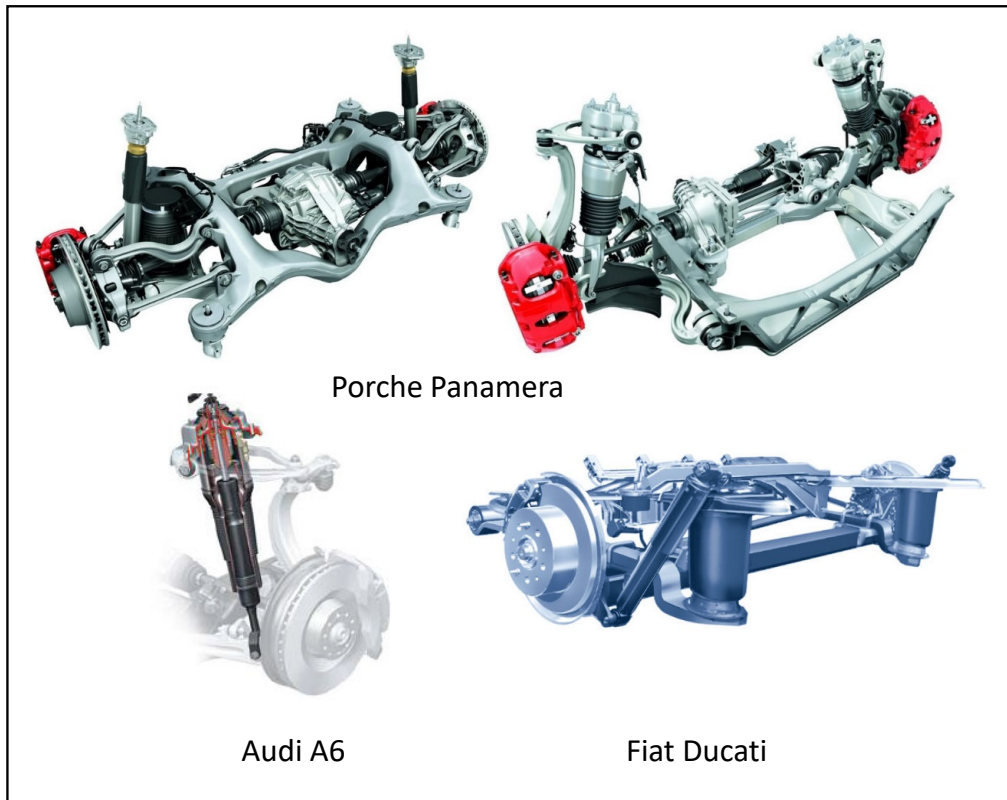


2015 – 2020 → from 130 to 95 gCo₂/km → -35 gCO₂/km (NEDC)

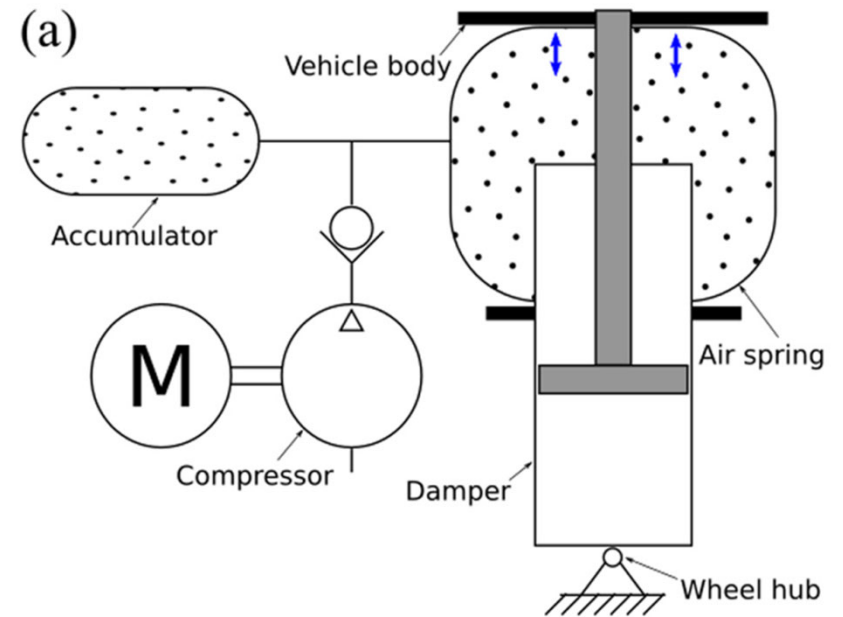


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sistem penyesuaian ketinggian pneumatik



Suspensi ZF Air

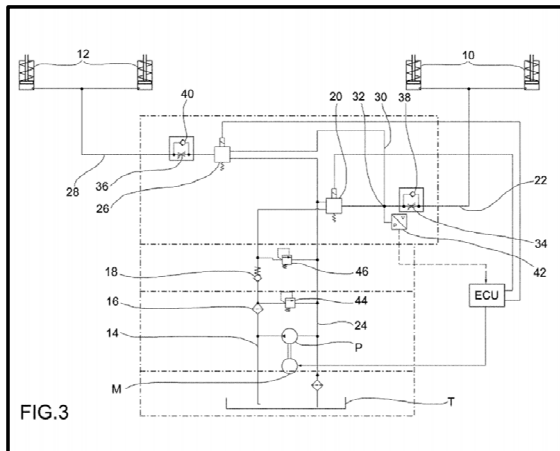


Sistem penyesuaian ketinggian hidraulik



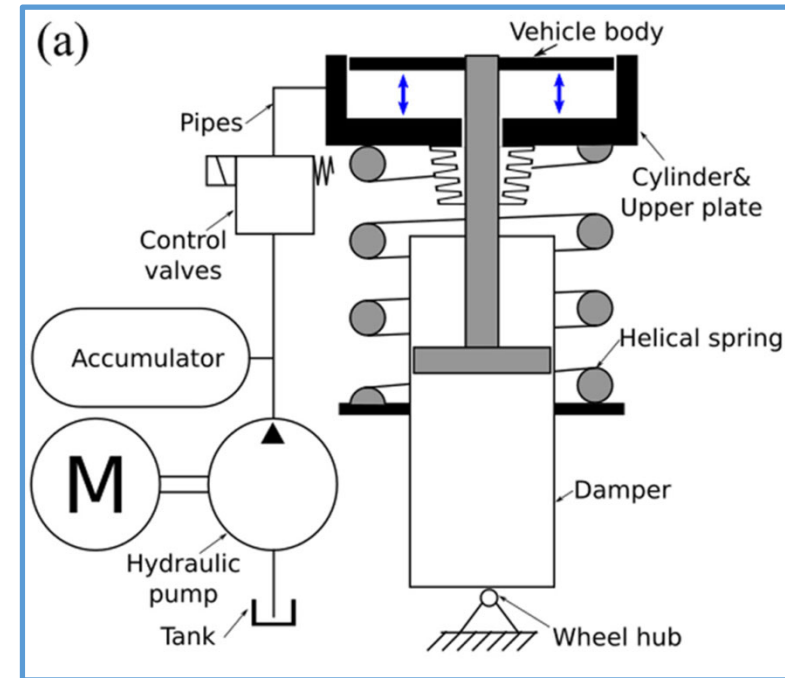
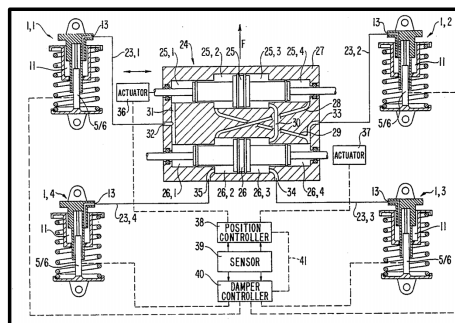
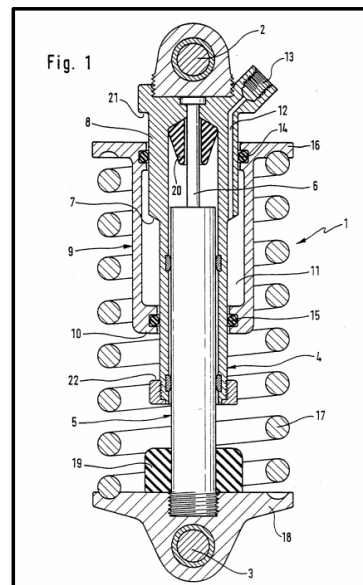
Gerakan Pelat Bawah Hidraulik

magnet Marelli SPA, AS 2015/0028552 A1, 2015

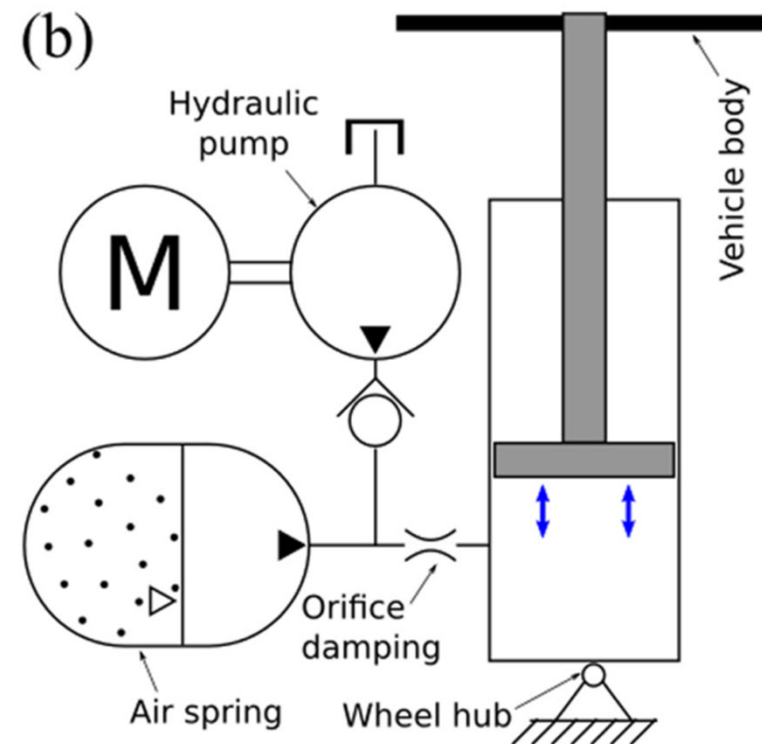


Gerakan Pelat Atas Hidrolik

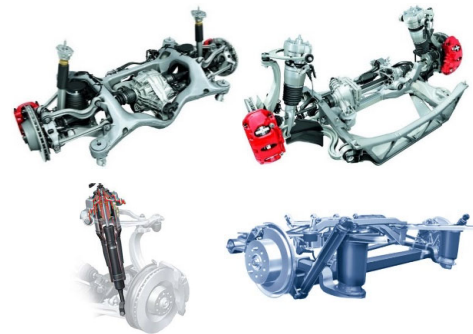
Mercedes, AS 5401053A, 1995



Hidropneumatik sistem penyesuaian ketinggian



Solusi yang Tersedia di Pasar



SUSPENSİ HIDROLİK

SUSPENSİ UDARA

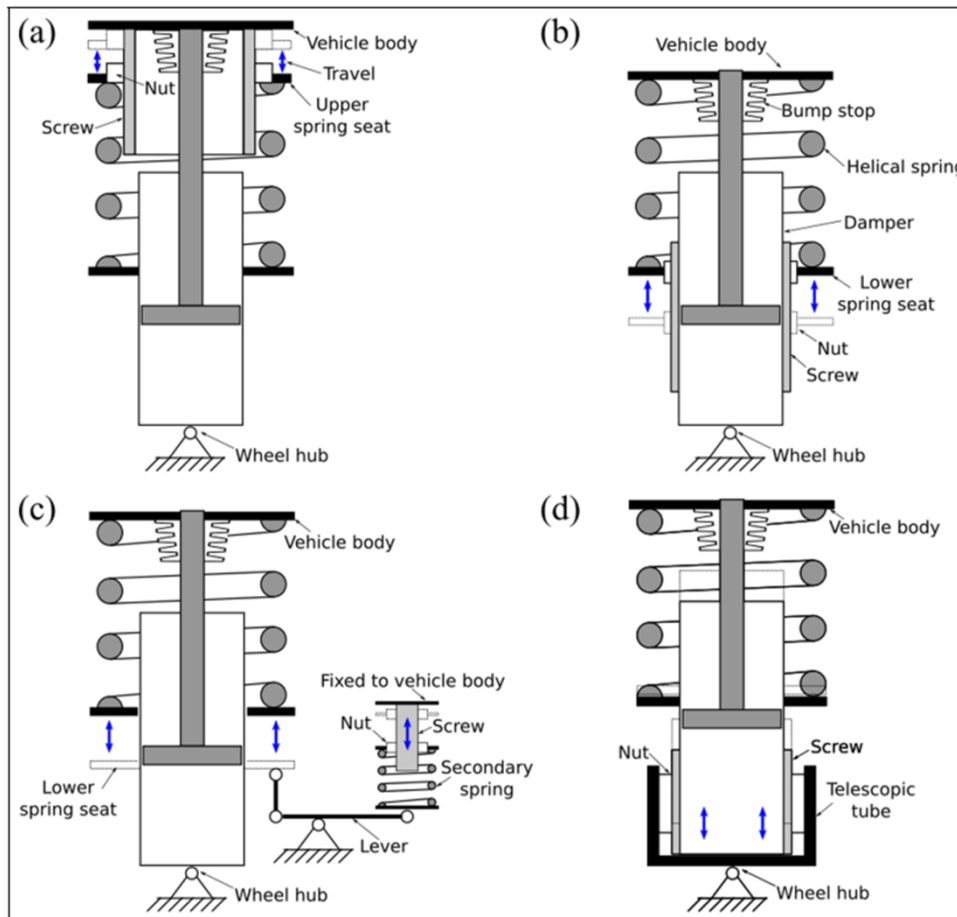
SUSPENSİ HIDROPNEUMATİK



- Kompleksitas sistem dan biaya tinggi;
- Diperlukan ruang yang besar, tidak cocok untuk kendaraan kompak;
- Pegas udara bekerja secara paralel dengan peredam kejut (perjalanan yang ditentukan);
- Mobil segmen tinggi.



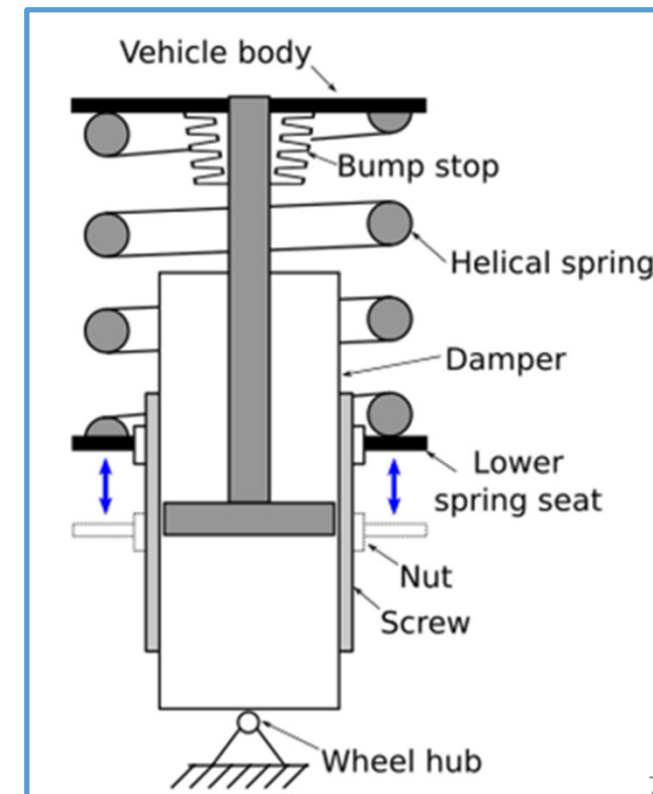
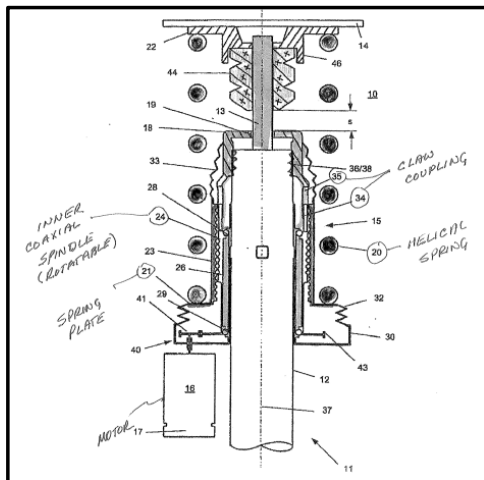
Sistem penyesuaian ketinggian elektromekanis



- Kesederhanaan sistem;
- Biaya yang relatif lebih rendah;
- Ukuran kompak;
- Modularitas;
- Keandalan tinggi;
- Mobil segmen rendah.

Kemungkinan Konfigurasi: Gerakan pelat bawah

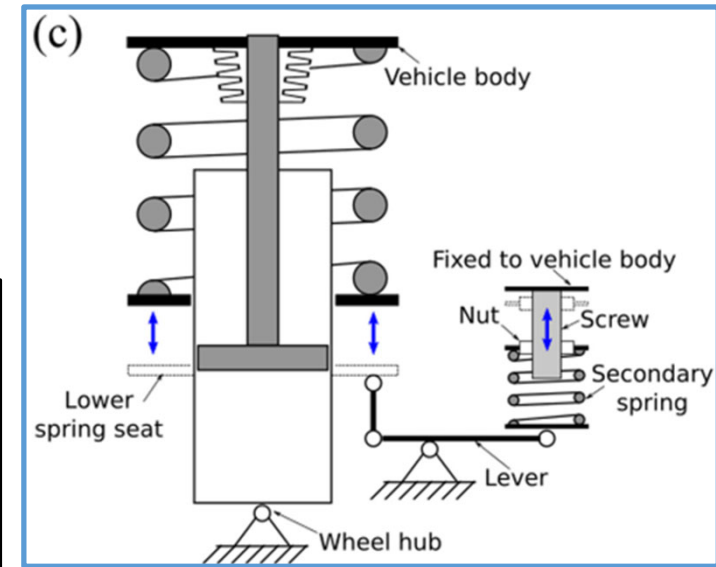
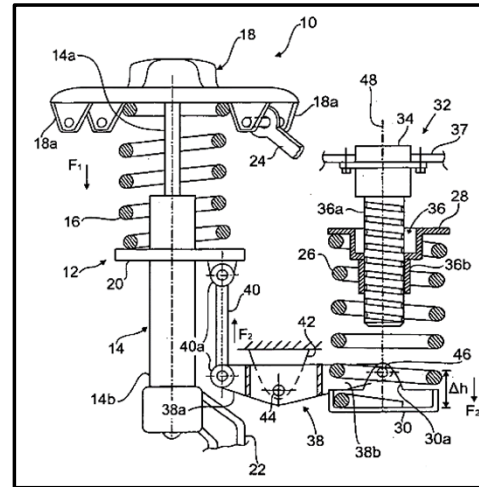
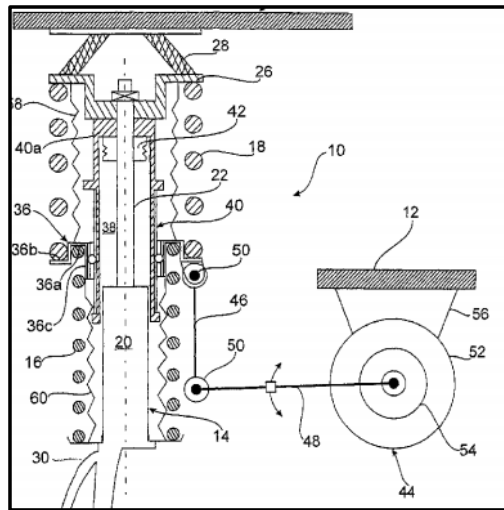
- **Gerakan Pelat Bawah Langsung Mekanis**
 - Audi AG, AS 2009/0146385A1, **2009**



Kemungkinan Konfigurasi: Gerakan pelat bawah

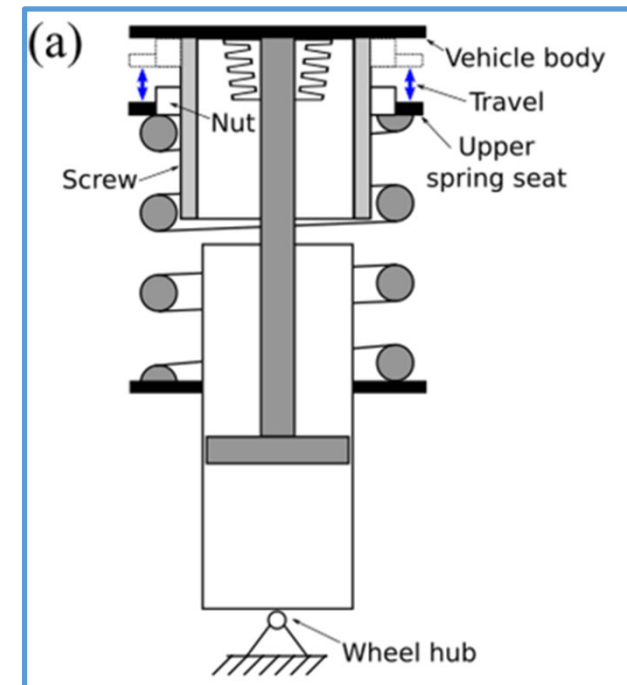
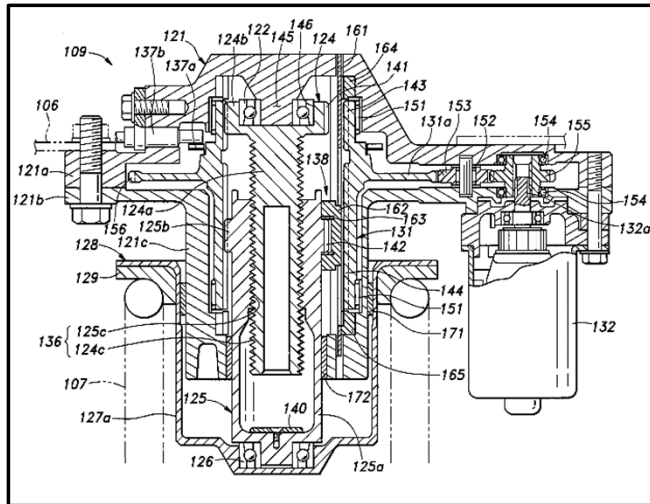
- **Gerakan Pelat Bawah dengan Leverage**

- Audi AG, AS 8317003B2, **2012**
- Audi AG, EP 2199121B1, **2014**



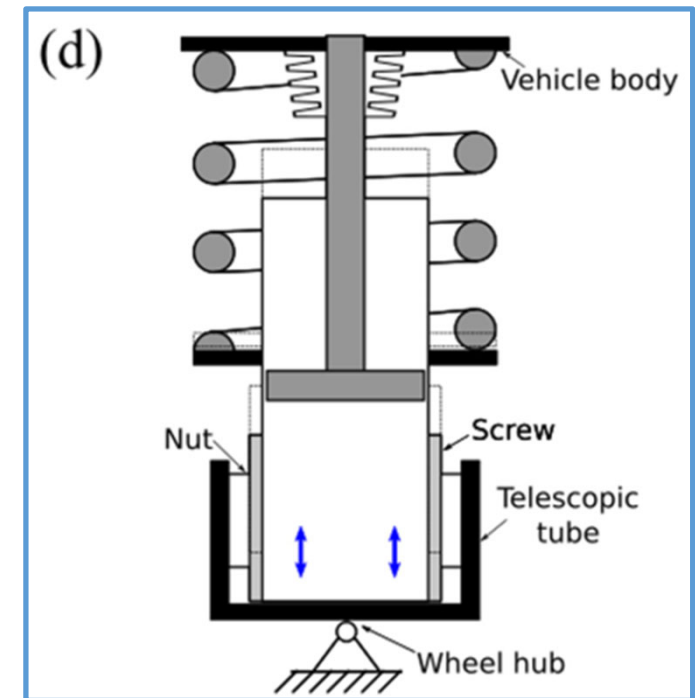
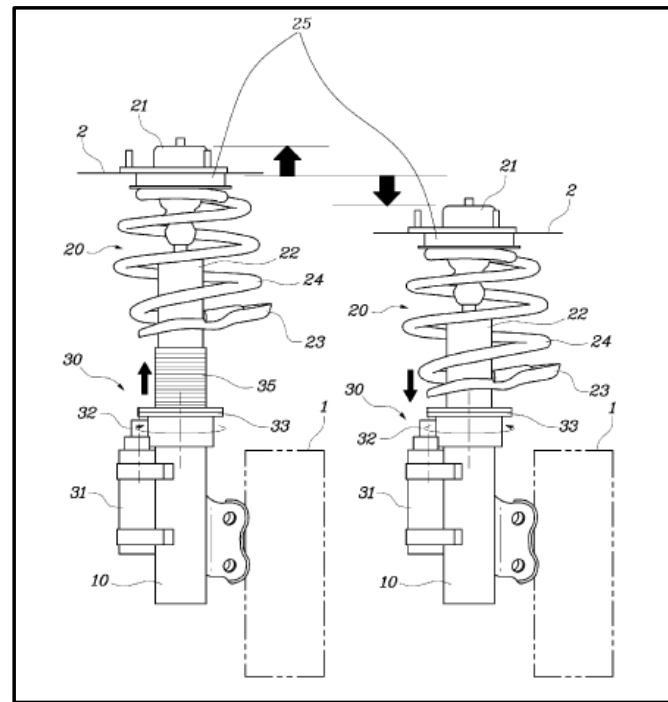
Kemungkinan Konfigurasi: Gerakan pelat atas

- **Gerakan Pelat Atas Mekanis**
 - Audi AG, EP 1970227A2, **2007**
 - Honda, US7922181B2, **2011**



Kemungkinan Konfigurasi

- **Gerakan Tabung Shock Absorber**
 - Hyundai, AS 8833775B2, **2014**



Ringkasan



Type Features	Efisiensi	Mekanis Kompleksitas	Kemasan	Tambahan Massa (S/AS)	Modifikasi suspensi karakteristik	Sikap untuk Lambat aktif	Skor
Musim semi pemegang, Mekanik	★	★ ★ ★	★ ★	kita	★ ★	tidak	8
Pelat Bawah, Hidrolik	★ ★	★ ★	★	kita	★ ★	Ya	7
pemegang musim semi, aktuasi eksentrik	★ ★	★ ★	★	kita	★ ★	tidak	7
Pelat Atas, Mekanik	★ ★	★ ★	★	S	★ ★	tidak	6
Pelat Atas, Hidrolik	★ ★	★ ★	★	S	★ ★	Ya	7
SA Tabung	★	★	★ ★	kita	★ ★ ★	tidak	7

Solusi yang Diusulkan: Depan

- Ide dasar:

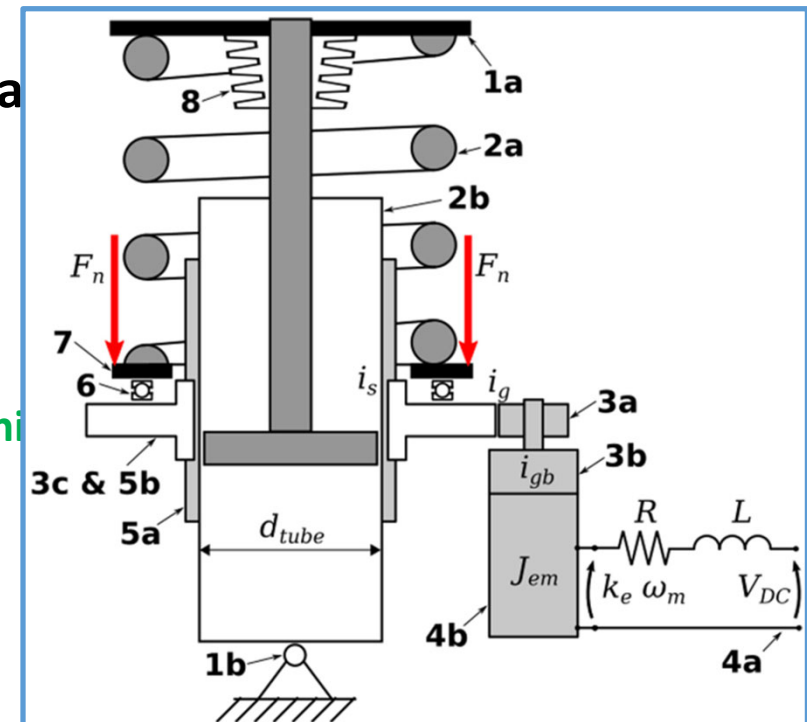
- Turunkan/naikkan pelat bawah pegas dengan aktuator elektromekanis

- Lokasi pemberhentian akhir tidak diubah:

- Stroke suspensi global tidak dimodifikasi

- Tidak ada beban penghentian akhir pada mekanis

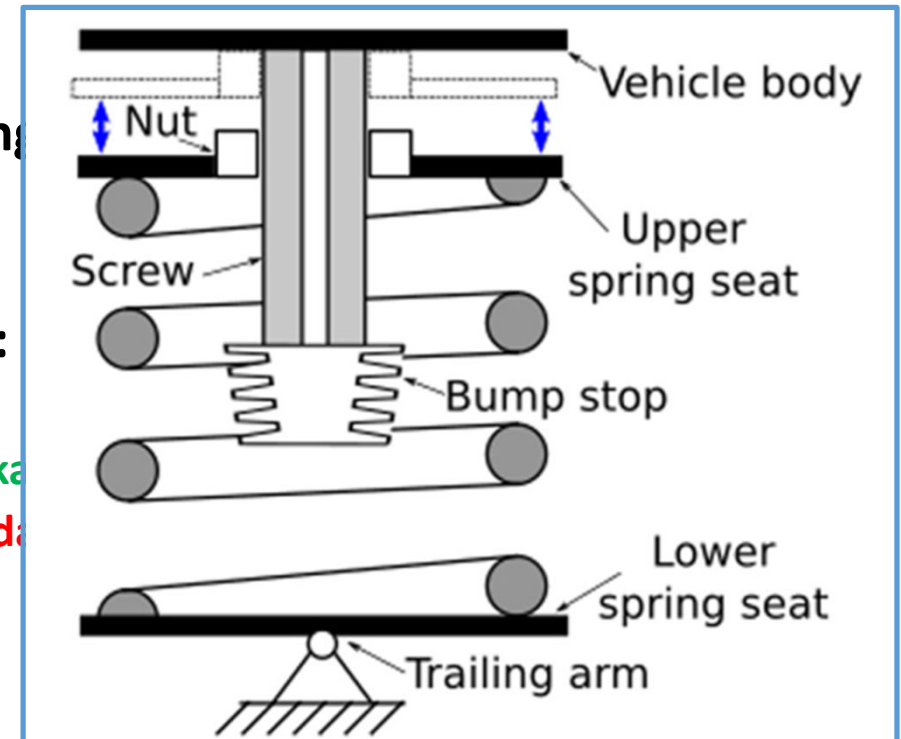
- Masalah kenyamanan karena nol yang berbeda posisi sehubungan dengan stroke global



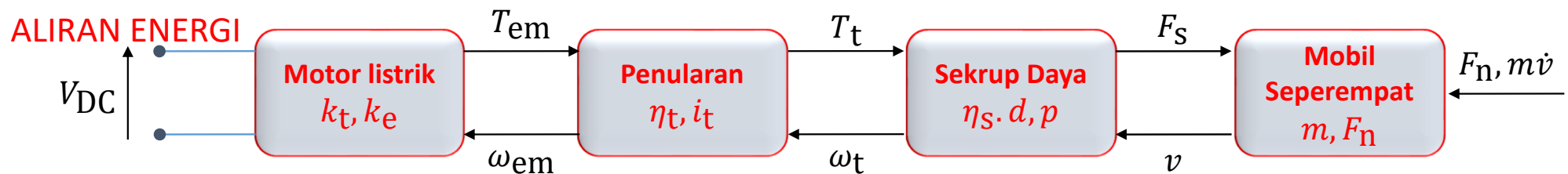
Solusi yang Diusulkan: Belakang

- Ide dasar:

- Turunkan/naikkan pelat bawah pegas dengan aktuator elektromekanis
- Lokasi pemberhentian akhir tidak diubah:
 - Stroke suspensi global tidak dimodifikasi
 - Tidak ada beban penghentian akhir pada mekanis
 - Masalah kenyamanan karena nol yang berbeda pada posisi sehubungan dengan stroke global



Prosedur Desain



- Definisi Kinerja

- Panjang goresan - s [mm]
- Waktu aktuasi - t [S]
- Memuat - F_n [N]
- Daya total maksimum - P_{\max} [W]

$$\begin{Bmatrix} \dot{\omega}_{em} \\ \omega_{em} \\ I \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{k_t}{J_{eq}} \\ 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k_e}{L} & 0 & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \omega_{em} \\ \theta_{em} \\ I \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{J_{eq}} \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} V_{DC} \\ T_r \end{Bmatrix}$$

- Komputasi Daya EM

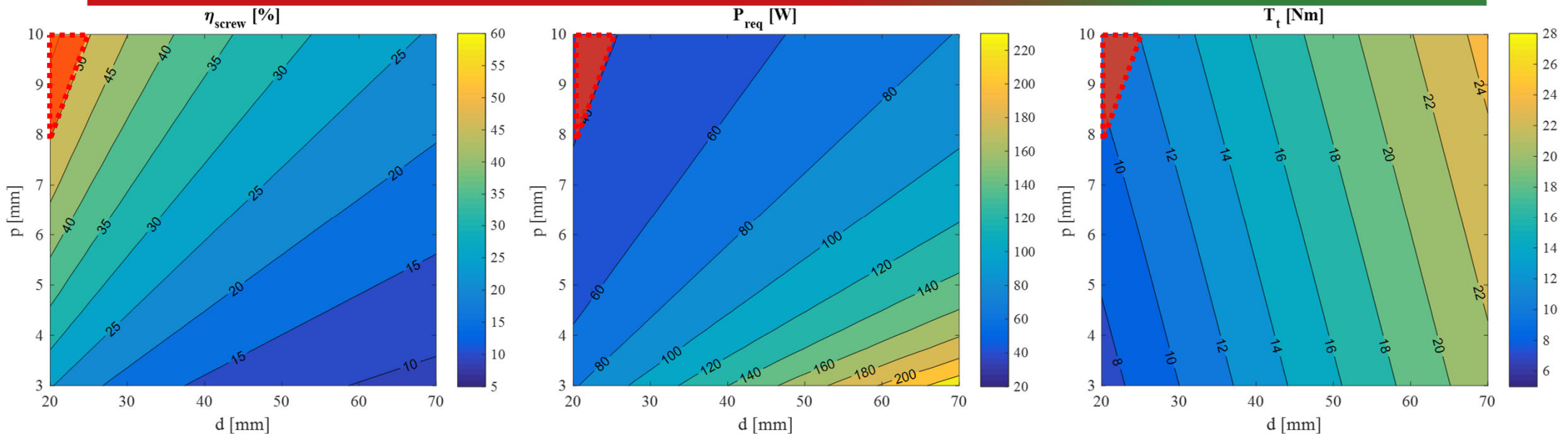
$$P_{req,EM} = \frac{F_n}{\eta_{tot}} \cdot \frac{s}{t}$$

- Efisiensi transmisi dapat diperkirakan
- Efisiensi sekrop dapat dihitung sebagai fungsi dari nilai diameter dan pitch yang berbeda

Prosedur Desain



PERHITUNGAN VARIABEL



- Semakin besar diameternya, semakin kecil efisiensinya. Tenaga dan torsi yang dibutuhkan meningkat;
- Pilihan daya motor listrik;
- Pemilihan rasio pengurangan transmisi.



Kendala irreversibilitas

Prosedur Desain

MASALAH OPTIMASI – Suspensi Depan (McPherson)

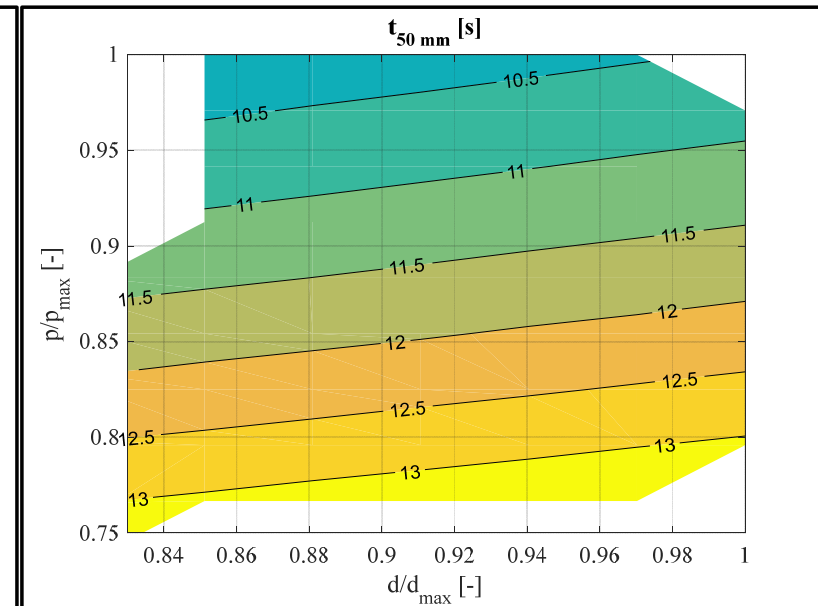
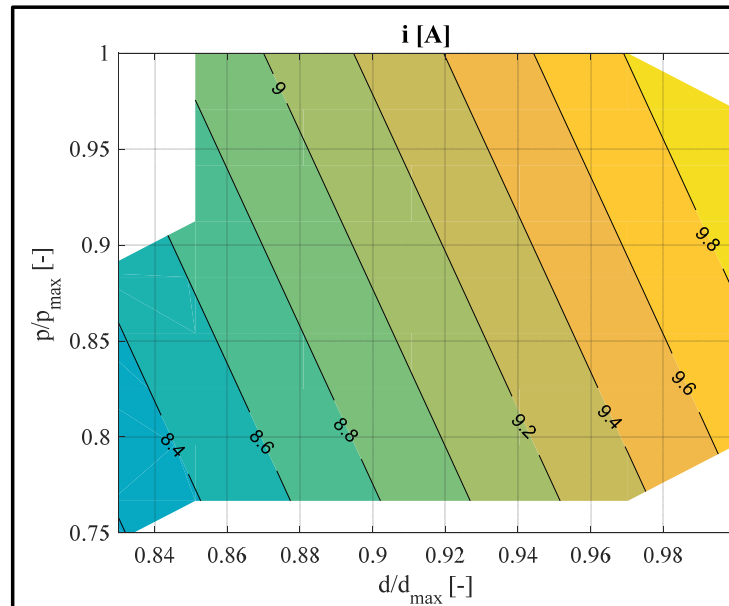
Kendala

$$\eta_s < 50\%$$

$$d_{in,s} > d_{tube}$$

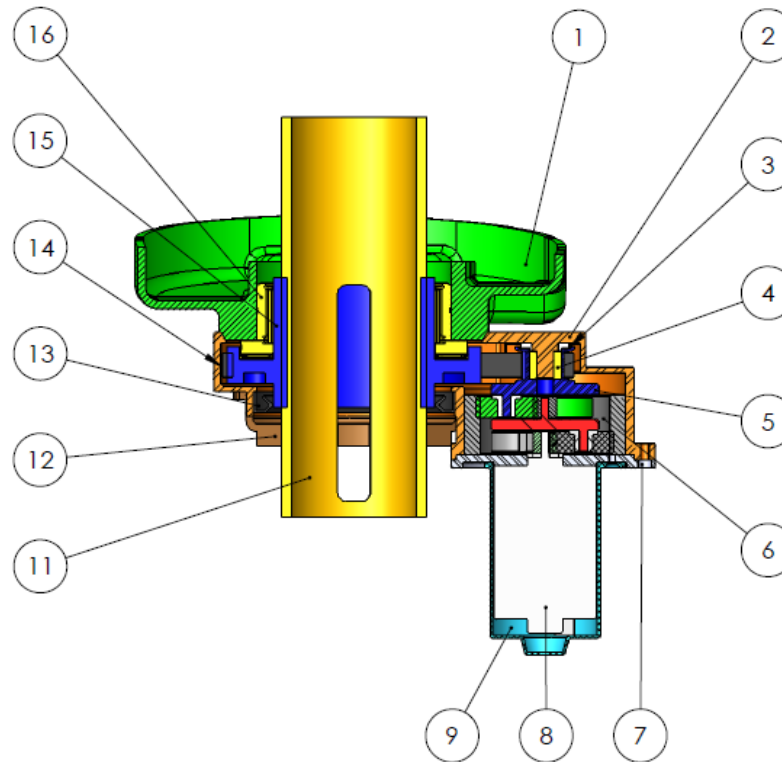
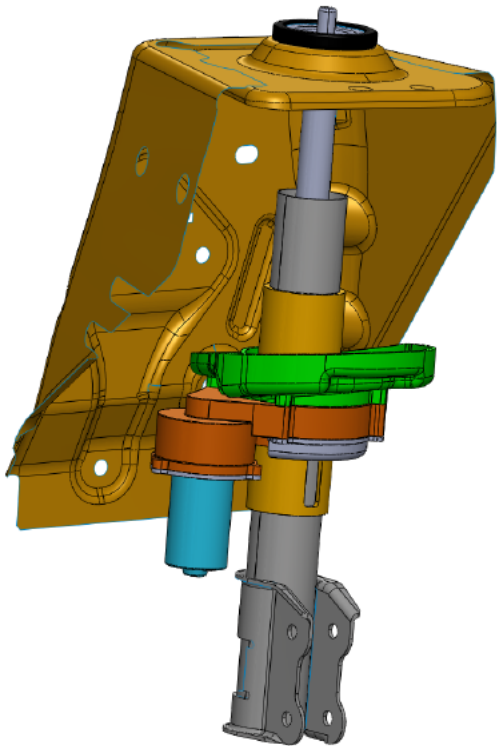
$$i < i_{th}$$

$$t_{50\text{ mm}} < t_{max}$$



Desain Prototipe

Suspensi Depan (McPherson)

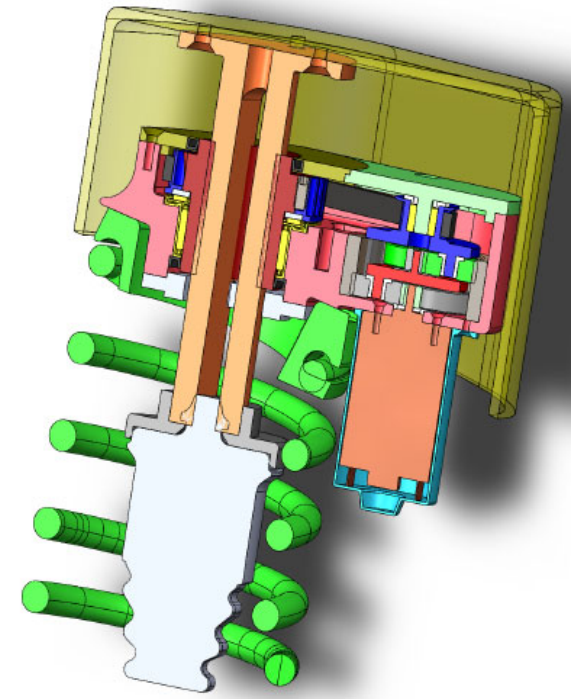
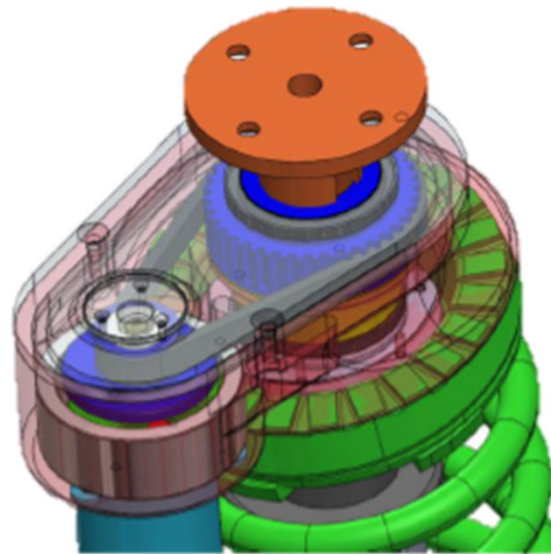
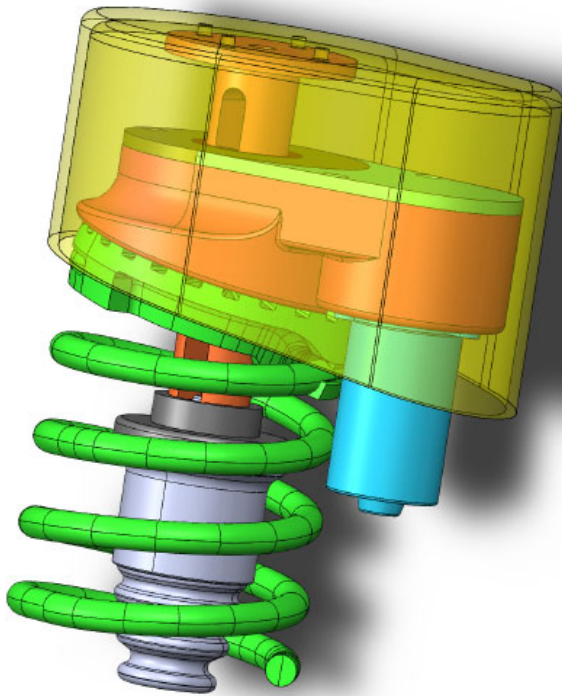


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Spring holder	1
2	Motor support	1
3	Pulley bushing	1
4	Needle bearing	1
5	Small pulley+carrier	1
6	Geartrain assembly	1
7	Motor support cover	1
8	DC electric motor	1
9	Motor cover	1
10	Shock absorber tube	1
11	Power screw	1
12	Anti rotation system	2
13	Sealing ring	1
14	Timing HTD Belt	1
15	Large pulley	1
16	Combined bearing	1



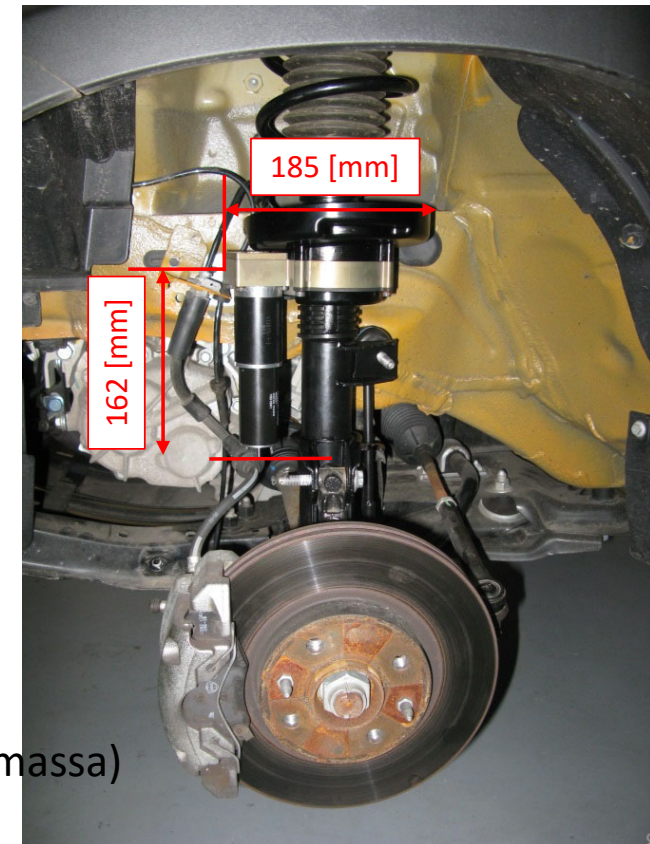
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Suspensi Belakang



Konstruksi Prototipe

Komponen Suspensi Depan



- Total ditambahkan massa = 2,2 kg (dicabut massa)



Konstruksi Prototipe

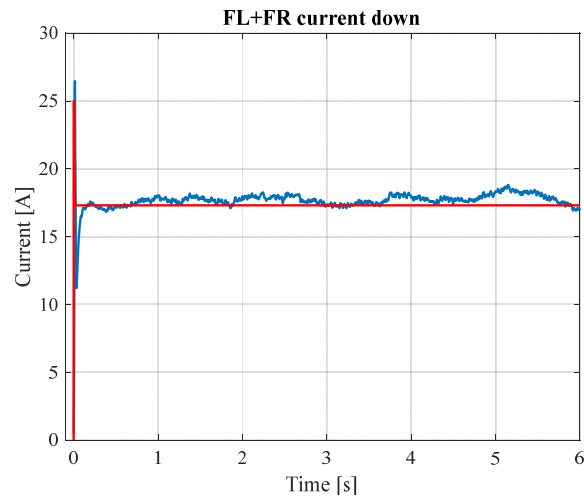
Komponen Suspensi Belakang



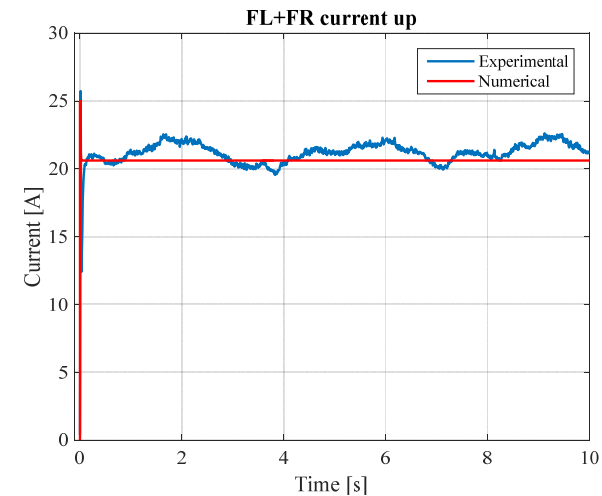
- Total massa yang ditambahkan = 2,1 kg (massa bermunculan)

Validasi Eksperimental

Penyerapan Arus Suspensi Depan



$$i_{mean} = 17 \text{ A}$$
$$P_{mean} = 200 \text{ W}$$



$$i_{mean} = 21 \text{ A}$$
$$P_{mean} = 250 \text{ W}$$



Kesimpulan

- Sistem suspensi penyesuaian ketinggian tampaknya menjadi teknologi yang menjanjikan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi, menambahkan fitur seperti sikap off road dan aksesibilitas;
- Sistem aktuasi elektromekanis menunjukkan kompromi terbaik antara manfaat dan biaya dalam perangkat penyesuaian ketinggian;
- Desain terpadu diperlukan untuk mencapai kompromi antara ukuran, berat dan konsumsi energi;
- Tes eksperimental yang dilakukan pada prototipe menyoroti masalah kritis seperti efisiensi sekrup, perangkat anti-rotasi, dan pengemasan;
- Aktuasi eksentrik tampaknya merupakan kompromi yang baik dalam hal efisiensi, ketahanan, dan pengemasan

Perbaikan

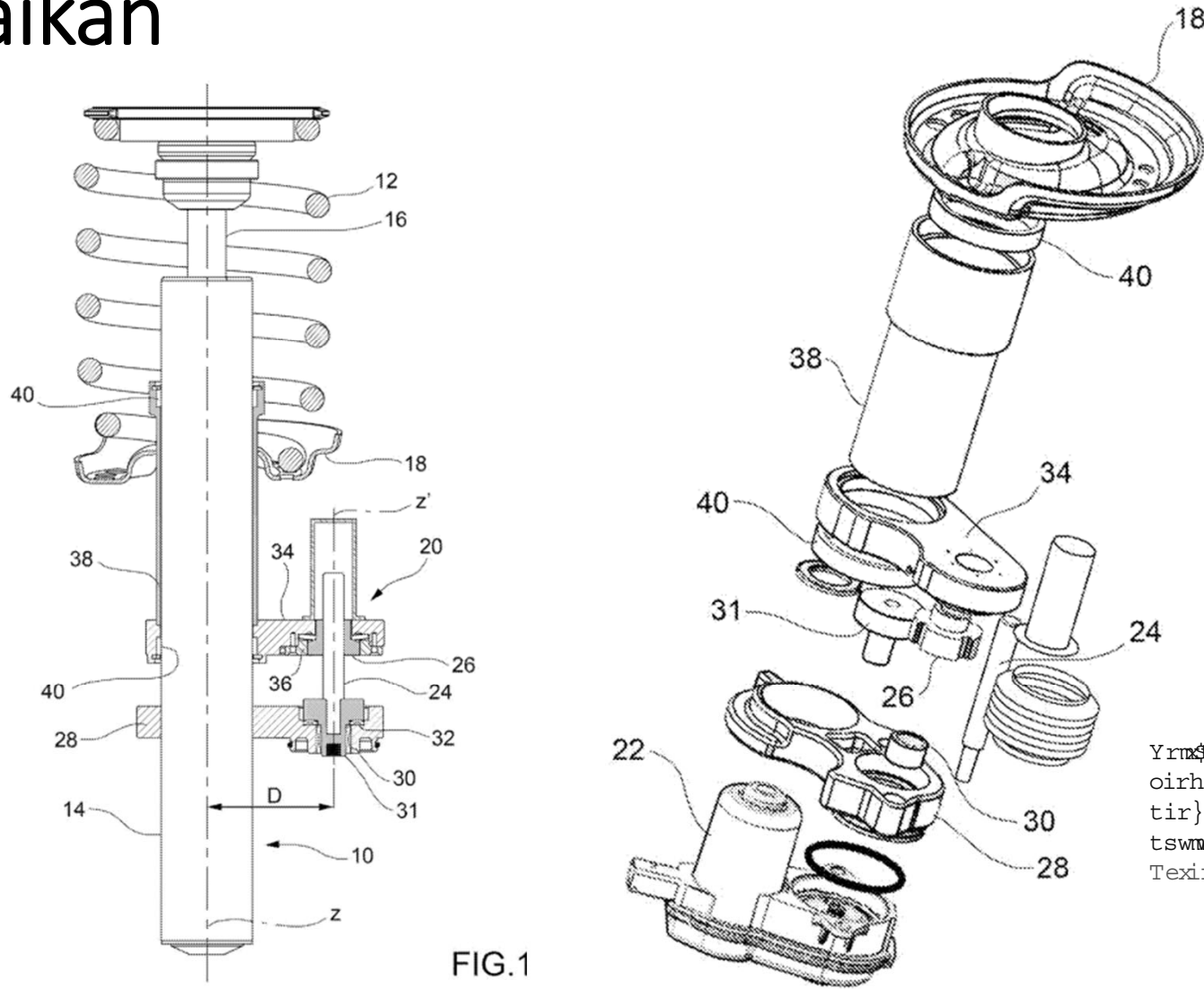


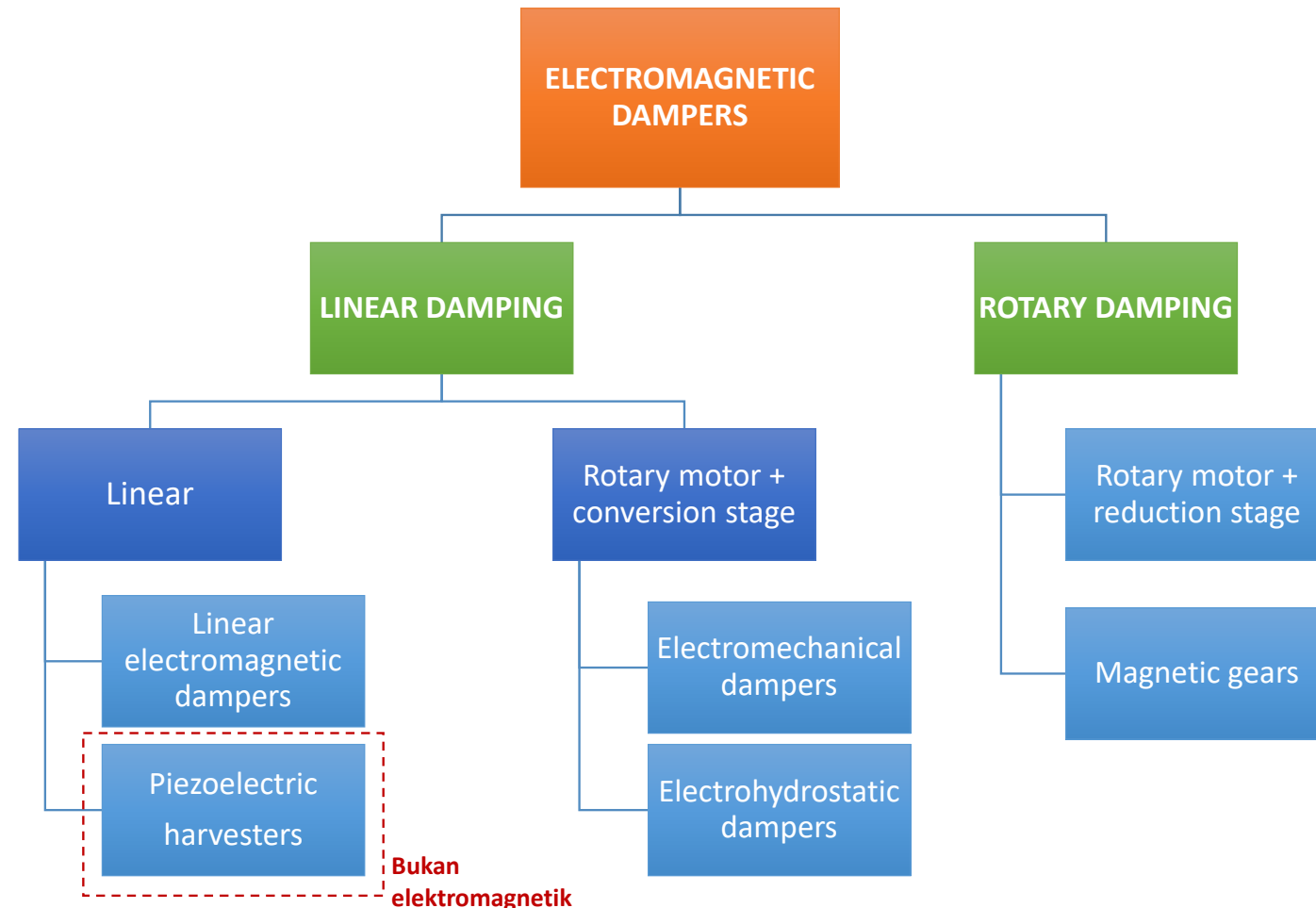
FIG.1

Yrns\$iviheq \$her\$tikew\$rxyo\$wywtirw\$
 oirhever\$erks\$mirkoet\$mirker\$iverkoe\$
 tir}ixi\$er\$piows\$ioerw\$rxyo\$ir}ixi\$
 tswm\$zivoep\$tikew
 Texir\$[S645=4=;8:5E5

Kontrol Suspensi Regeneratif

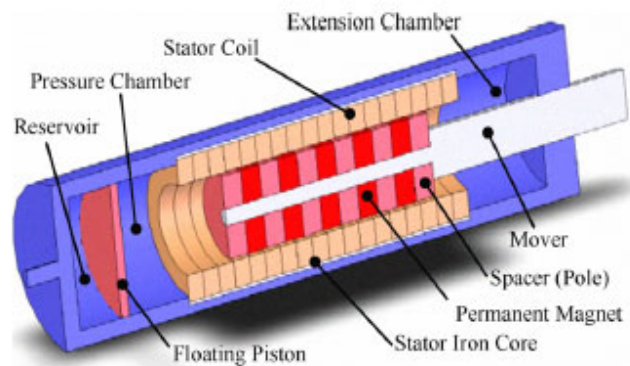


Klasifikasi peredam elektromagnetik

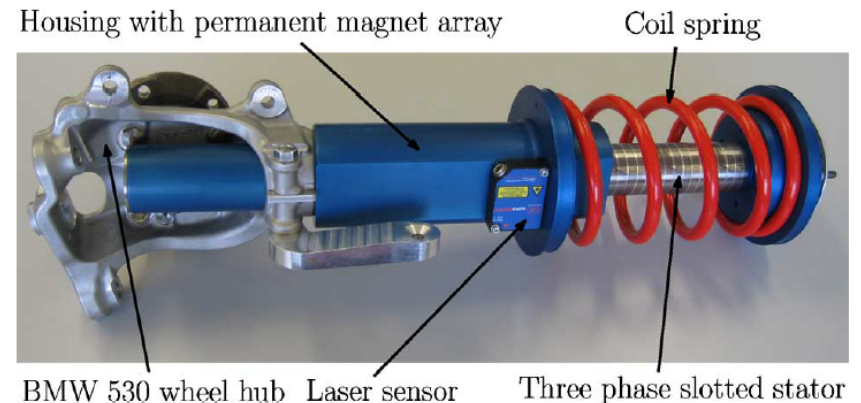


Peredam Elektromagnetik Linier

Ibrahimi dkk. mengusulkan peredam linier dengan kerapatan daya rendah, karena 80% redaman dicapai melalui cara pasif, sedangkan 20% sisanya adalah redaman elektromagnetik aktif.

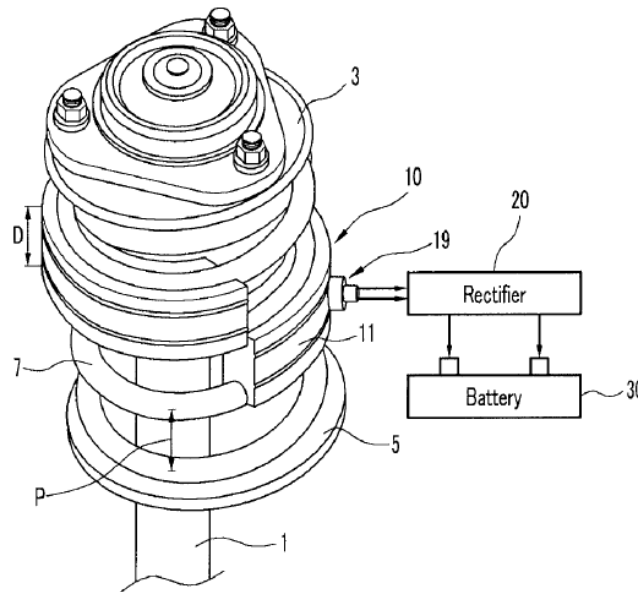


Paulides dkk. mengusulkan peredam linier untuk digunakan secara paralel dengan elemen disipatif. Mereka mampu menghasilkan kekuatan RMS sebesar 1kn dan 2.5 kndari kekuatan puncak. Perangkat membutuhkan 40-50 W daya listrik karena kontrol aktif.

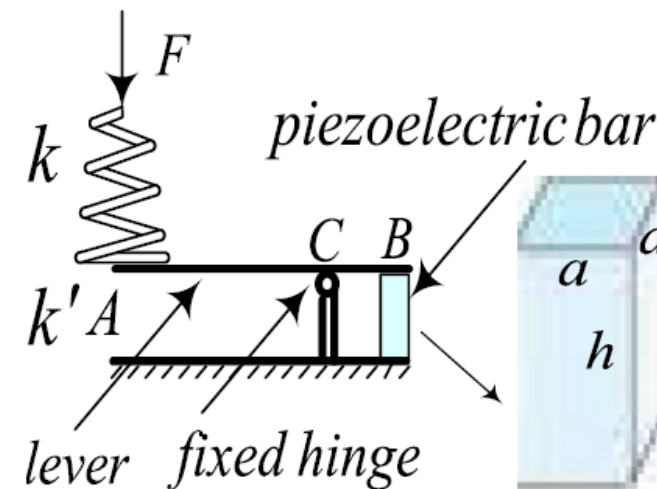


Pemanen Piezoelektrik

Hyundai mematenkan solusi susunan piezoelektrik untuk dipasang pada kumparan pegas dan memanen daya dari gerakan liniernya. Mereka tidak memberikan informasi tentang kekuatan yang dipan



Xie dan Wang menyarankan pengenalan batang piezoelektrik antara massa pegas dan lengan bawah suspensi untuk memanen energi dari gerakan suspensi. Dengan satu batang 15x15x100 mm, perangkat ini dapat memanen daya RMS sebesar 738 W yang dijalankan melalui profil ISO D pada 35 km/jam.



Peredam Elektromekanis

Solusi sekrup bola

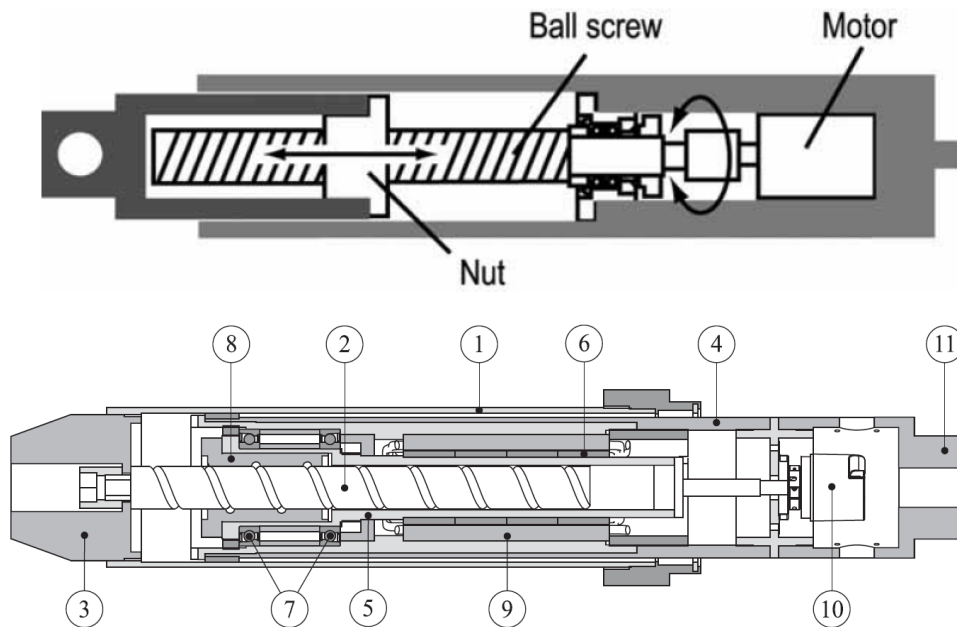


Figure 3. Shock absorber detailed section view. (1) Outer housing, (2) screw, (3) bottom cap, (4) inner housing, (5) rotor, (6) permanent magnets, (7) ball bearings, (8) nut, (9) stator, (10) encoder, (11) top cap.

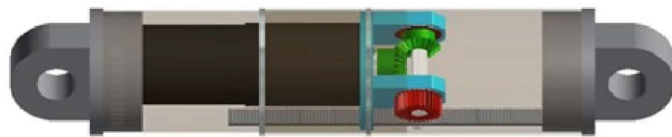
Kawamoto dkk. solusi sekrup berputar untuk mobil penumpang.

Tonoli dkk. solusi mur berputar untuk kendaraan off road.

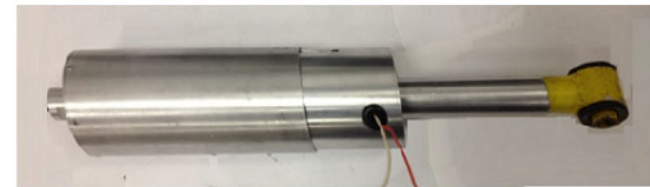


Peredam Elektromekanis

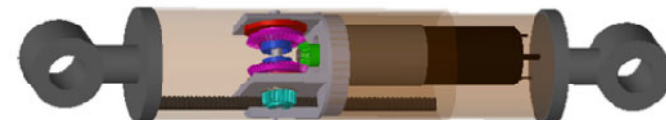
Solusi rak pinion (Zuo dkk.)



Solusi yang tidak diperbaiki menghasilkan daya rata-rata 19,2 W saat berlari pada 48 km/jam di “jalan kampus universitas yang cukup mulus” (mungkin antara ISO B dan ISO C).

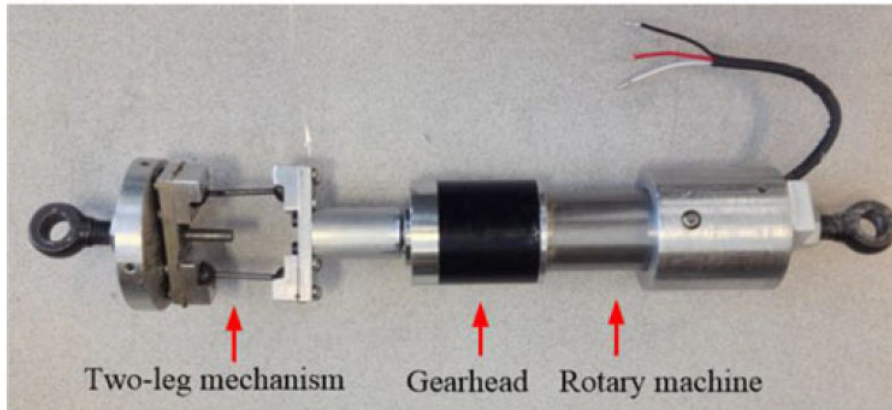


Solusi yang diperbaiki menghasilkan daya rata-rata 15,2 W saat berlari dengan kecepatan 25 km/jam di “jalan kampus universitas yang cukup mulus” (mungkin antara ISO B dan ISO C).



Peredam Elektromekanis

Mekanisme dua kaki



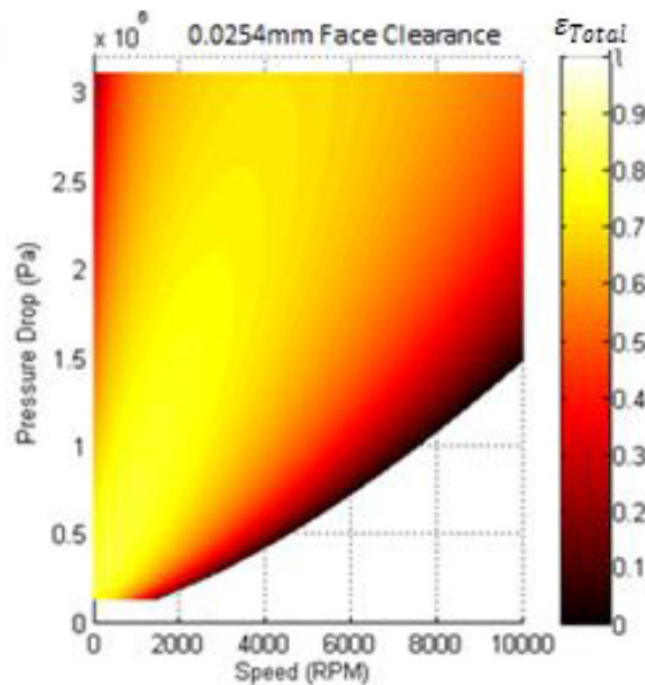
Maravandi dkk. menyajikan mekanisme tuas dua kaki untuk mengubah gerak linier menjadi gerak putar.

Pengujian yang dilakukan dengan shaker menunjukkan efisiensi konversi total 0,59.

Namun, perangkat memerlukan gearbox untuk memperkuat rotasi dan stroke dibatasi oleh kemiringan kedua kaki.

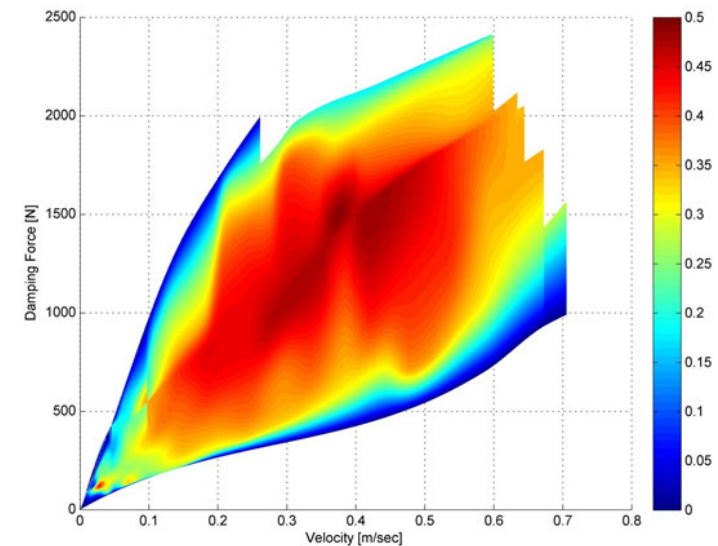
Elektrohidrostatik peredam

- **Kekuatan Levant** menyajikan banyak paten dan beberapa makalah konferensi dalam konteks elektrohidrostatik peredam.



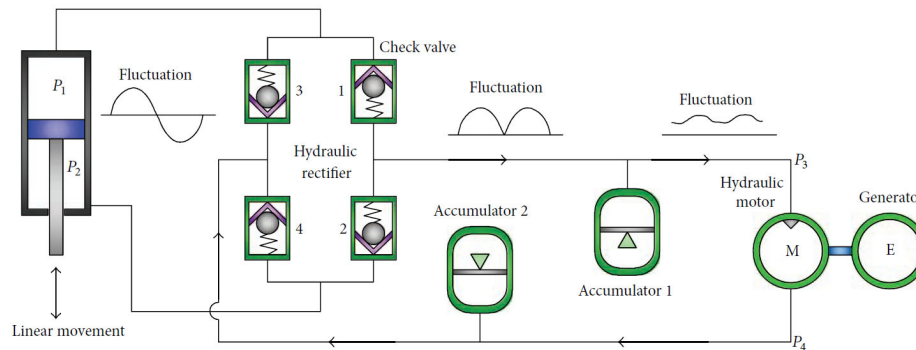
Makalah mereka menunjukkan yang tinggi **pompa** efisiensi (0,8 maks, mekanik + hidrolik) dicapai melalui simulasi.

Namun, situs web mereka menyarankan yang berikut: **total** plot efisiensi, di mana maks.

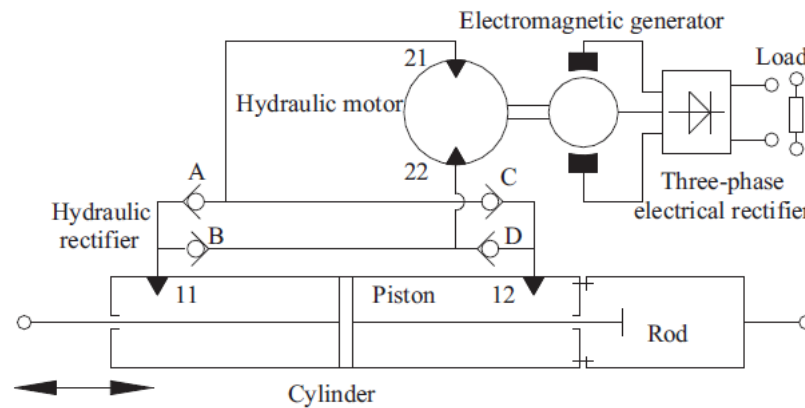


Elektrohidrostatik peredam

Solusi yang diperbaiki



Fang dkk. menghadirkan demonstrator teknologi yang mampu menghasilkan efisiensi konversi total sebesar 16,5%.

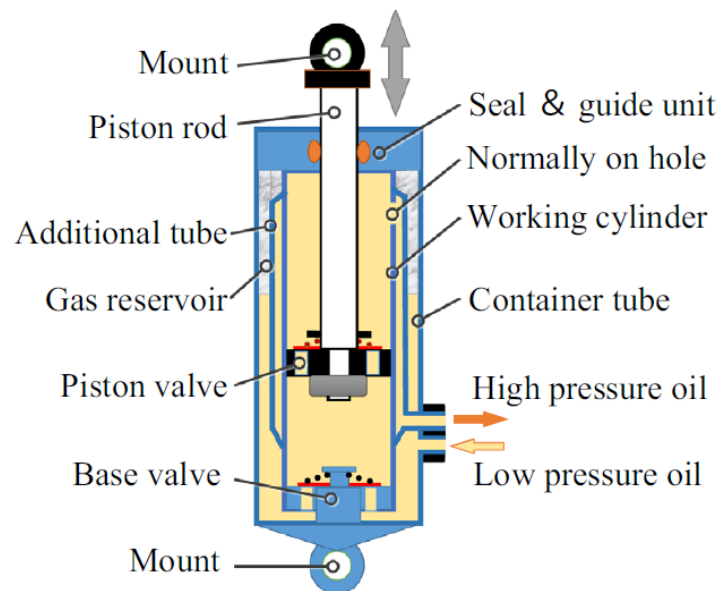


Li dkk. menghadirkan prototipe dengan efisiensi konversi total 39%



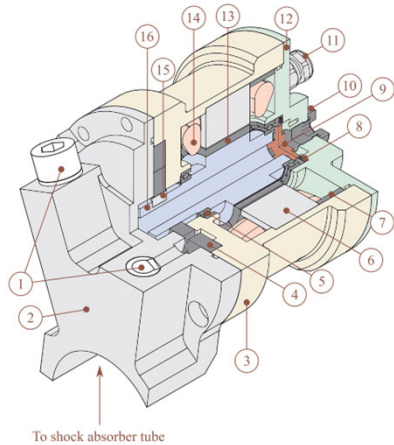
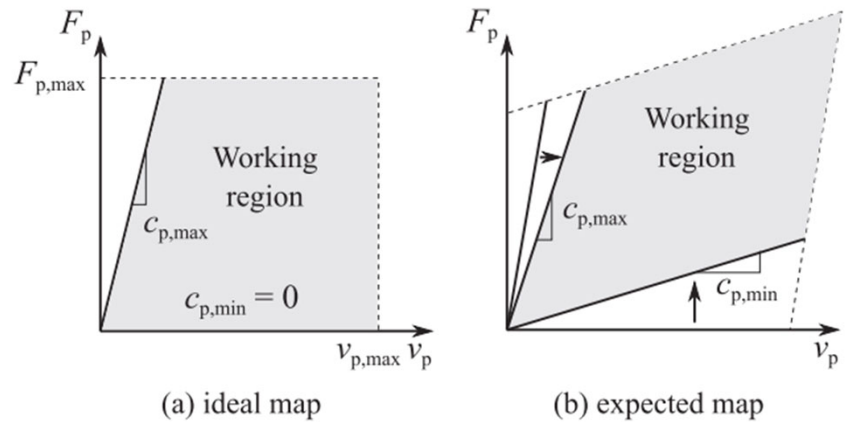
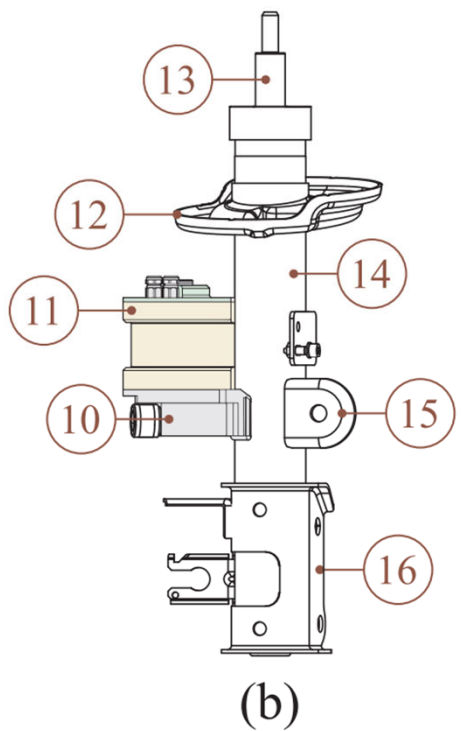
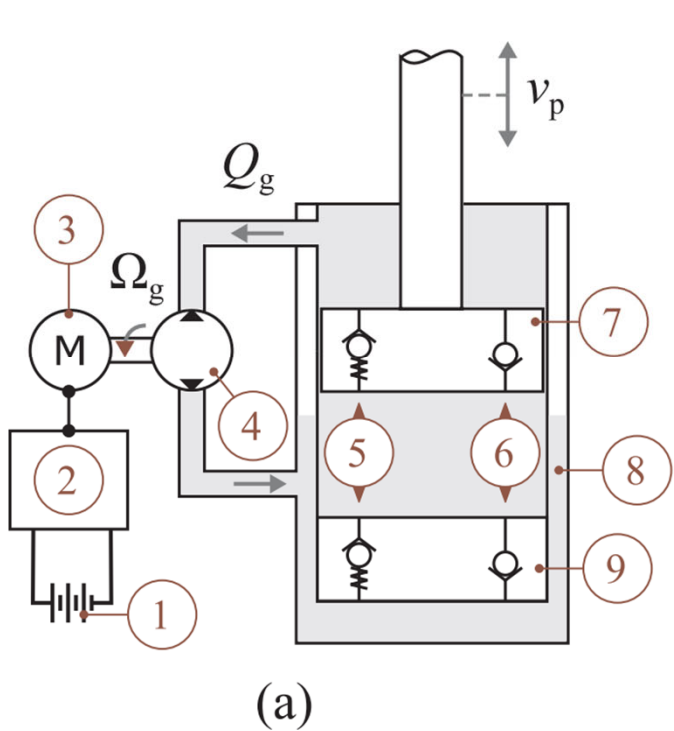
Elektrohidrostatik peredam

Solusi yang diperbaiki



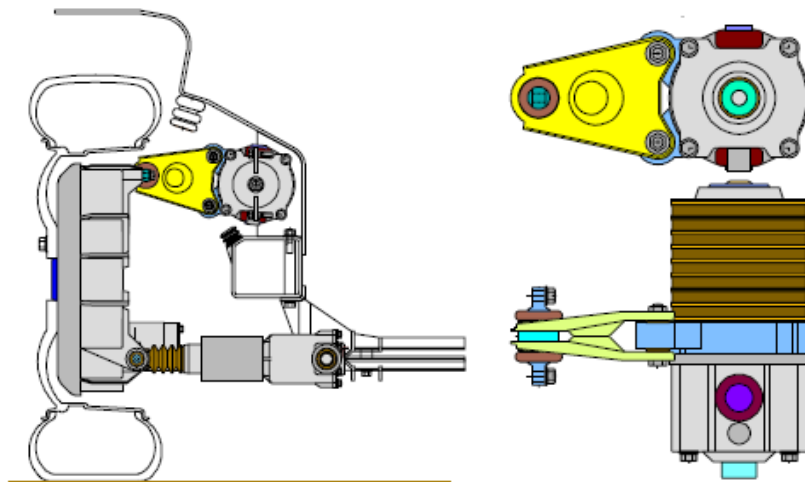
Zhang dkk. menentukan efisiensi hidraulik optimal dari peredam kejut tiga tabung (73%) melalui pemodelan dan simulasi terperinci saat digunakan pada tata letak peredam elektromagnetik.

Peredam Elektrostatis



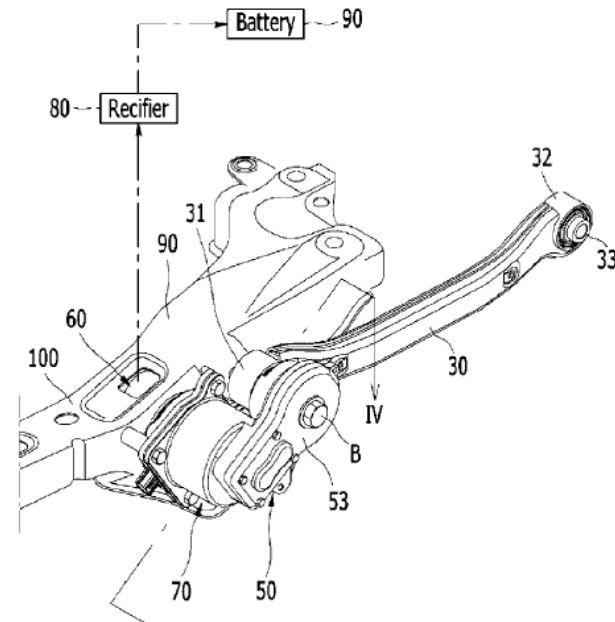
Desain dan karakterisasi unit pompa motor yang dioptimalkan untuk energi regeneratif peredam benturan
 Renato Galluzzikan, Yijun Xu, Nicola Amati, Andrea Tonoli

Peredam Putar



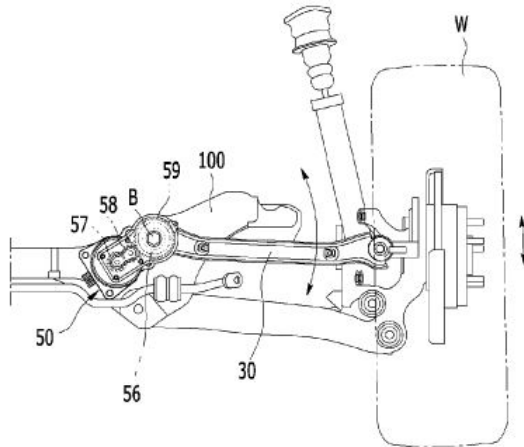
Volvo unit peredam pegas putar. redaman adalah **setengah aktif** (cairan MR). **Salah satu tata letak putar pertama.**

Hyundai unit peredam putar. **Motor + Tahap Reduksi.**

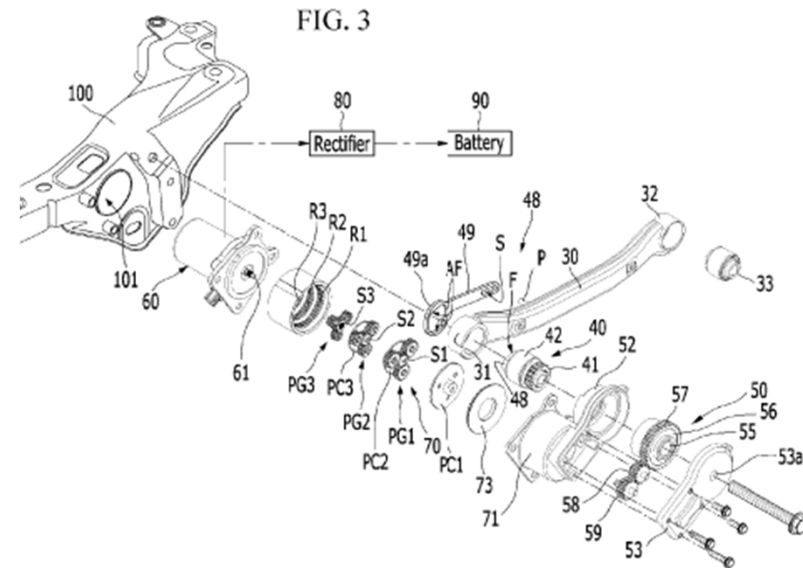


Keadaan Seni - elektromekanis Rotary peredam

Hyundai [DE102013225356]

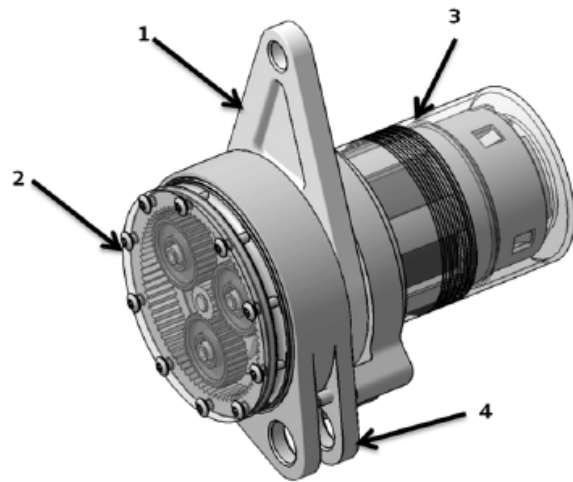


- Satu arah mencengkeram 56. Boleh menjadi dikonfigurasi ke mengirimkan kekuatan di menabrak atau memantul



- kotak persneling:
 - 1 paralel sumbu panggung (57, 59)
 - + 3 planet mengatur Tahapan (PC1-PG3)

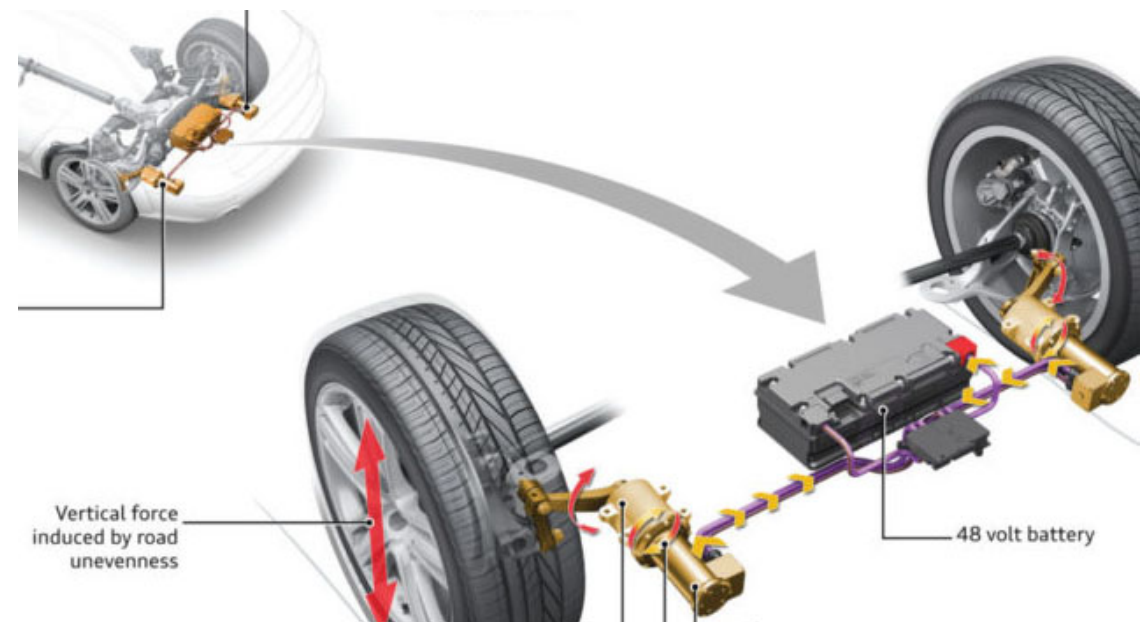
Rotary Damper (Motor + Tahap Reduksi)



audi eROT

- 1) Tuas penggerak
- 2) Gearbox planet dua tahap
- 3) mesin listrik

audi mengklaim daya 100-150 W dari 4 tikungan yang berjalan di jalan Jerman, dengan penghematan emisi 3 gCO₂/km





Sistem Kontrol Gulungan Aktif



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sistem ARC dianalisis

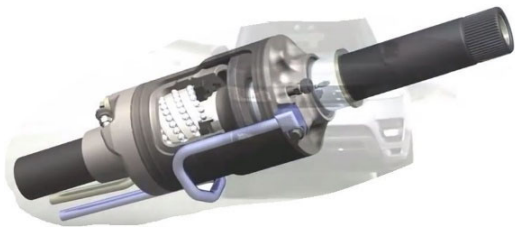
- Sistem aktuator elektro-hidrostatik linier
- Sistem aktuator elektro-hidrostatik putar
- Sistem aktuator elektro-mekanis putar
- Sistem aktuator elektro-mekanis linier langsung
- Sistem aktuator elektro-mekanis linier non langsung



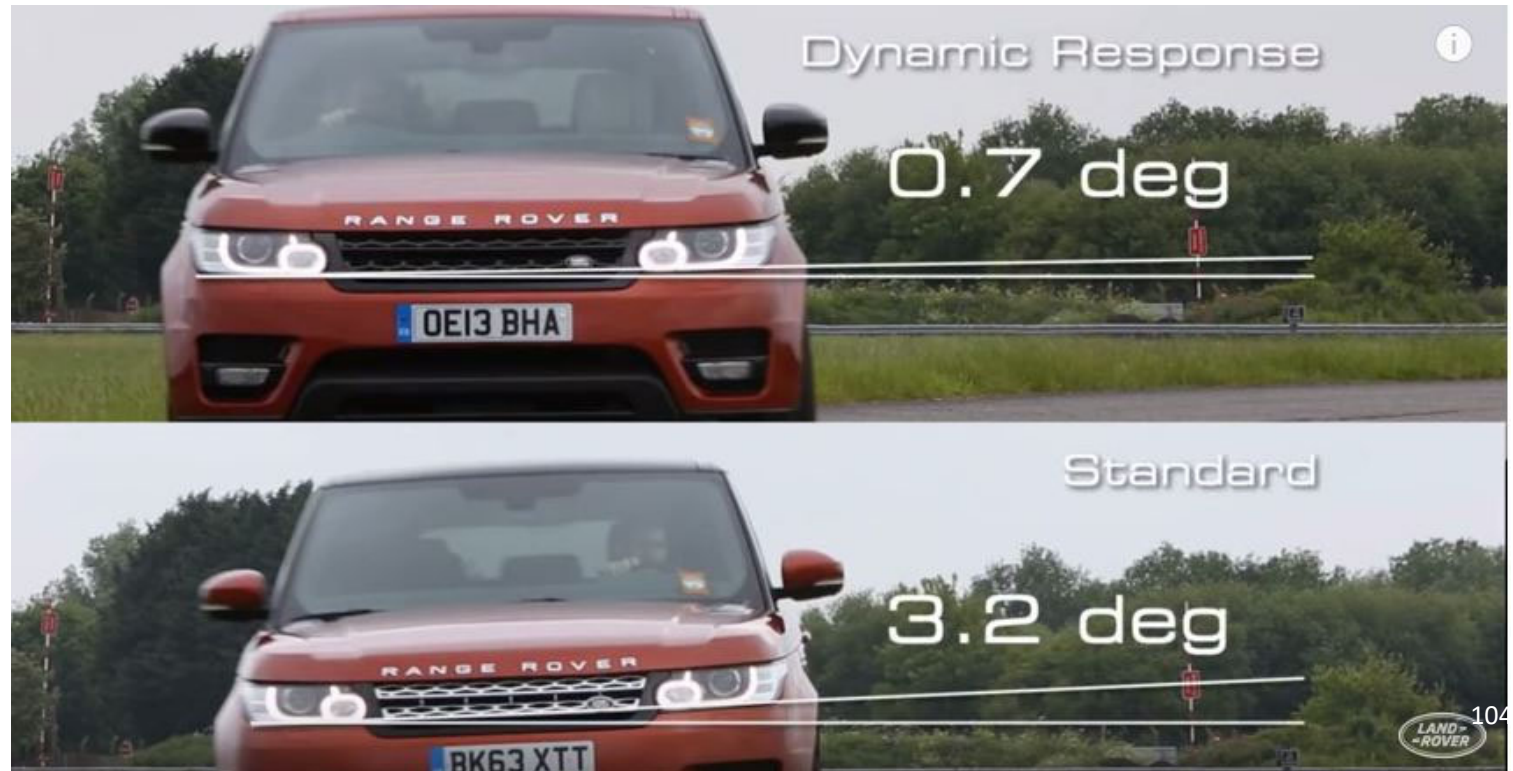
Sistem ARC Hidrostatik Listrik



Land Rover Range Rover (model 2016) sistem "Respon Dinamis". Sistem ARC Hidrostatik Rotary Electric oleh Delphi.



Tekanan Maks = 185 bar
Laju tanjakan = 400 bar/dtk
Kecepatan pompa = 11250 RPM
Perjalanan roda depan 260 mm



Sistem ARC hidrolik



BMW X5 M dan X6 M memiliki fitur Sistem BMW Dynamic Drive (versi lama), yang terdiri dari aktuator hidrolik putar yang ditempatkan di tengah batang stabilizer.



Sumber: BMW



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sistem ARC Rotary Elektro mekanik - Schaeffler



Desain Schaeffler 1 – 12 V

BMW seri 7. Sistem ARC Schaeffler (versi BMW Dynamic Drive baru) menggantikan sistem ARC hidrolik putar dari versi sebelumnya.



Juga Rolls-Royce Phantom dilengkapi dengan sistem Schaeffler ARC Design 1.



Sumber: BMW



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sistem ARC Rotary Elektro mekanik - Schaeffler



Desain Schaeffler 2 – 48 V

Sistem ARC dilengkapi dengan Audi SQ7,
dengan Bentley Bentayga dan Bentley
Mulsanne.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sumber:
Schaeffler

Sistem ARC Rotary Elektro mekanik - ZF



Sistem ARC profile VI dipasang di Porsche Cayenne dan Porsche Panamera dan merupakan inti dari Porsche Dynamic Chassis Control (PDCC).



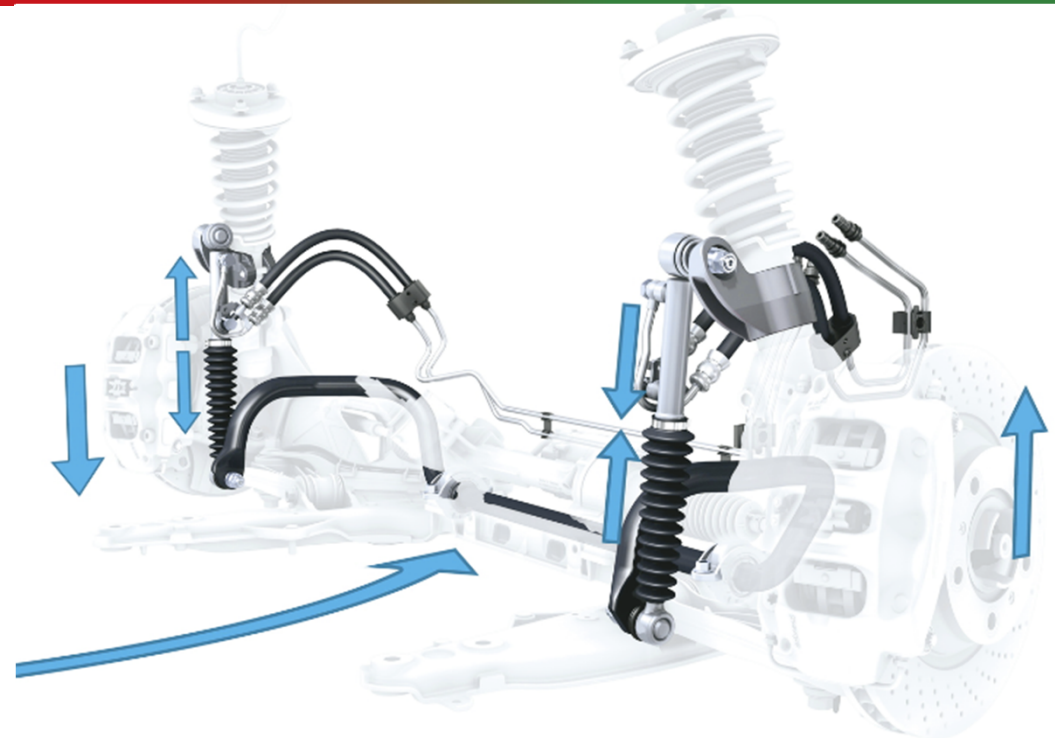
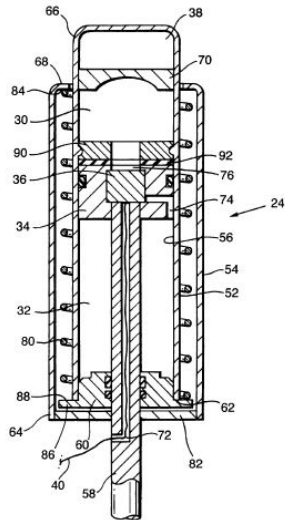
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sumber: ZF

Sistem aktuator elektro-hidrostatik linier



Batang pendulum diganti dengan aktuator linier hidrolik kerja ganda yang mengerahkan torsi pada batang anti gulung, menahan momen guling badan kendaraan.

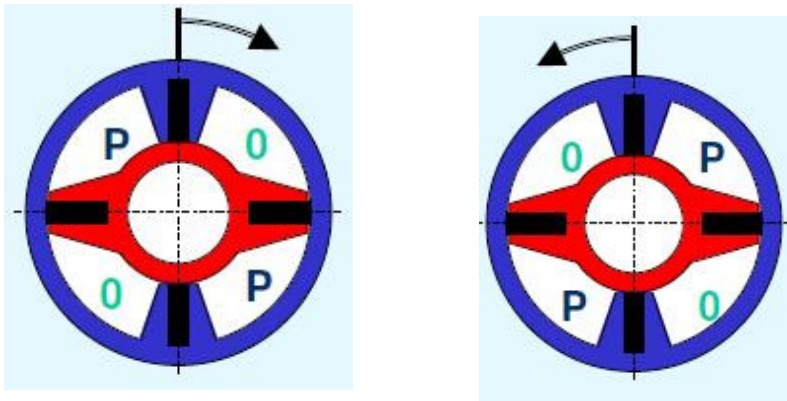


Aktuator Delphi sendiri untuk sistem ARC, menampilkan ruang gas kompresibel, piston mengambang, pegas kompresibel, katup yang dioperasikan secara elektrik antara ruang kompresi dan rebound, dan lubang di sepanjang batang piston.

Sistem aktuator elektro-hidrostatik putar



Aktuator putar kerja ganda ditempatkan di tengah anti roll bar. Aktuator berputar dua bagian batang torsi, menyesuaikan torsi yang ditransmisikan oleh batang untuk mengkompensasi transfer beban selama kurva.



Momen anti roll yang diberikan oleh aktuator putar pada anti roll bar merupakan fungsi dari perbedaan tekanan di dalam aktuator.



Sistem aktuator mekanik elektro putar

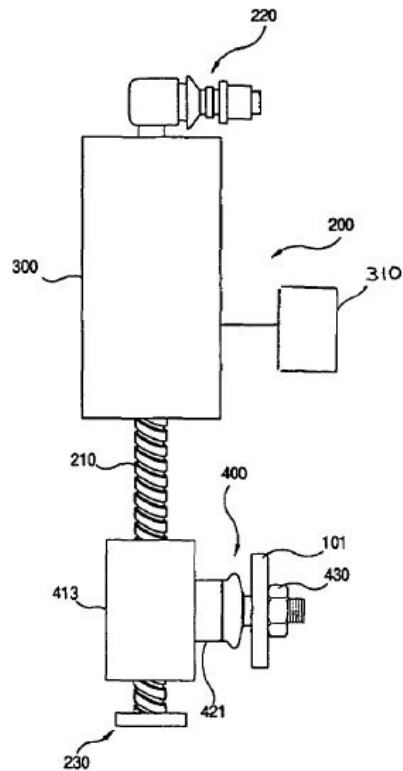


Sistem ARC ini dilengkapi motor listrik yang terhubung dengan roda gigi reduksi, untuk melawan gerakan roll. Motor listrik dan roda gigi reduksi bersama-sama membentuk aktuator stabilizer, diposisikan di tengah bar anti roll.

Mekanisme roda gigi reduksi yang paling berkinerja adalah multistage episikloid set roda gigi, seperti set roda gigi planet 3 tahap.

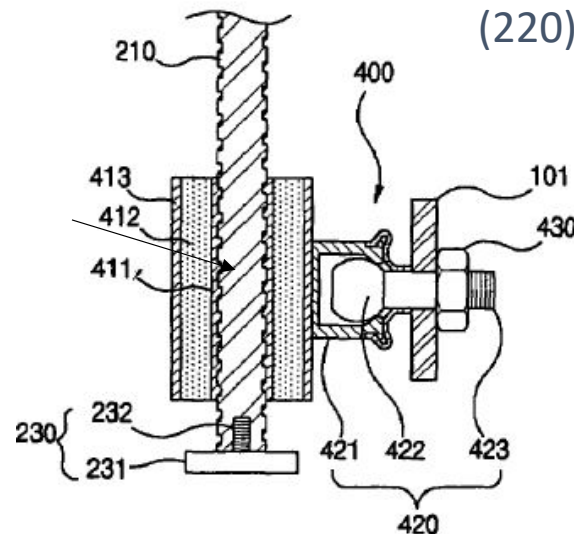


Sistem aktuator elektro mekanik linier langsung



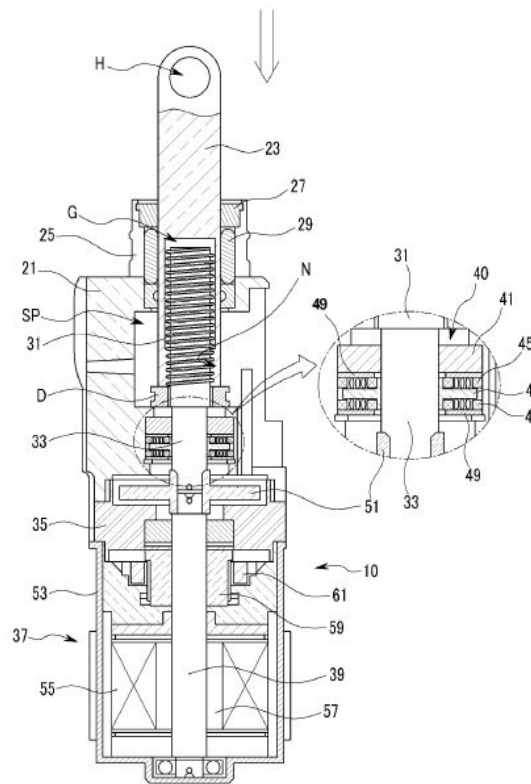
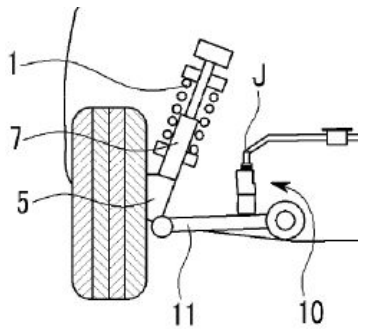
Sistem milik Hyundai.

Batang penstabil (101) dihubungkan melalui mekanisme sambungan bola (420) ke aktuator elektro mekanik linier, yang terdiri dari batang ulir (210) dan motor listrik (300), dihubungkan ke penyangga suspensi melalui sambungan (220).



Ketika motor listrik berputar, gerakan rotasi dari roda gigi penggerak motor diubah menjadi gerakan bergantian dari batang ulir, mengarah, sehingga, ke defleksi ujung batang penstabil yang menciptakan momen anti gulungan.

Sistem aktuator elektro mekanik linier langsung



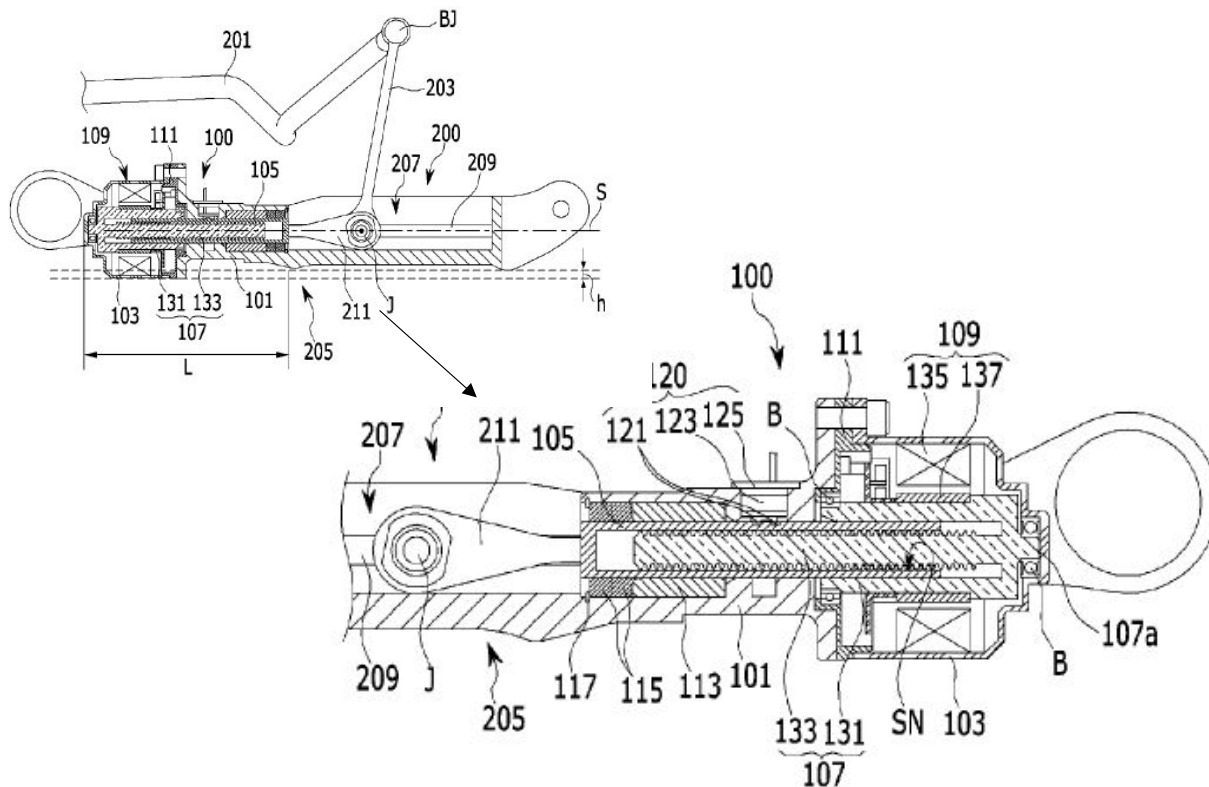
Sistem milik Hyundai.

Aktuator terdiri dari motor listrik penggerak (37) yang memutar poros (39) yang terhubung ke poros putar sekrup (33) melalui kopling (51). Poros rotasi sekrup terhubung secara integral ke ujung bawah sekrup timah (31) di sepanjang arah aksial.

Sekrup utama berputar dalam ulir alur sekrup G yang terbentuk di permukaan interior bawah pemancar daya (23), yang dihubungkan ke ujung batang anti gulung melalui sambungan J yang ditempatkan di lubang pengikat H.



Sistem aktuator elektro mekanik linier non langsung



Sistem milik Hyundai.

Aktuator dihubungkan ke batang penstabil (201) melalui sambungan sambungan bola dengan tautan penstabil (203). Aktuator memiliki unit rel (200), di mana konektor (211), yang terhubung ke ujung bawah tautan stabilizer, dapat meluncur. Konektor digerakkan oleh poros penggerak transmisi daya (105) yang diterjemahkan karena putaran badan putar sekrup (107) yang diinduksi oleh motor listrik (109). Aktuator dipasang pada lengan bawah penyangga suspensi (205) dan bekerja secara melintang terhadap arah kendaraan itu sendiri.

Trade off dari aktuator



BUSUR tipologi aktuator	Hidrostatik Linier	Rotary Hidrostatik	Rotary Elektro-mech	Mekanisme Elektro Linier	Non Linier mekanisme elektro
tata letak	Di tempat batang pendulum	Di tengah batang stabilizer	Di tengah-tengah batang penstabil	Di tempat satu pendulum batang	Di tempat satu batang pendulum
Permintaan energi	+ < sistem hidrolik	+ < sistem hidrolik	++ kemungkinan untuk memulihkan energi	+	+
Bekerja sudut	Kiri/Kanan total gratis fungsi stroke arsitektur suspensi 1 aktuator - 2 aktuator +	Kiri/Kanan total Free dijamin stroke +/- 50 ° sudut +	Kiri/Kanan total Free dijamin stroke +	Kiri/Kanan total gratis fungsi stroke arsitektur suspensi 1 aktuator -	Kiri/Kanan total gratis fungsi stroke arsitektur suspensi. Sistem terpasang dengan kaku ke rangka bawah -



Menjualkan

Tipologi aktuator ARC	Hidrostatik Linier	Rotary Hidrostatik	Rotary Elektro-mech	Mekanisme Elektro Linier	Non Linier mekanisme elektro
Waktu merespon	-	-	+	+	+
Massa tanpa pegas	-	+	+	++	++
Pemeliharaan	- minyak kebocoran, kavitasi	- kebocoran minyak, kavitasi	+	+	+
Desain dan Instalasi	++	- diameter besar	+	+	-
Pertunjukan	++	+++	+++	+	+
Karakteristik gagal aman	+ ≈ bilah nasif	+ ≈ nasif	-	-	-



Bibliografi

1. GentaG, Morello L. Sasis otomotif: volume 1: Desain komponen. Sains & Media Bisnis Springer; 2008.
2. GentaG, Morello L. Sasis otomotif: volume 2: Desain sistem. Sains & Media Bisnis Springer; 2008.
3. Onori S, Serrao L, RizzoniG. Kendaraan listrik hibrida: Strategi manajemen energi. London: Musim Semi; 2016.
4. Guzzella L, SciarrettaA. Sistem propulsi kendaraan. Peloncat-VerlagBerlin Heidelberg; 2007 Juni
5. pola makan K, Klingebiel Buku Pegangan Otomotif M. Bosch. Edisi ke-7, Robert Bosch GmbH. 2007.
6. Amati N, Tonoli SEBUAH, CastellazziL, Ruzimov S. Desain suspensi yang dapat diatur ketinggiannya secara elektromekanis. Prosiding Lembaga Insinyur Mesin, Bagian D: Jurnal Teknik Otomotif. 2018 Agustus;232(9):1253-69.
7. <https://patents.google.com/patent/WO2019097461A1/en> Paten: WO2019097461A1 Unit peredam dan pegas untuk suspensi kendaraan yang dilengkapi dengan perangkat penyetelan elektro-mekanis untuk menyetel posisi vertikal pegas
8. <https://patents.google.com/patent/WO2017202811A1>
9. Gysen BL, Paulides JJ, Janssen JL, LomonovaEA. Sistem suspensi elektromagnetik aktif untuk meningkatkan dinamika kendaraan. Transaksi IEEE pada Teknologi Kendaraan. 2009 18 Des;59(3):1156-63.
10. Ibrahimi B, Bolandhemmat H, Khamesee MB, GolnaraghiF. Peredam kejut elektromagnetik hibrida untuk sistem suspensi kendaraan aktif. Dinamika Sistem Kendaraan. 2011 Februari 1;49(1-2):311-32.





Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP