

# ANALISIS PENGURANGAN BEBAN KEMUDI PADA MEKANISME *POWER STEERING*

Zulfikar<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang

## ABSTRAK

*Power steering* adalah mekanisme pembantu untuk memperingan beban kemudi yang dibutuhkan pada saat mobil pada kecepatan rendah, saat parkir atau manuver tertentu dan akan beralih ke kemudi manual pada kecepatan tinggi. Gaya untuk mengurangi beban kemudi diperoleh dengan tekanan fluida dengan sistem hidraulik yang dibangkitkan oleh pompa yang digerakkan langsung dengan putaran mesin. Pada saat putaran mesin tinggi tekanan fluida yang dibangkitkan pompa akan menjadi naik, beban kemudi akan menjadi sangat ringan. Ini tidak dikehendaki dan akan diatur oleh *relief valve*. Kerugian gesekan aliran fluida pada sistem hidraulik akan mengurangi tekanan, sehingga gaya yang dibangkitkan pada mekanisme beban kemudi akan menjadi berkurang.

## ABSTRACT

*Power Steering is ministrant mechanism to decrease the required drive burden at the time of car at a speed of lowering; Moment Park or certain maneuver and will change over to manual drive at full tilt. Style to lessen drive burden obtained with fluid pressure with system of hydraulic awakened by direct moved pump with machine rotation. At the time of high machine rotation awakened by fluid pressure is pump will become to go up, drive burden will become as light as a feather. This not desire and will be arranged by valve relief. Loss of fluid flow friction at hydraulic system will lessen pressure, so that style awakened at drive burden mechanism will become to decrease.*

**Keywords:** *power steering, hydraulics system*

## 1. PENDAHULUAN

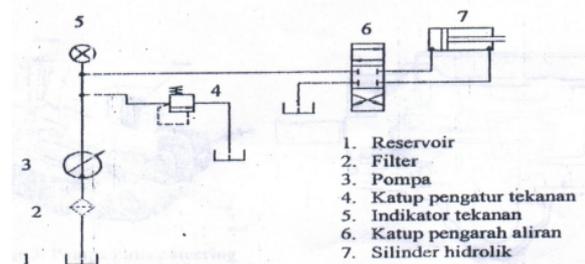
Mobil merupakan alat transportasi darat yang dapat bergerak bebas di jalan dengan menggunakan roda atau sejenisnya yang dilengkapi alat penggerak berupa mesin. Salah satu mekanisme penting pada sebuah mobil adalah sistem pengarah kendaraan atau sistem kemudi. Fungsi utama sistem ini adalah mengarahkan dan mengatur posisi mobil pada situasi jalan yang senantiasa berubah.

Sistem kemudi yang banyak diterapkan pada mobil saat ini adalah dengan menggunakan mekanisme penambah daya atau sering disebut *power steering system*. Sistem ini bekerja membantu meringankan beban kemudi dalam mengarahkan laju mobil. Adapun bekerjanya sistem ini adalah menggunakan sistem hidraulik dimana fluida yang dipakai berupa minyak yang diberi tekanan oleh pompa sehingga akan membangkitkan gaya. Secara umum laju aliran fluida pada sistem *power steering* seperti terlihat pada "Gambar (1)".

Pada kajian ini akan dibahas tentang mekanisme *power steering* yang digunakan pada mobil secara umum dan menganalisa kerugian tekanan aliran fluida yang akan berpengaruh terhadap pengurangan beban roda kemudi. Adapun pembahasan yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Mekanisme *power steering* pada mobil
2. Analisa kerugian tekanan yang dialami oleh fluida saat mengalir pada sistem ini

Analisa pengurangan beban roda kemudi, disamping hal tersebut di atas juga dibahas secara singkat tentang komponen-komponen yang berperan penting dalam mekanisme *power steering* ini.

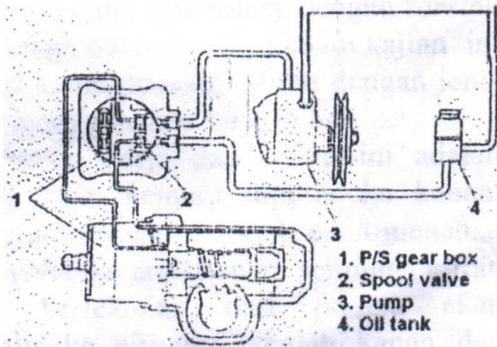


Gambar 1. Skema aliran fluida pada mekanisme sistem *power steering*

## 2. MEKANISME KEMUDI *POWER STEERING*

Sistem *power steering* (penambah daya kemudi) merupakan suatu mekanisme untuk mengurangi beban pengemudian dengan menggunakan prinsip mekanika fluida, dimana aliran fluida bertekanan tinggi dialirkan ke dalam silinder hidraulik. Pada silinder ini terdapat piston yang mempunyai *rack* yang dihubungkan dengan gigi pada lengan *pitman*.

Gerakan piston pada silinder hidraulik ini digunakan untuk membantu gigi cacing pada poros kemudi memutar lengan pitman, jadi secara teoritis putaran poros kemudi akan lebih ringan dengan adanya tekanan fluida pada piston. Rangkaian *power steering* dapat dilihat pada “Gambar (2)”.



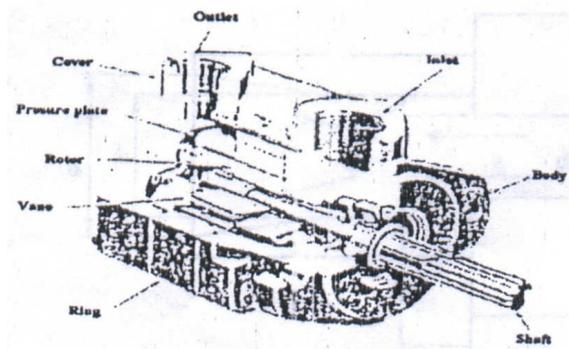
Gambar 2. Rangkaian mekanisme sistem *power steering*

Rangkaian *power steering* dapat dijelaskan beberapa mekanisme komponen utama yaitu:

**2.1 Pompa *power steering***

Tekanan fluida pada mekanisme *power steering* biasanya digunakan pompa jenis rotary yaitu pompa plat pemisah (*van pump*). Debit pompa diatur dengan memilih harga eksentrisitas (jarak antar sumbu rotor dan sumbu cam) sesuai dengan kebutuhan.

Pompa juga dilengkapi dengan alat pengatur tekanan (*relief valve*), yang bekerja jika tekanan pompa melebihi tekanan pegas relief, maka katup akan membuka dan aliran fluida akan kembali ke dalam pompa sehingga tekanan yang keluar dari pompa dapat dipertahankan tetap stabil pada saat putaran tinggi lihat “Gambar (3)”.



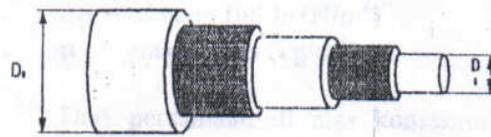
Gambar 3. Pompa *power steering* (*vane pump*)

**2.2 Pipa-pipa pengalir**

Penggunaan pipa dalam sistem *power steering* digunakan pipa fleksibel yang dapat menahan fluida bertekanan tinggi, pipa ini biasanya terdiri dari dua atau lebih lapisan penguat sehingga dapat diandalkan tidak ada kebocoran pada pipa.

Pipa sesuai dengan karakteristik ruangan pada mobil yang terbatas relatif sempit dan memerlukan

fleksibilitas dari pipa. Lapisan pipa dapat dilihat pada “Gambar (4)”.

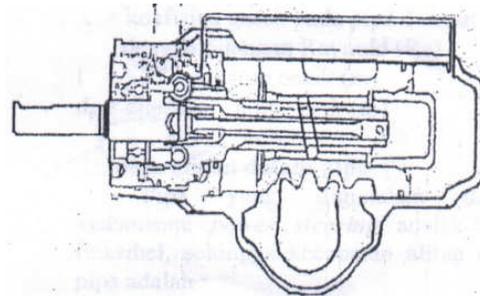


Gambar 4. Lapisan pipa fleksibel

**2.3 Katup pengarah aliran**

Beberapa katup pengarah aliran yang digunakan dalam mekanisme *power steering* ada beberapa macam antara lain tipe sebaris dan tipe rotary dengan *torsion bar* (tenaga putar poros). Dalam kajian ini diambil katup pembagi aliran dengan jenis rotary menggunakan *torsion bar*.

Prinsip kerja dari katup adalah apabila roda kemudi diputar ke kanan, maka pin dan poros masuk akan menahan *spool valve* ke arah kanan, sehingga aliran fluida bertekanan dari pompa akan mengalir kesilinder sebelah kanan dan mendorong piston bergerak ke sebelah kiri, begitu pula sebaliknya.



Gambar 5. Katup pengarah aliran

**2.4 Silinder hidraulik**

Peralatan ini adalah pengubah aliran fluida bertekanan menjadi gerak pada piston yang digunakan untuk membantu memutar roda gigi pada lengan pitman. Silinder hidraulik ini terangkai dalam rumah gigi kemudi sehingga bentuknya menjadi lebih sederhana.

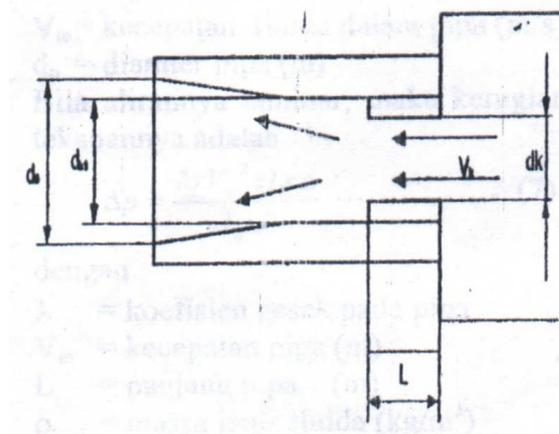
Piston pada silinder hidraulik ini mempunyai gigi rack dan ulir (mur dalam) dimana gigi rack dihubungkan dengan roda gigi lengan pitman dan mur dalam dihubungkan dengan gigi cacing pada poros masuk melalui mur bola. Piston inilah yang mendapat tekanan dari fluida sehingga mambantu mandorong roda gigi pada lengan pitman.

**3. ANALISA MEKANISME *POWER STEERING***

**3.1 Analisa pengurangan tekanan aliran pada katup cekik**

Analisa beban kemudi *power steering* meliputi perhitungan kerugian tekanan yang dialami oleh aliran fluida selama mengalir terdiri dari perhitungan

debit melewati katup cekik, sedangkan tekanan yang keluar dipertahankan pada tekanan yang tetap.



Gambar 6. Katup cekik

Debit yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan itu adalah :

$$Q_a = A \times K_v \times \sqrt{\frac{\Delta p \times 2}{\rho}} \quad \dots(1)$$

Dengan :

- $Q_a$  = debit yang dibutuhkan ( $m^3/s$ )
- $A$  = luas penampang katup cekik ( $m^2$ )
- $K_v$  = konstanta katup
- $\Delta p$  = tekanan fluida ( $N/m^2$ )
- $\rho$  = massa jenis ( $kg/m^3$ )

Persamaan di atas konstanta katup ( $K_v$ ) diperoleh dari :

$$K_v = \sqrt{\frac{1}{\zeta_{total}}} \quad \dots(2)$$

Kerugian total yang terjadi adalah jumlah dari kerugian yang dialami oleh katup cekik yang mengalami tiga kerugian yaitu:

1. Kerugian akibat penyempitan yang besarnya antara 0,04 s/d 0,07 tergantung pada profil penampangnya
2. Kerugian akibat pembesaran lubang besarnya  $\zeta_A = (1 - A_b / A_v) \approx 1,0$
3. Kerugian akibat gesekan dinding katup pencekik

$$\zeta_g = \frac{\lambda \times l}{d_p} \quad \dots(3)$$

dengan :

- $\lambda$  = koefisien gesek pada pipa didapat dengan bilangan Reynold ( $Re$ )
- $l$  = panjang katup cekik (m)
- $d_p$  = diameter katup cekik (m)

### 3.2 Analisa aliran dalam pipa

Pipa yang digunakan dalam mekanisme power steering adalah pipa fleksibel, sehingga kecepatan aliran pada pipa adalah :

$$V_p = \frac{Q_k}{A_p} \quad \dots(4)$$

dengan :

- $V_p$  = kecepatan aliran pada pipa (m/s)
- $Q_k$  = debit yang keluar dari katup ( $m^3/s$ )
- $A_p$  = luasan pada pipa mengalir ( $m^2$ )

Jenis aliran yang mengalir pada pipa ditentukan dengan bilangan Reynold ( $Re$ ) yang besarnya adalah:

$$Re = \frac{V_m \times d}{\nu} \quad \dots(5)$$

dengan :

- $\nu$  = viskositas kinematik pada minyak hidrolik
- $V_m$  = kecepatan aliran fluida (m/s)
- $d$  = diameter pipa (m)

Batasan jenis aliran pipa dengan mempertimbangkan bilangan Reynold ( $Re$ ) adalah :

- $Re < 2320$  aliran laminar
- $2320 < Re < 3000$  aliran transisi
- $Re > 3000$  aliran turbulen

Kehilangan tekanan aliran dalam pipa ( $\Delta p$ ), jika dinding pipa licin dan pipa dianggap lurus.

1. Jika jenis alirannya turbulen adalah :

$$\Delta p = \frac{0,158 \times V_m^2 \times l \times \rho}{d_p \times Re^{0,25}} \quad \dots(6)$$

dengan :

- $L$  = panjang pipa (m)
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )
- $V_m$  = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)
- $d_p$  = diameter pipa (m)

2. Bila alirannya laminar, maka kerugian tekanannya adalah :

$$\Delta p = \frac{\lambda \times V_m^2 \times L \times \rho}{d_p \times 2} \quad \dots(7)$$

dengan :

- $\lambda$  = koefisien gesek pada pipa
- $V_m$  = kecepatan pipa (m)
- $L$  = panjang pipa (m)
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

Kerugian tekanan aliran fluida pada aliran masuk tergantung pada profil ujung pipa.

Untuk analisa ini digunakan profil ujung pipa yang dibulatkan dengan jari-jari kecil maka kehilangan aliran ( $\xi_i$ ) antara 0,05 s/d 0,1 sehingga kerugian tekanan ( $\Delta p$ ) yang dialami oleh fluida.

$$\Delta p = \frac{\xi_i \times V_p^2 \times \rho}{2} \quad \dots(8)$$

dengan:

- $V_p$  = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

Pemakaian pipa fleksibel pada pemasangannya akan mengalami pembengkokkan sehingga terjadi perubahan aliran yang mengakibatkan perubahan pada tekanan. Harga koefisien bengkokkan ( $\xi_b$ ) diambil untuk bengkokkan  $90^\circ$  maka = 0,1 sehingga kehilangan pada tekanan aliran fluida adalah sebagai berikut :

$$\Delta p = \frac{\xi_b \times V_p^2 \times \rho}{2} \quad \dots(9)$$

### 3.3 Analisa aliran fluida pada katup pengarah aliran

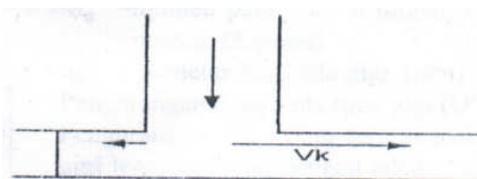
Kecepatan aliran fluida pada saluran masuk ke dalam katup dengan diameter katup ( $d_k$ ) dengan debit aliran ( $Q_k$ ), maka kecepatan aliran pada saluran masuk adalah :

$$V_k = \frac{Q_k}{A_k} \quad \dots(10)$$

dengan :

- $A_k$  = luas penampang katup (m)

Aliran yang masuk kedalam silinder hidraulik mengalami pemisahan aliran (percabangan) dengan pertimbangan bahwa aliran yang masuk ke dalam salah satu piston sehingga salah satu saluran akan tertutup. Dengan demikian aliran fluida akan mengalami kerugian tekanan.



Gambar 7. Aliran pada percabangan

Kerugian tekanan akibat percabangan yaitu :

1. Kerugian akibat aliran yang dicabangkan yang besarnya ( $\xi_a$ ) = 1,3 percabangan dengan sudut  $90^\circ$ , maka kerugian tekanan adalah :

$$\Delta p = \frac{\xi_b \times V_k^2 \times \rho}{2} \quad \dots(11)$$

2. Kerugian aliran pada aliran yang melaju terus ( $\xi_d$ ) = 0,06, kerugian tekanan yang dialami adalah :

$$\Delta p = \frac{\xi_d \times V_k^2 \times \rho}{2} \quad \dots(12)$$

Kecepatan aliran fluida pada saluran masuk dalam silinder hidraulik :

$$V_s = \frac{Q_k}{A_s} \quad \dots(13)$$

Kerugian aliran fluida karena faktor bentuk pada saluran masuk ( $\xi_d$ ) = 0,02 (gambar terlampir) kerugian tekanan yang dialami fluida adalah :

$$\Delta p = \frac{\xi_s \times V_s^2 \times \rho}{2} \quad \dots(14)$$

Tekanan yang masuk dalam silinder P adalah :

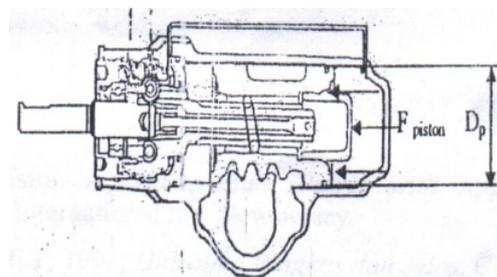
$$P = P_{\text{katup}} - \Delta P_{\text{tot}} \quad \dots(15)$$

dengan :

$\Delta P_{\text{tot}}$  = jumlah tekanan yang mengalir dalam rangkaian power steering ( $\text{N/m}^2$ )

$P_{\text{katup}}$  = jumlah tekanan yang keluar dari katup cekik ( $\text{N/m}^2$ )

### 3.4 Analisa gaya pada piston



Gambar 8. Silinder hidraulik

$$F_{\text{piston}} = P \times A$$

$$F_{\text{piston}} = P \times (\pi/4) \times D_p^2 \quad \dots(16)$$

### 3.5 Analisa pengurangan gaya pada roda gigi

Pada roda gigi momen diperoleh dari putaran lengan pitman maka gaya keliling pada roda gigi ( $U_2$ ) adalah:

$$U_2 = \frac{2 \cdot M_g}{d_{m_2}} \quad \dots(17)$$

dengan :

- $M_g$  = momen lengan pitman kemudi manual (kgmm)

$D_{m2}$  = diameter roda gigi (mm)

**Pengurangan gaya pada roda gigi (U')**

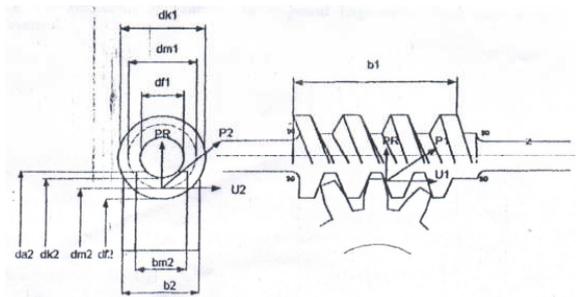
Pengurangan gaya yang terjadi pada gigi lengan pitman dengan adanya tekanan dari piston adalah sebagai berikut :

$$U_2' = U_2 - F_{piston} \quad \dots(18)$$

dengan :

$U_2'$  = pengurangan gaya (kg)  
 $F_{piston}$  = gaya dorong piston (kg)

2. **Krist. T**, 1991, *Hidrolika Ringkas dan Jelas*, Cetakan I, Jakarta, Erlangga, 1991.
3. **Niemann. G**, *Machine Element Design and Calculation in Mechanical Engineering*, Volume II, Berlin Heidelberg New York, Springer-Verlag, 1978.
4. **Taborek. JJ**, *Mechanics of Vehicle*, Cevaland, Development Engineering Twonmotors Corp.



Gambar 9. Pasangan gigi kemudi

Perhitungan momen pada roda gigi lengan pitman setelah mengalami pengurangan ( $Mg'$ ) adalah:

$$Mg' = U_2' \times d_{m2} / 2 \quad \dots(19)$$

Sehingga perhitungan beban kemudi yang terjadi adalah :

$$H = \frac{M_g \times 2}{d_w \times \zeta_g \times \eta_g} \quad \dots(20)$$

dengan :

$d_w$  = diameter roda kemudi  
 $\zeta_g$  = rasio reduksi roda kemudi  
 $\eta_g$  = efisiensi *steering gear*

**4. KESIMPULAN**

Aliran fluida yang mengalir pada rangkaian *power steering* akan mengalami rugi tekanan yang menyebabkan adanya perbedaan pada pompa dan tekanan pada silinder hidrolik.

Dengan adanya kerugian tekanan tersebut maka gaya yang dibutuhkan untuk mengurangi beban kemudi semakin kecil, hal ini berakibat pengurangan gaya pada roda gigi lengan pitman akan semakin berkurang pula sehingga akan berpengaruh pada roda kemudi.

**PUSTAKA**

1. **Esposito. A**, *Fluid Power with Application*, Fourth Editon, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 1980.