

Karakteristik Perolehan Gaya Dorong *Power Steering* Pada Sistem Kemudi Kendaraan

Joni Dewanto

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Wendy Wijaya

Mahasiswa Tahap Akhir Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Abstrak

Power steering merupakan peralatan hidrolik untuk meringankan sistem kemudi. Dengan *powersteering* karakteristik sistem kemudi biasa (mekanik) menjadi berubah. Karakteristik dari sistem kemudi dengan *power steering* ini akan dijadikan sebagai bahan studi untuk pengembangan lebih lanjut.

Uji laboratorium yang dilakukan adalah untuk mendapatkan karakteristik perolehan gaya dorong pada putaran pompa yang tetap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perolehan gaya dengan *power steering* meningkat secara eksponensial terhadap torsi yang diberikan pada roda kemudi. Waktu pencapaian gaya maksimum juga meningkat, akan tetapi persen perolehan gayanya menurun ketika torsi roda kemudi lebih besar karena adanya rugi-rugi hidrolis.

Kata kunci: *power steering*, pengatur kemudi.

Abstract

Power steering is a hydraulic equipment to make the steering system lighten. With power steering, the characteristic of ordinary steering system is change. This characteristic will be made as an object of study to developed this system in the future

Gain in force characteristic of the system at constant speed revolution of pump is found by laboratory experimentally. This experiment shows that gain in force is increase exponentially to the torsion at the steering wheel. The time to reach this maximum force is increase also, but due to hydraulic losses the percentage of gain in force is decrease when the torsion bigger

Keywords: *power steering*, *steering control*.

1. Pendahuluan

Power steering merupakan peralatan pada sistem kemudi kendaraan agar gaya untuk membelokkan roda menjadi lebih ringan. Peralatan ini dikembangkan ketika daya angkut kendaraan semakin besar dan diperlukan gaya untuk membelokkan kemudi yang semakin besar pula. Pada dasarnya untuk meringankan gaya belok tersebut dapat dilakukan dengan cara memperbesar diameter roda kemudi. Namun demikian untuk ukuran tertentu, hal ini tentu akan banyak memakan tempat yang justru dapat menyulitkan pengemudi. Dalam perkembangannya, *power steering* saat ini tidak hanya untuk kendaraan

besar (berat) saja tetapi juga untuk kendaraan kecil seperti sedan

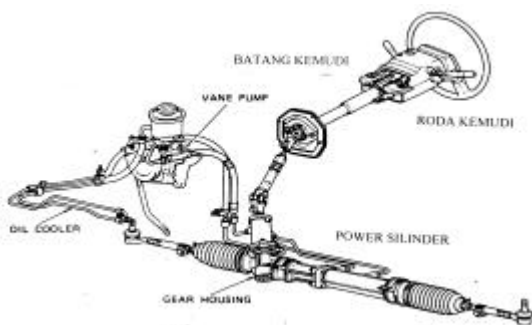
Gaya dorong pada sistem kemudi yang menggunakan *power steering* diperoleh dari tenaga hidrolis. Karakteristik sistem ini belum banyak diketahui sehingga dalam beberapa kasus dampak dari penggunaan *power steering* sering dapat menimbulkan kecelakaan khususnya pada saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi karena roda kemudi menjadi sangat mudah untuk digerakan. Cara kerja dan karakteristik perolehan gaya pada sistem tersebut akan dibahas dalam tulisan ini. Kajian eksperimen dilakukan di dalam laboratorium dan menggunakan tipe *power steering* yang digunakan pada sedan Toyota Crown. Eksperimen dilakukan dalam kondisi *power steering* dilepas dari sistem kemudi mobil sesungguhnya. Sementara beban ketika roda dibelokkan

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 5 Nomor 2 Oktober 2003.

disimulasikan dengan gaya pegas. Variasi pengujian meliputi gaya *in-put* pada roda kemudi dengan diameter tetap, perolehan gaya *out-put* pada ujung *Tie rod* dan waktu/kecepatan *respon* perolehan gaya. Parameter tersebut akan diuji pada putaran pompa *power steering* yang tetap. Hasil kajian ini diharapkan akan menjadi masukan yang sangat bermanfaat untuk pengembangan sistem *power steering* ke depan.

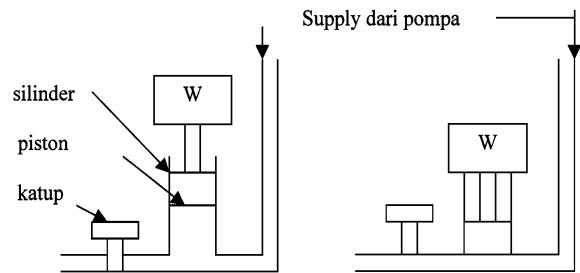
2. Bagian Utama dan Cara Kerja Power Steering

Bagian utama sistem kemudi yang menggunakan *power steering* ditunjukkan sebagaimana gambar 1. Peralatan ini terdiri dari dua sistem yaitu mekanik dan hidrolik yang bekerja bersama-sama. Sistem mekanik terdiri dari roda dan batang kemudi, batang torsi dan pasangan gear di dalam *gear housing*. Sedangkan sistem hidrolik terdiri dari tangki dan filter oli, pompa, sistem saluran oli, katup pengatur aliran dan *power cylinder*. Putaran roda kemudi baik ke kiri ataupun ke kanan akan diteruskan oleh batang kemudi/*main shaft* ke *steering gear housing*. Di sini terdapat sebuah mekanisme diferensial untuk mengubah putaran batang kemudi menjadi gerak translasi batang penghubung di dalam silinder. Selanjutnya batang penghubung akan mendorong *tie rod* untuk membelokkan roda. Pada bagian atas dari *gear housing* terdapat katup pengatur aliran yang dikendalikan oleh gerakan batang torsi yang terletak diantara batang kemudi dan *pinion* di dalam *gear housing*. Ketika batang kemudi bergerak maka oli bertekanan dari pompa diarahkan masuk ke dalam silinder dan mendorong piston batang penghubung. Dengan demikian torsi atau gaya untuk memutar roda kemudi menjadi lebih ringan karena memperoleh gaya bantu dari sistem hidrolik tersebut. Sebaliknya ketika batang kemudi tidak bergerak maka minyak akan dialirkan kembali ke tanki *reservoir* melalui *relief valve* yang menyatu dengan katup pengatur aliran.



Gambar 1 Bagian-bagian sistem kemudi dengan power steering

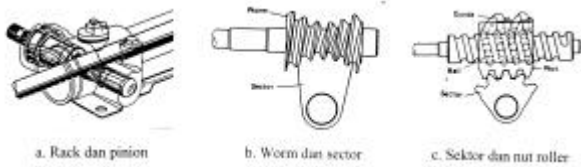
Prinsip dasar dari sistem hidrolik ditunjukkan pada gambar 2. Ketika katup ditutup maka aliran oli dari pompa akan berusaha masuk ke dalam silinder, sehingga tekanan minyak meningkat dan mendorong piston ke atas. Bila katup di buka, tekanan minyak berkurang dan piston bergerak ke bawah. Sedangkan banyaknya minyak yang mengalir ditentukan oleh bukaan katup tersebut.



Gambar 2. Prinsip kerja sistem tenaga hidrolik

3. Mekanisme Diferensial

Untuk mengubah gerak berputar batang kemudi menjadi gerakan translasi batang pendorong roda diperlukan sebuah mekanisme diferensial. Beberapa tipe pasangan mekanisme yang sering digunakan ditunjukkan pada gambar 3. Konstruksi mekanisme diferensial yang paling sederhana adalah tipe *rack dan pinion* (gb. 3a) Mekanisme ini dapat langsung mengubah gerakan berputar menjadi gerak translasi. Responnya spontan, sudut beloknya tajam dan ringan. Akan tetapi guncangan dari permukaan jalan juga tidak dapat teredam dengan baik dan akan diteruskan ke roda kemudi sehingga roda kemudi akan terasa bergetar. Perubahan gerak rotasi yang langsung menjadi gerak translasi demikian tidak terjadi pada mekanisme diferensial tipe *worm dan sector* (gb 3b). Pada tipe ini gerakan berputar batang kemudi akan memutar *sector* yang dihubungkan dengan mekanisme pendorong roda. Modifikasi dari tipe ini ditunjukkan sebagaimana gb. 3c dimana *worm* dan *sector* tidak berhubungan langsung akan tetapi keduanya dihubungkan melalui sebuah *nut* beralur yang berisi bola baja, sehingga bola-bola tersebut dapat menggelinding diantara *nut* dan *worm*. Tipe ini tahan aus dan dapat menahan guncangan jalan dengan baik, sehingga roda kemudi tidak bergetar.



Gambar 3. Mekanisme diferensial pada batang kemudi

Dilihat dari perbandingan gerakannya mekanisme ini dibedakan menjadi tipe *constant ratio* dan *variable ratio*. Pada tipe *constant ratio*, radius dari setiap gigi sektornya sama (Gambar 4a).

$$A=B \text{ dan } C = D \text{ atau } A/B = B/D$$

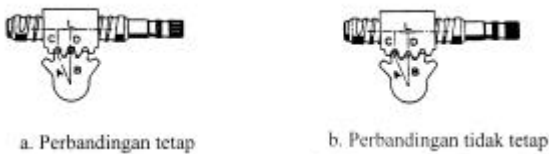
Untuk setiap panjang L gerakan *nut* akan mengakibatkan sudut putaran sektor yang tetap. Oleh karenanya pada saat roda berbelok ataupun lurus *gear rationnya* tetap, sehingga roda kemudi agak berat untuk dibelokkan.

Bentuk sektor pada tipe *variable ratio* ditunjukkan pada gambar 4b. Radius gigi yang dibagian tengah dibuat lebih pendek dari pada radius gigi tepi.

$$A>B \text{ dan } C<D \text{ atau } A/C > B/D$$

Dengan demikian untuk setiap panjang L gerakan *nut* maka sudut putaran sector tidak sama. Ketika belok, *gear rasionya* makin besar sebanding dengan jumlah putaran roda kemudi yang bertambah besar selama kendaraan berbelok, sehingga ketika belok kemudi terasa lebih ringan.

Adapun mekanisme diferensial dalam pengujian ini adalah tipe *rack dan pinion* dengan *ratio* yang tetap.



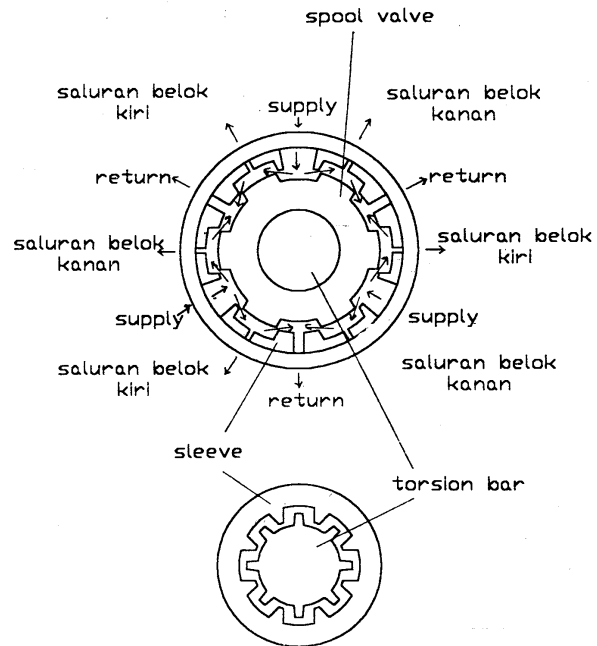
Gambar 4 Konfigurasi *gear ratio* mekanisme *worm dan sektor*

4. Katup Pengatur Aliran

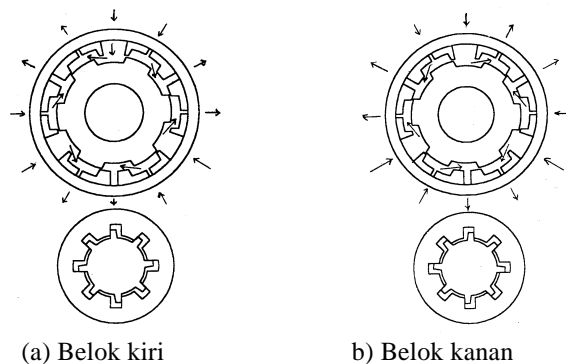
Tipe katup pengatur aliran yang dipakai adalah jenis *rotary spool valve*. Katup ini memiliki 6 alur aksial, dibagian luarnya diselubungi dengan sebuah *sleeve* berlubang radial untuk menghubungkan saluran *supply* dengan ruang silinder atau sebaliknya dari ruang silinder ke tangki. Ketika batang kemudi tidak digerakkan maka katup pengatur aliran dalam kondisi *no power*. Semua saluran dalam

kondisi terbuka sehingga aliran oli dari pompa langsung kembali ke tangki dan tidak terjadi kenaikan tekanan di dalam silinder. Posisi katup pada kondisi tersebut ditunjukkan pada gambar 5.

Ketika batang kemudi diputar, maka putaran tersebut akan diteruskan ke batang torsi dan sesaat kemudian diikuti putaran *sleeve*. Hal ini terjadi karena terdapat kelonggaran antara alur batang torsi dan *sleeve*. Akibat putaran batang torsi maka katup relief tertutup dan terjadi kenaikan tekanan minyak di dalam katup pengatur aliran. Sementara putaran *sleeve* akan menutup saluran *supply* yang langsung kembali ke tangki dan menghubungkan saluran *supply* ke dalam silinder. Dengan demikian akan terjadi penekanan di dalam silinder tersebut. Gambar 6 menunjukkan posisi katup pengatur aliran ketika batang torsi diputar ke kanan dan ke kiri.



Gambar 5. Katup pengatur aliran



Gambar 6. Posisi *sleeve* ketika belok

5. Persiapan Pengujian

Dalam pengujian ini peralatan disiapkan seperti pada gambar 6. Roda kemudi yang sesungguhnya diganti dengan sebuah puli yang dapat dililiti seutas tali untuk memasang beban yang mensimulasikan gaya yang bekerja pada roda kemudi ketika roda kendaraan dibelokkan. Besarnya gaya dorong yang diperoleh diukur dengan gaya pada pegas tarik yang ujungnya dipasang pada *tie rod* dan ujung lainnya dipasang pada kerangka tetap. Untuk mencatat gerakan *tie rod* padanya dipasang juga sebuah pensil yang di bawahnya terdapat kertas rol yang berputar dengan kecepatan tetap. Dengan demikian gerakan *tie rod* sebagai fungsi waktu selama pengujian dapat tergambar pada kertas tersebut.

Kekakuan pegas yang dipakai ditentukan secara eksperimen dengan cara memberi beban dan mengukur simpangan yang terjadi. Eksperimen dilakukan dengan beban yang bervariasi dalam jangkauan simpangan pegas sepanjang gerakan *tie rod*. Kekakuan pegas (k) dihitung dengan persamaan

$$k = F/x \quad (\text{N/m})$$

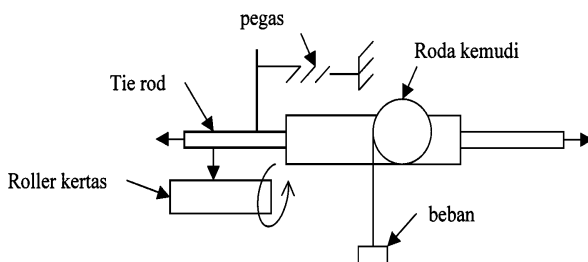
dimana

F : Beban yang digantung pada pegas

x : Simpangan pegas

Besarnya rugi-rugi gesek yang terjadi antara *tie rod* dengan penumpunya juga rugi-rugi mekanik lainnya ditentukan secara eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan cara menarik *tie rod* pada kondisi sistem tidak beroperasi. Besarnya rugi-rugi gesek sama dengan besarnya gaya minimal yang diperlukan untuk menarik *tie rod*. Selanjutnya nilai ini dipakai sebagai koreksi terhadap data yang diperoleh.

Besarnya respon gaya yang terjadi pada *tie rod* sebagai fungsi waktu akan diukur dalam percobaan ini. Besarnya gaya yang terjadi dihitung dari hasil kali antara konstanta pegas dengan simpangannya.



Gambar 7. Sketsa Set Up peralatan Uji

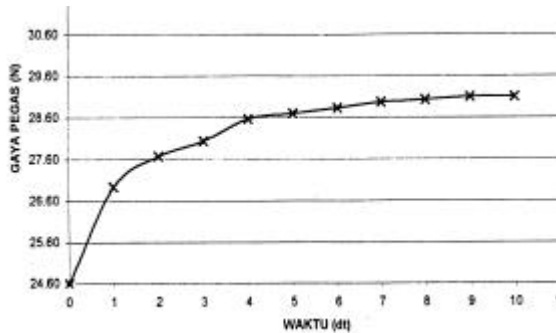
6. Analisa Hasil Pengujian

Pengujian pertama dilakukan tanpa *power steering* dimana pompa tidak dijalankan dan oli di dalam sistem tidak dikeluarkan. Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan *power steering* pada putaran pompa 1450 rpm. Masing-masing pengujian dilakukan dengan diameter puli tetap. Untuk setiap kondisi, dilakukan 3 kali pengukuran. Setelah dilakukan koreksi karena adanya gaya gesek dan menghitung waktu respon dari panjang kurva pada saat pengukuran. Perolehan gaya karena adanya *power steering* dapat dihitung dengan cara mengurangkan besarnya gaya dorong dari kedua kondisi percobaan. Hasil pengujian untuk kedua kondisi ditunjukkan pada gambar 8 dan 9.

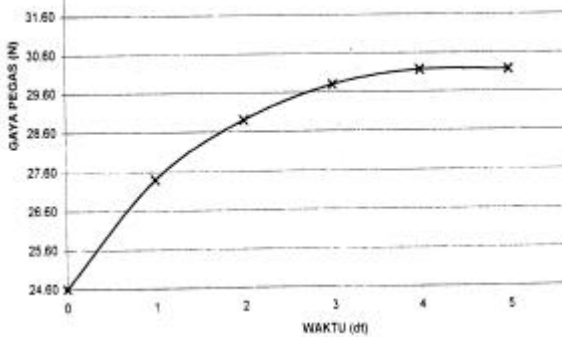
Pada pngujian tanpa *power steering*, umumnya terjadi perolehan gaya pada *tie rod* secara eksponensial. Untuk beban pada roda kemudi yang makin besar maka perolehan gaya maksimum dicapai dalam waktu yang makin cepat. Pada beban 7 N, 9,5 N dan 12 N masing-masing perolehan gaya maksimum dicapai dalam waktu 8 detik, 5 detik dan 4 detik. Gambar 8 (d) menunjukkan bahwa perbandingan antara besarnya beban yang diberikan pada roda kemudi dengan perolehan gaya maksimum yang terjadi tidak tetap. Fenomena ini terjadi karena dalam pengujian tersebut masih ada minyak di dalam *power* silinder. *Tenaga piston* tidak berfungsi sebagai pendorong akan tetapi gerakannya justru terhambat karena minyak. Pada beban yang makin besar maka kapasitas fluida yang mengalir keluar dari *power piston* juga lebih banyak dan rugi rugi gesek alirannya menjadi lebih besar pula sehingga persen perolehan gaya menurun.

Pada pengujian dengan *power steering* rata-rata menunjukkan bahwa perolehan gaya yang cukup besar dapat dicapai hanya dengan beban pada roda kemudi yang kecil tidak sebagaimana pada pengujian tanpa *power steering*. Kenaikan perolehan gaya ini timbul karena adanya gaya dorong hidrolik yang bekaerja pada *power piston*. Dengan beban input 2 N perolehan gaya maksimum yang dicapai adalah 29,6 N. Perolehan gaya maksimum yang dapat dicapai meningkat untuk pemberian beban pada roda kemudi yang makin besar. Untuk beban pada roda kemudi sebesar 4,5 N dan 7 N perolehan gaya maksimum yang dicapai masing-masing adalah 31 N dan 35 N. Ketika beban pada roda kemudi yang diberikan makin besar maka gerakan piston di dalam silinder juga makin besar dan terjadi aliran oli yang makin deras

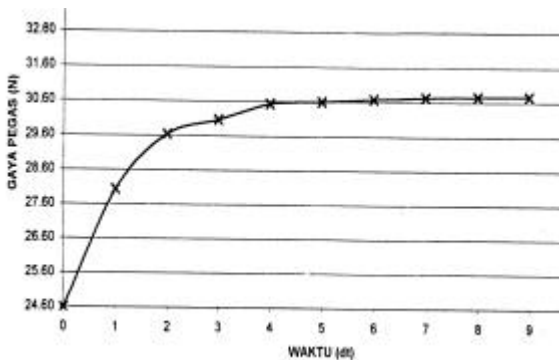
pula. Dalam kondisi tersebut maka rugi-rugi gesek hidraulik juga meningkat sebanding dengan kuadrat kecepatan aliran sehingga persen perolehan gaya maksimum yang dicapai menurun.



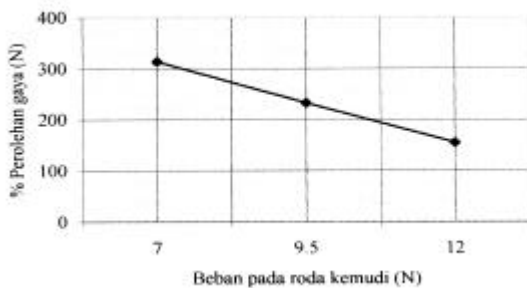
a. Kurva perolehan gaya pada beban 2 N



b. Kurva perolehan gaya pada beban 4,5 N

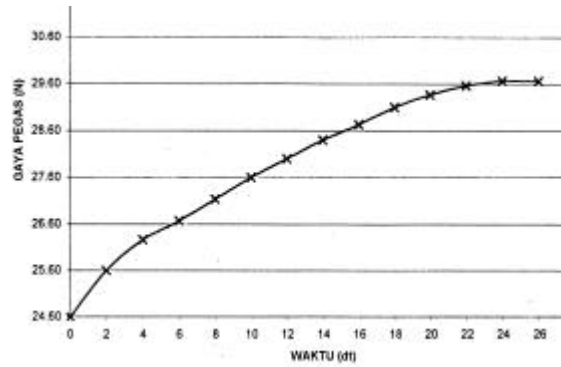


c. Pengujian dengan beban 7 N

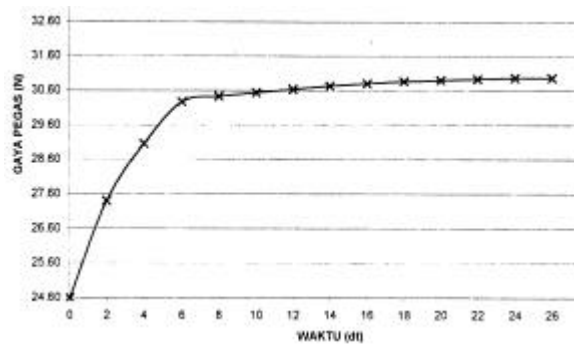


d. Kurva persen perolehan gaya terhadap beban pada roda kemudi

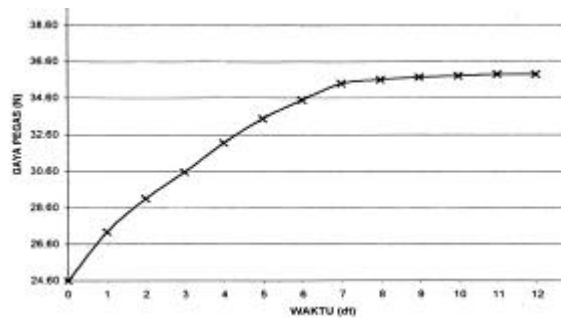
Gambar 8. Pengujian tanpa *Power steering*



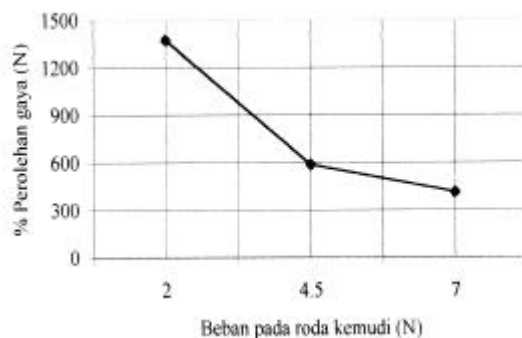
a. Kurva perolehan gaya pada beban 7 N



b. Kurva perolehan gaya pada beban 9 N



c. Kurva perolehan gaya pada beban 12 N



d. Kurva persen perolehan gaya terhadap beban pada roda kemudi

Gambar 9. Pengujian dengan *power steering*

Hasil pengujian baik dengan ataupun tanpa *power steering* keduanya menunjukkan karakter yang tidak linear. Hal ini muncul karena

adanya karakteristik hidraulik dimana rugi-rugi hidraulik dan sistem tekanannya berubah tidak linear.

7. Kesimpulan

1. Perolehan gaya pada *tie rod* berubah eksponensial terhadap gaya/torsi yang diberikan pada roda kemudi.
2. Perolehan gaya maksimum tersebut meningkat dengan kenaikan gaya/torsi kemudi yang makin besar.
3. Persen perolehan gaya maksimum menurun pada gaya kemudi yang makin besar.

Daftar Pustaka

1. Remling, John C. *Steering and suspension*, John Willey and Sons inc. New York, 1983.
2. Webster, Jay. *Automotive Suspension, steering and Brakes*, Delmar Publisher inc, California, 1987.
3. Ellinger, Herbert E and Hathaway, Richrd B. *Automotive Suspension and steering*, Prentice Hall inc, New Jersey, 1989.
4. Sethi H M. *Automotive Technology*, McGraw Hill, 1991.
5. Wendy Indarto, *Tugas Akhir: Studi Mengenai Power Steering Untuk Kendaraan*, Jurusan Teknik Mesin UK Petra, 2002.