

**AKTUATOR PNEUMATIK SEBAGAI SIMULATOR BEBAN VERTIKAL
PADA SUSPENSI RODA KENDARAAN BOBOT RINGAN***Christop Geraldi Simon¹⁾, Yusuf Siahaya²⁾, Karel Tikupadang²*

¹Program studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia Paulus
Makassar.
Email: christof501@gmail.com

²Program studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia
Paulus Makassar.
Email : jusuf@gmail.com

²Program studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia Paulus
Makassar.
Email : kareltikup2000@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar beban dinamis vertikal yang dihasilkan oleh bobot bodi dan bobot sumbu kendaraan dan untuk mengetahui pengaruh Shock Absorber dan Pegas Spiral terhadap beban dinamis vertikal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara mengatur tekanan udara bertekanan dari compressor oleh regulator mulai dari tekanan $P = 1$ sampai 6 bar. Besarnya tekanan tersebut masuk ke dalam silinder sambil mendorong torak yang ujungnya telah terhubung dengan system suspense yang terdiri atas pegas spiral dan shock absorber. Gaya dorong dari silinder pneumatik menggantikan gaya berat bodi kendaraan $m_2 = 353.5$ kg ($F_k = 3535$ N) membebani mekanisme suspensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tekanan $P = 5$ bar diperoleh kondisi pembebanan yang ekuivalen dengan beban sesungguhnya dari kendaraan. Besarnya beban dinamis kendaraan kategori bobot ringan pada tekanan $P = 5$ bar adalah $F_t = 16765$ N. Gaya reaksi yang diberikan oleh mekanisme suspense terhadap gaya aksi dari silinder adalah sebesar $F_p = 8206$ N. Dengan demikian maka besarnya gaya dinamis yang berhasil diredam oleh kerja suspense adalah sebesar 8559 N.

Kata Kunci: Shock Absorber, Suspensi pneumatik

ABSTRACT

The research aimed to found the vertical dynamic load by body and axis of the vehicle and to found the influence of shock absorber and spiral spring. Method has been used to set the air pressure from the compressor, by regulator begin 1 bar to 6 bar. Value of pressure entry to the pneumatic cylinder and push the piston with the end position connect with suspension system consist of spiral spring and shock absorber. Push force from pneumatic cylinder change of weight force the body of vehicle as $m_2 = 353,5$ kg ($F_k = 3535$ N) to overload suspense mechanism. The result show at the pressure 5 bar ekuivalen load with really vehicle as $F_t = 16765$ N. Reaction force has been given by the suspense mechanism to the action force as $F_p = 8206$ N. Thus the magnitude of the dynamic force that has been successfully suppressed by suspense work is equal to 8559 N.

Kata Kunci: Shock Absorber, Pneumaatic Suspense



I. PENDAHULUAN

Sejumlah jenis kendaraan roda empat atau lebih yang melintas di atas permukaan jalan raya setiap saat menghasilkan sejumlah beban dinamis yang fluktuatif. Pembebanan yang fluktuatif ini selain diperoleh dari variasi beban dinamis, VBD dapat pula disebabkan oleh adanya beban lebih (overload, OL) dan beban berulang (Repetition loads, RL) (Leo Santoso, 2012).

Efek dari transfer beban fluktuatif (BF), beban lebih OL dan beban berulang RL akan menurunkan kemampuan/stabilitas struktur jalan dalam bentuk deformasi permukaan yang berlubang atau bergelombang. Kemampuan struktur jalan menerima beban dinamis vertikal kendaraan tersebut adalah tergantung pada jenis lapisan permukaan, lapisan pondasi elastis dan lapisan pondasi geser. Kajian tentang beban dinamis yang ditransformasikan melalui mekanisme kerja suspensi pada roda kendaraan terhadap jalan adalah bertujuan Untuk mengetahui besar beban dinamis vertikal yang dihasilkan oleh bobot bodi dan bobot sumbu kendaraan, Untuk mengetahui pengaruh Shock Absorber dan Pegas Spiral terhadap beban dinamis vertikal.

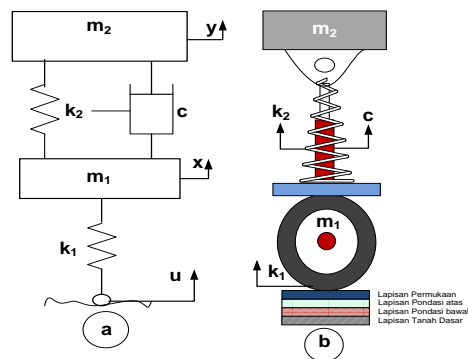
Bobot bodi kendaraan menurut, (Rehnberg, 2008). merupakan perpaduan antara berat kosong (tanpa penumpang/muatan) dan berat dengan penumpang (*Gross weight*). Arah kerja bobot bodi ini bekerja dalam arah vertikal yang mendapat perlawanan langsung dari pegas spiral dan shock absorber. Berdasarkan pada kondisi demikian maka bobot bodi kendaraan ini didefinisikan sebagai *Spring mass* yang disimbolkan dengan m_2 . Untuk kendaraan dengan kategori bobot ringan, memiliki bobot bodi berkisar mulai dari 835 kg sampai 1394 kg. Bobot sumbu yang berpusat pada roda kendaraan ini merupakan beban dinamis vertikal yang terletak di bawah pusat mekanisme kerja suspensi. Oleh karena beban vertikal ini tidak dipengaruhi langsung oleh kerja pegas spiral dan shock absorber, maka bobot sumbu roda ini didefinisikan sebagai *Unsprung mass*, dengan simbol m_1 . Bobot rerata bobot sumbu kendaraan ini untuk kategori bobot ringan adalah sebesar 400 kg.

Secara umum sistem suspensi kendaraan menurut (Anggoro Aristianto1, 2012), terdiri atas sebuah pegas dan sebuah peredam kejut yang disusun secara paralel.

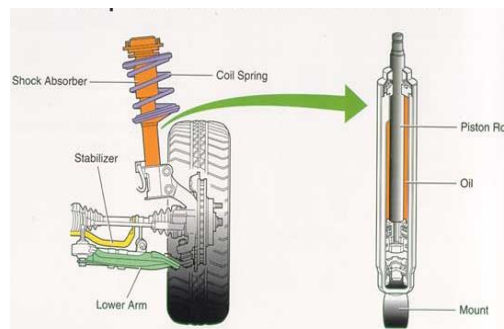
Susunan sistem suspensi tersebut diperlihatkan Gambar 1 (a), dengan Massa *spring* (m_2), massa *unsprung* (m_1), Konstanta pegas suspensi (k_2), peredam kejut (c) dan konstanta elastis ban/roda (k_1). *Shock Absorber* menurut (Manpreet singh1, 2017) mengungkapkan



bahwa fungsi utama dari sebuah *shock absorber* adalah berfungsi untuk meredam getaran serta mereduksi beban vertikal yang bekerja terhadap jalan.



Gambar 1, (a) Model suspensi pasif (b) Unit suspensi, *shock absorber*, dan sumbu.



Gambar 2. *Shock absorber* pada mekanisme kerja suspensi roda kendaraan

Perhitungan nilai konstanta pegas, k_2 oleh (Edge, 2017) dalam buku “ Machinery’s Handbook, 29th Edition diformulasikan sebagai berikut:

$$k_2 = \frac{Gd^4}{8n_a D^3} \quad (1)$$

Yang mana: G = modulus kekakuan (N/cm^2), d = diameter kawat (cm), n_a = Jumlah coil aktif (buah) dan D = diameter coil rerata (cm) yang diperoleh dari selisih antara diameter luar coil dan diameter kawat. Jumlah coil aktif, n_a biasanya lebih kecil dari jumlah keseluruhan coil, n , yakni compressi minimum pegas 20% dan compressi maksimum 80% area kompresi pegas. Jika jumlah coil aktif, $n_a = 80\% \times n$, dan diameter coil rerata pegas,

$D = D_o - d$ maka besarnya nilai konstanta pegas, k_2 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1).

Besarnya gaya efektif yang dihasilkan oleh torak silinder menurut (A. Ilchmann*, 2006) adalah sebesar:



$$F_k - 0.1F_k = 0.9F_k (N) \quad (2)$$

Yang mana $F_{p2} = F_{ef} =$ gaya torak efektif, $R_f =$ gaya gesek antara seal dan dinding silinder sebesar 10%.

Besarnya gaya dorong torak teoritis oleh (Peter Croser, 2002) pada silinder pneumatik adalah ditunjukkan dalam persamaan (2) sebesar:

$$F_k = \frac{\pi}{4} D^2 P_2 (N) \quad (3)$$

Jika diameter torak $D = 100 \text{ mm}$ dapat dipilih sesuai keperluan perencanaan, sedangkan P_2 (bar) adalah besarnya tekanan udara dari kompresor dan merupakan variabel yang dapat diubah-ubah, maka berdasar pada persamaan (1) diperoleh gaya tekan terhadap mekanisme suspensi sebesar:

$$\begin{aligned} F_k &= 785 \times P_2 \text{ dan } F_{p2} \\ &= 706.5 P_2 = 707 P_2 (N) \end{aligned} \quad (4)$$

Persamaan dasar tentang beban dinamis yang membebani permukaan jalan setelah melalui mekanisme kerja suspensi dapat dijelaskan oleh (Simon Ka'ka¹, 2018) pada persamaan (2.3) dan (2.4) diformulasikan sebagai berikut:

$$F_{p2} = F_k = 1.1(k_2 + c/t) (N) \quad (5)$$

Dengan memperhatikan Persamaan (3) dan (4) maka diperoleh persamaan beban dinamis vertikal membebani permukaan jalan sebesar:

$$F_{t1} = 707 P_2 + 10. m_1 (N) \quad (6)$$

Konstanta pegas, k_2 , koefisien redaman c serta m_1 merupakan bilangan tetapan sedangkan x_2 merupakan perpindahan pada sistem suspensi.

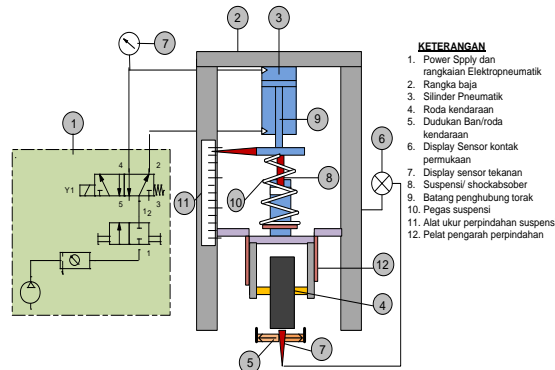
II. METODE EKSPERIMEN

Secara eksperimen pembebanan terhadap struktur pondasi jalan dilakukan dengan mengkuivalenkan berat total badan kendaraan m_1 (kg) dan bobot sumbu roda m_2 (kg), dengan gaya dorong torak silinder pneumatik, F_{ef} (N) sebagai aktuator bekerja pada tekanan kerja $P_2 = 1$ sampai 6 (bar).

Penelitian yang berorientasi pada simulasi gaya piston silinder pneumatik yang diidentikkan sebagai beban dinamis nyata kendaraan ditunjukkan pada gambar 3. Berdasarkan pada simulasi pembebanan, maka pengumpulan data-data eksperimen



dilakukan dengan membaca skala (11) penunjukan jarum /dial indikator perpindahan, x (mm) sesaat terjadi kompresi pada pegas (10).



Gambar 3. Simulasi pembebanan dengan aktuator pneumatik

Besarnya perpindahan rerata x (mm) yang diperoleh tersebut selanjutnya disubstitusi ke persamaan (2-5) dan (2.7) sebagai gaya berat badan kendaraan, F_{p2} (N) dan gaya dinamis vertikal nyata kendaraan, F_{t1} (N) terhadap konstruksi jalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan persamaan (3), maka dengan memasukan nilai tekanan mulai dari 1 bar sampai 6 bar kedalam persamaan tersebut maka diperoleh gaya dorong torak silinder dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$P_2 = 1$ bar, makagaya dorong torak silinder pneumatic adalah:

$$F_k = 785 \times P_2 \text{ dan } F_{p2} = 706.5 P_2 = 707 P_2 = 707 \times 1 = 707 N.$$

Hasil-hasil perhitungan gaya dorong torak silinder terhadap suspensi kendaraan dan berat kendaraan ringan $\frac{1}{4}$ bagian dapat dilihat dalam Tabel 1.

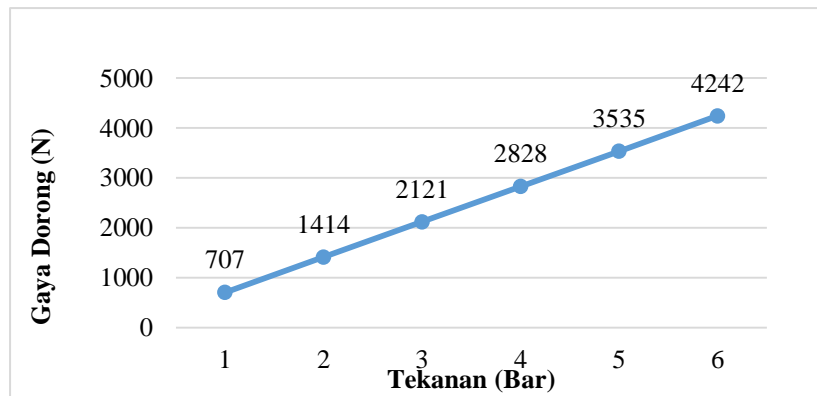
Tabel 1, Hasil Perhitungan Gaya dorong silinder dan bobot kendaraan $\frac{1}{4}$ bagian terhadap Suspensi

Karakteristik antara, kekakuan pegas, dan koefisien redaman absorber terhadap gaya tekanangaya dinamis vertical, (ditunjukkan pada Gambar 5).

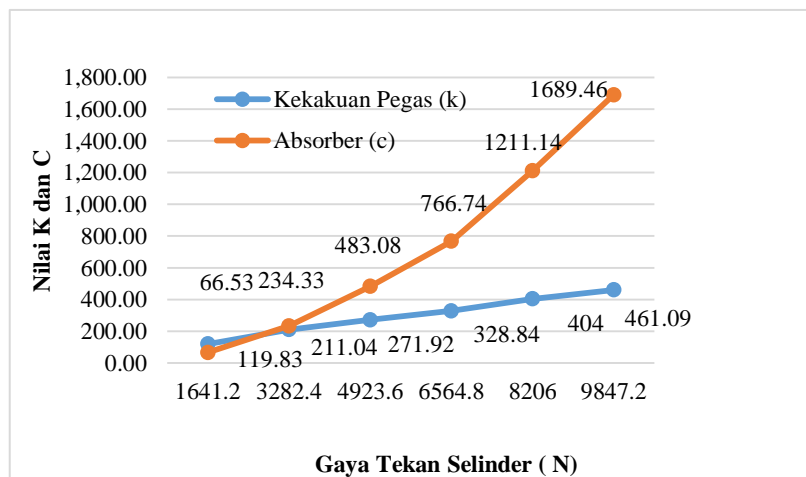
Tabel 1. Hasil perhitungan gaya dorong berdasarkan bobot kendaraan



Percobaan ke-	Tekanan Pada Kompresor		Gaya Dorong Torak Selinder ($F_k = 707.P$)		Bobot 1/4 Bagian Pada Kendaraan Ringan ($m = F_k/g$)	
	Simbol	Satuan	Simbol	Satuan	Simbol	Satuan
	P	(Bar)	F_k	(N)	m	(Kg)
1	1		707		70,7	
2	2		1414		141,4	
3	3		2121		212,1	
4	4		2828		282,8	
5	5		3535		353,5	
6	6		4242		424,2	



Gambar 4. Grafik hubungan Gaya Dorong Torak Selinder terhadap Tekanan.



Gambar 5. Hubungan antara,kekakuan pegas, koefisien redaman absorber terhadap gaya tekanan silinder.



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian teori yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Beban dinamis vertical yang dihasilkan oleh bobot bodi kendaraan adalah sebanding dengan gaya dorong yang dihasilkan oleh Torak Selinder pneumatik pada tekanan 5 bar yaitu sebesar 3535 (N). Karakteristik gaya dinamis vertikal menunjukkan adanya kondisi bahwa, semakin besar nilai gaya tekanan (F_p) pada selinder, semakin besar nilai Kekakuan Pegas, (k) Koefisien Redaman Absorber (c).
2. Pengaruh adanya shock absorber sebesar, $k=1211.14$ N/m dan pegas spiral sebesar $c= 404$ Ns/m, yang terdapat pada mekanisme suspensi adalah dapat meredam gaya yang berasal dari beban dinamis vertical kendaraan, sehingga besarnya beban vertical yang membebani jalan tidak besar.

B. Saran

Adapun saran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan beban dinamis (berat penumpang)
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengukur getaran yang terjadi pada beban dinamis vertikal pada permukaan jalan

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Anggoro Aristianto¹, S., S.T, M.T, Darjat, S.T, M.T². 2012. *Aplikasi Fuzzy Logic Control Pada Sistem Suspensi Semi-Aktif Model Kendaraan Seperempat*. Universitas Diponegoro.
2. A. Ilchmann*, O. S. A. S. T. 2006. *Pneumatic cylinders: modelling and feedback force-control*. *International Journal of Control*, 79, .
3. Edge, E. 2017. *Helical Compression Spring Design Equation and Calculator*. *Became An Engineers Edge Contributor*.
4. Leo Santoso, A. A. R. 2012. *Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan*. *Teknik Sipil*, 19, 8.



5. *Manpreet Singh¹, E. J. S., ER.Gurpreet Singh, 2017. Review on shock absorbers & suspension system. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 04, 7.*
6. *Peter Croser, F. E. 2002. Text Book of Pneumatic Basic Level. Esslingen, Germany*
7. *Rehnberg, A. 2008. Vehicle dynamic analysis of wheel loaders with suspended axles. Trita-Ave, 15.*
8. *Simon Ka'kal, S. H., Ilyas Renreng² And Onny Sutresman² 2018. The Pneumatic Actuators As Vertical Dynamic Load Simulators On Medium Weighted Wheel Suspension Mechanism. Journal of Physics, 962, 10.*