

STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK REDAMAN HYBRID SHOCK ABSORBER (VISCOUS DAN REGENERATIVE SHOCK ABSORBER)

Sigit Pradana^{1*}, Harus Laksana Guntur²

Mahasiswa Program Magister, Jurusan Teknik Mesin,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia^{1*}
sigit_pradana@yahoo.com

Lab.Sistem Dinamis dan Vibrasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia²

Abstract

Vehicle needs electrical energy for supporting electronic and mechatronic equipment. According to research by the Center for Energy, Transportation, and the Environment (CETE), vehicle only distribute 16% of the fuel energy to move away. One way to improve efficiency is to utilize the energy wasted in suspension through the concept of Regenerative Shock Absorber (RSA). By using Regenerative Shock Absorber RSA damping characteristic of the vehicle suspension changes, as for the suspension of the vehicle passenger comfort is one of important factor. Therefore, by adding of RSA combined with viscous suspension shock absorber is expected to work optimally and suspension damping fixed at the desired value. This paper presented the results of empirical studies of hybrid damping characteristics of the shock absorber, which is a combination of viscous and regenerative shock absorber mechanical - electromagnetic shock absorber. This empirical study conducted with some data retrieval using a shock absorber test rig. As for the hybrid regenerative shock absorber used mechanical - electromagnetic shock absorber with mechanical gears and a viscous shock absorber bavel modified with taps. Variations in the speed of the hybrid shock absorber is one of the parameters of the test to see the hybrid characteristic shock absorber. In addition to data collection was conducted energy generation in regenerative shock absorber with an oscilloscope. The test results demonstrate the value of the damping coefficient of the shock absorber prototype hybrid 2100 Ns / m and the electric voltage generated by the RSA fluctuating average value of 15 volts. In addition to the force - displacement graph shows the reduced graph volatile happened and the force - velocity graph interval which occurs as the graph is approaching the force - velocity shock absorber suspension vehicles generally.

Keywords : Hybrid shock absorber, Viscous shock absorber, Regenerative shock absorber, energy generation, vehicle suspension.

PENDAHULUAN

Menurut pernyataan dari Martin Djamin (Staf Ahli Menristek Bidang Energi Alternatif dan Terbarukan) yang menyatakan bahwa dengan terbatasnya cadangan energi fosil yang ada saat ini, perlu segera dilakukan pemanfaatan energi alternatif secara bertahap dan berorientasi pasar menuju pola bauran energi (*energy mix*) yang terpadu, optimal, dan bijaksana. Salah satu upaya dalam pencarian sumber energi alternatif adalah dengan memanen energi pada getaran yang terjadi di suspensi kendaraan bermotor khususnya mobil.

Menurut Center for Energy, Transportation, and the Environment (CETE) sebuah program penelitian yang diterapkan oleh *University of Tennessee Chattanooga*, kendaraan bermotor hanya menyalurkan 16% dari tenaga bahan bakar yang

digunakan. Sedangkan 65% hilang dari panas dan getaran yang ditimbulkan pada mesin, 11% dari engine idling, 6% dari rugi-rugi transmisi, dan 2% dari penambahan aksesoris seperti AC, radio tape, GPS, dan lain sebagainya.

VEH (*Vibration Energy Harvesting*) merupakan suatu alat pemanen energi yang dapat memanfaatkan getaran pada kendaraan, terutama sistem suspensi sehingga dapat menghasilkan suatu energi. Sejauh ini mekanisme VEH yang dilakukan adalah dengan membuat *Regenerative shock absorber* (RSA), yaitu dengan cara memanfaatkan gerak relatif pada suspensi terhadap body kendaraan untuk menghasilkan energi listrik.

Linear Electromagnetic Absorber adalah prototipe yang dapat memanen energi listrik 2-8 watt (Zuo, 2010) dan *Rotational Absorber* yang

dapat menghasilkan daya 67 watt pada suspensi mobil (Zuo, 2012). Selain itu *Vibration Energy Recovery System* (VERS) dengan sistem jig saw mampu memanen energi listrik 1.1 watt pada mobil perkotaan (Muslim, 2012) dan *Regenerative Shock Absorber* (RSA) dengan mekanisme *rack-pinion-gear* mampu memanen energi listrik 4-5 watt pada mobil avanza (Dhion, 2012). Pada penelitian tersebut di dapatkan berbagai macam desain VERS dan RSA.

Akan tetapi pada RSA grafik yang terjadi tidak sesuai dengan grafik pada shock absorber pada mobil umumnya, ini disebabkan karena terlalu banyak gesekan yang terjadi pada RSA tersebut. Maka RSA sebaiknya digabungkan dengan *viscous shock absorber*, konsep ini yang disebut dengan *hybrid shock absorber*. Pada paper ini membahas tentang pengaruh redaman *hybrid shock absorber* serta voltase bangkitan yang terjadi pada RSA.

Tinjauan Pustaka

Getaran dapat didefinisikan sebagai gerakan bolak-balik suatu benda dari posisi awal melalui titik keseimbangannya. Getaran dikelompokkan menjadi getaran bebas dan getaran paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem berisolasi karena gaya yang ada dalam sistem itu sendiri. Sedangkan getaran paksa terjadi bila suatu sistem dipengaruhi oleh gaya dari luar.

Getaran yang terjadi pada suspensi kendaraan dapat dimodelkan seperti gambar 1. Frekuensi eksitasi yang terjadi pada kendaraan dihitung dengan persamaan berikut:

$$w = 2 \pi n f \quad (1)$$

Dimana :

$$f = \frac{V}{\lambda} \quad (2)$$

Keterangan:

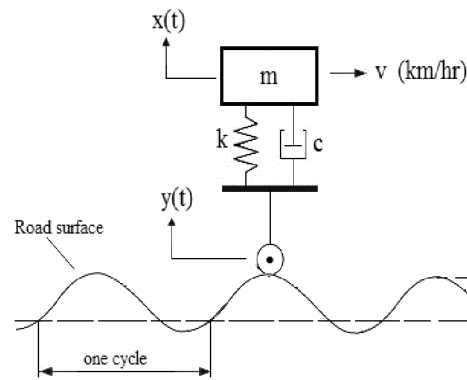
- w : frekuensi eksitasi (rad/s)
- f : frekuensi (rev/s)
- V : kecepatan kendaraan (km/jam)
- λ : panjang gelombang jalan (m)

Frekuensi natural yang terjadi pada kendaraan dihitung dengan persamaan berikut:

$$w_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Keterangan:

- w_n : frekuensi natural (rad/s)
- k : konstanta pegas (N/m)
- m : massa kendaraan (kg)



Gambar 1. Model getaran pada suspensi kendaraan.

Koefisien redaman shock absorber dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_d = \frac{F}{V} \quad (4)$$

Keterangan:

- C_d : koefisien redaman (Ns/m)
- F : gaya redam (N)
- V : kecepatan eksitasi (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Tahapan pengujian karakteristik redaman *hybridshock absorber* ini dikerjakan melalui berbagai urutan tahap berikut:

1. Studi literatur
2. Perancangan mekanisme *hybrid shock absorber*
3. Pengujian dengan tes rig
4. Analisa hasil pengujian
5. Kesimpulan

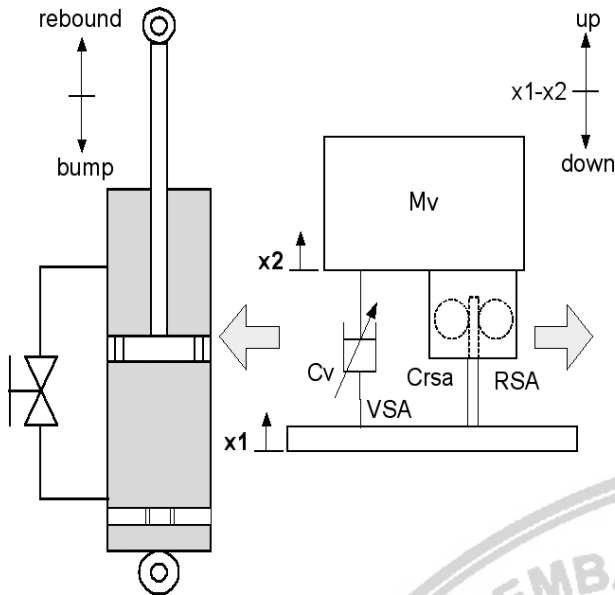
Perancangan Mekanisme Hybrid Shock Absorber

Hybrid shock absorber ini terdiri dari *regenerative shock absorber* dengan *viscous shock absorber*, keduanya di gabungkan dalam satu sistem. *Regenerative shock absorber* yang digunakan adalah dengan menggunakan *rack-pinion* yang menggerakkan gear dan bavel gear dan terkopel ke generator, sedangkan pada *viscous shock absorber* menggunakan *shock absorber* yang sudah dimodifikasi dengan kran. Mekanisme *hybrid shock absorber* dapat dilihat pada gambar 2.

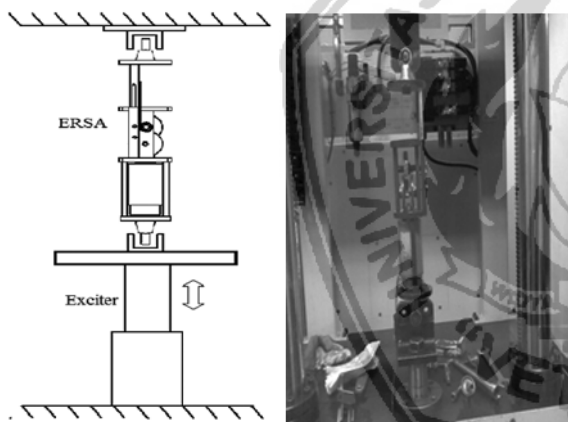
Pengujian dengan Test Rig

Skema pengujian koefisien redaman *regenerative shock absorber* ditunjukkan pada gambar 3, sedangkan skema pengujian koefisien redaman

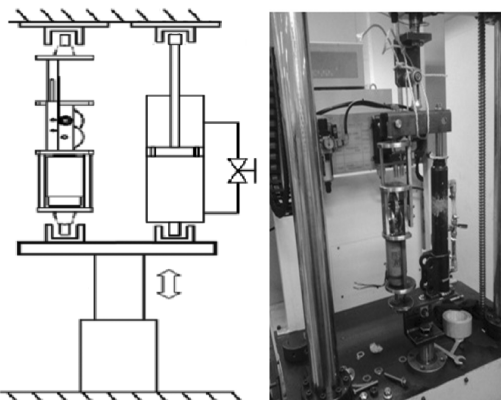
hybrid shock absorber ditunjukkan pada gambar 4. Penguujian *regenerative shock absorber* dan *hybrid shock absorber* ini dilakukan di PT. KAYABA, Cikarang.



Gambar 2. Modeling hybrid shock absorber.



Gambar 3. Skema penguujian koefisien redaman *regenerative shock absorber*.



Gambar 4. Skema penguujian *hybrid shock absorber*.

- Pada penguujian ini ada beberapa tahapan yaitu :
1. Pertama pasang hybrid shock absorber pada dudukan test rig.
 2. Setting parameter kecepatan dan langkah yang akan digunakan.
 3. Setting dengan menggunakan variasi 4 kecepatan (0.05, 0.12 0.12, 0.15)
 4. Start penguujian.
 5. Hasil berupa nilai-nilai dan kemudian di grafikan.

Pada penguujian ini pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali yaitu penguujian RSA serta penguujian *hybrid shock absorber* pada saat kran terbuka.

Pembahasan Hasil

Hasil penguujian *regenerative shock absorber*

Pada tabel 4.1 dan gambar 5 terdapat 2 tipe koefisien redaman, yaitu hasil dari kompresi dan rebond. Nilai yang diambil adalah rata-rata dari tiap koefisien redaman tersebut baik rebond maupun kompresi. Didapat yaitu nilai rata-rata redaman yang terjadi adalah 1470 Ns/m. Sedangkan pada gambar 6 menunjukkan langkah kerja pada *regenerative shock absorber* yaitu 20mm.

Tabel 4.1 Data yang dihasilkan pada *Regenerative Shock Absorber*

No.	Rebound		Compression	
	Velocity (m/s)	Force (N)	Velocity (m/s)	Force (N)
1	0.050	36	0.05	105
2	0.100	87	0.100	221
3	0.120	106	0.120	238
4	0.150	125	0.150	325

Untuk mendapatkan koefisien redaman pada *regenerative shock absorber* tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yaitu :

$$F = c \times V, \text{ maka didapat}$$

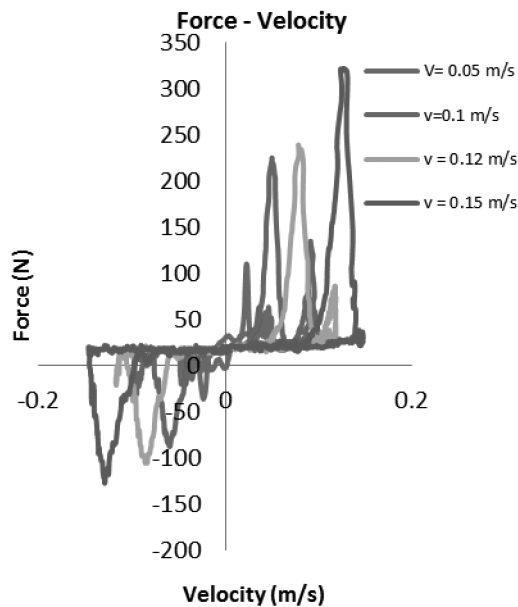
$$C_{\text{crebon total}} = 720 + 870 + 883,33 + 833,33 = 3306,66$$

$$C_{\text{crebon Average}} = 33306,66/4 = 826,67 \text{ Ns/m}$$

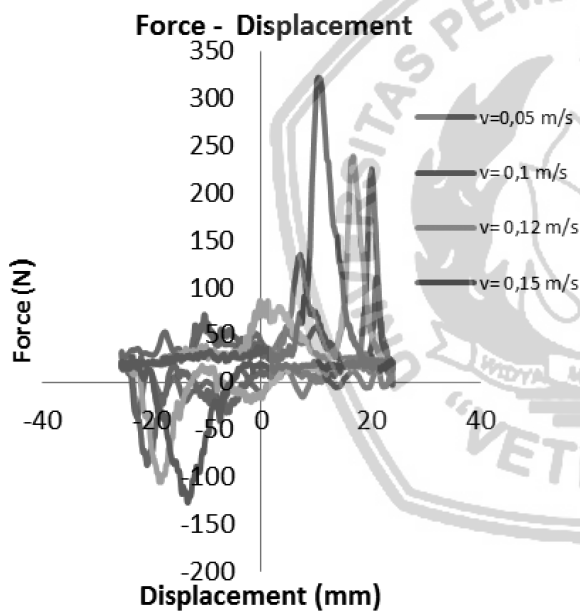
Sedangkan untuk

$$C_{\text{compresi total}} = 2100 + 2210 + 1983,33 + 2166,67 = 8460$$

$$C_{\text{compresi Average}} = 2115 \text{ Ns/m}$$



Gambar 5. Grafik gaya dengan kecepatan pada regenerative shock absorber.



Gambar 6. Grafik gaya dengan displacement pada regenerative shock absorber.

Hasil pengujian hybrid shock absorber

Dari grafik diatas terlihat pada kecepatan 0.15 m/s membutuhkan *compression force* 164 N dan rebound force 238 N. Untuk kecepatan 0.12 m/s membutuhkan *compression force* 163 N dan rebound force 231 N. Untuk kecepatan 0.10 m/s membutuhkan *compression force* 180 N dan rebound force 259 N dan untuk kecepatan 0.05 m/s membutuhkan *compression force* 175 N dan rebound force 146 N.

Tabel 4.2 Data yang dihasilkan pada hybrid shock absorber dengan kran terbuka.

No.	Velocity	Force	
		Rebound	Compression
1	0.05	146	175
2	0.1	259	180
3	0.12	231	163
4	0.15	238	164

Pada tabel 4.2 dan gambar 7, dapat dilihat bahwa terdapat dua buah tipe koefisien redaman, yaitu koefisien redaman akibat *compression force* dan koefisien redaman akibat rebound force. Untuk mencari nilai koefisien redaman maka dipakailah nilai rata – rata dari tiap koefisien redaman (rebound dan compression) yang dilakukan dengan perhitungan menggunakan rumus :

$$F = C_d \times V, \text{ maka didapat}$$

Koefisien redaman akibat rebound force

$$C_d = \frac{146 \text{ N}}{0.05 \text{ m/s}} = 2920 \text{ Ns/m}$$

Koefisien redaman akibat compression force

$$C_d = \frac{175 \text{ N}}{0.05 \text{ m/s}} = 3500 \text{ Ns/m}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$C_{\text{rebound Average}} = \frac{2780+1170+1159.33 + 946.667}{4} = 2255,41667$$

$$C_{\text{compression Average}} = \frac{3500+1800+1359,33+1093,33}{4} = 1937,91667$$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai redaman pada hybrid shock absorber.

V (m/s)	Cd (Ns/m)		
	Rebound	Compression	Rata-rata
0.05	2920	3500	3210
0.1	2590	1800	2195
0.12	1925	1358.33	1641.67
0.15	1586.67	1093.33	1340

Sedangkan pada gambar 8 menunjukkan langkah kerja dari hybrid shock absorber yaitu 10 mm.

4.3 Hasil pengujian tegangan yang terjadi

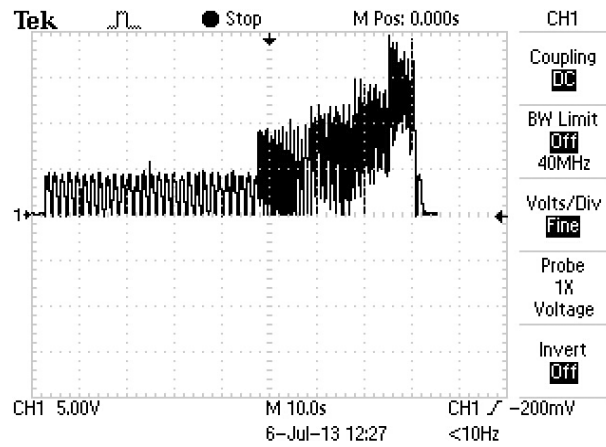
Tegangan yang terjadi pada RSA meningkat

bersamaan meningkatnya kecepatan eksitasi. Pada kecepatan 0.05 m/s tegangan yang terjadi sekitar 5 volt dan terus meningkat sampai max 20 pada kecepatan 0.015m/s. Sehingga rata-rata tegangan yang terjadi adalah 15 volt dan masih berfluktuatif. Hasil pengujian voltase ditunjukkan pada gambar9.

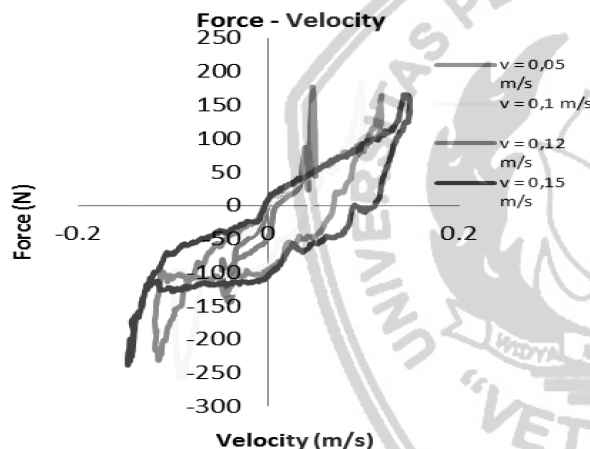
KESIMPULAN

Dari perhitungan didapat nilai redaman *regenerative shock absorber* adalah 1470 Ns/m dan nilai redaman *hybrid shock absorber* adalah 2100 Ns/m. Pada grafik RSA terlihat bahwa grafik menunjukkan fluktuasi, ini dikarenakan oleh gesekan yang terjadi pada gear, sedangkan pada grafik hybrid shock absorber fluktuasi yang terjadi sudah berkurang karena gesekan yang terjadi pada gear diredam oleh *viscous shock absorber* sehingga grafik yang terjadi lebih baik.

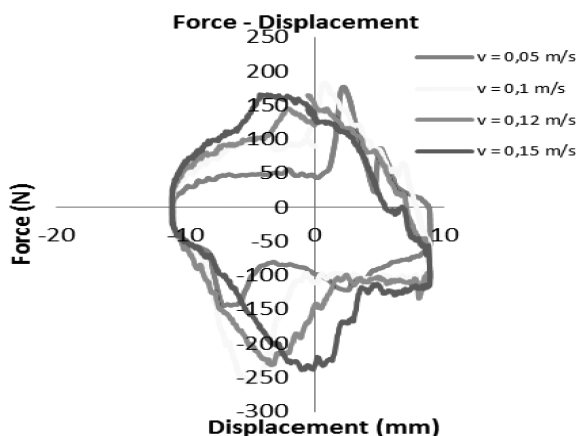
Sedangkan untuk pengujian tegangan besar tegangan yang terjadi pada RSA rata-rata 15 volt dengan max tegangan 20 volt pada kecepatan pengujian 0.15m/s.



Gambar 9. Grafik tegangan yang terjadi pada *regenerative shock absorber*.



Gambar 7. grafik gaya dengan kecepatan *hybrid shock absorber*.



Gambar 8. Grafik gaya dengan *displacment hybrid shock absorber*.

Daftar Pustaka

- De Silva, Clarence W. 1999. *Vibration Fundamentals and Practice*. CRC Press : New York.
- Muslim, Imam. 2012. *Studi Eksperimental Karakteristik Regenerative Shock Absorber (RSA) Model Rotational Jaw dan Pengaruhnya Terhadap Road Grip Mobil Perkotaan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia.
- Pradana, Angga Galih. 2012. *Studi Eksperimental Karakteristik Energi Bangkitan Regenerative Shock Absorber (RSA) Generasi III pada Mobil Toyota Avanza*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia.
- Rao, Singiresu S. 2004. *Mechanical Vibration*. Prentice Hall PTR: Singapore.
- Zuo, Lei dkk. 2010. *Design And Characterization Of An Electromagnetic Energy Harvester For Vehicle Suspension*. New York State University, USA.
- Zuo Lei and Pei-Sheng Zhang. 2012. *Energy Harvesting, Ride Comfort, and Road Handling of Regenerative Vehicle Suspensions*. ASME Journal of Vibrations and Acoustics.