

## DISTRIBUSI *VISCOUS*, *FRICITION* DAN *ELECTRIC DUMPING* PADA *REGENERATIF SHOCK ABSORBER (RSA)* TIPE *HYDRAULIC ELECTRO MECHANIC SHOCK ABSORBER (HEMSA)*

Wanda Afnison<sup>1\*</sup>, Bahrul Amin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

\*e-mail: udawanda10@gmail.com

**Abstrak**— Besar koefisien *viscous*, *friction* dan *electric dumping* sangat berpengaruh terhadap karakteristik dan energy bangkitan yang dihasilkan *shock absorber*. Semakin besar nilai *dumping* koefisien maka secara langsung akan mengurangi energi input mekanisme *harvesting energy*. Pada penelitian ini akan di deskripsikan seberapa besar nilai *dumping* koefisien untuk 3 variabel (*viscous*, *friction* dan *electric*), sehingga kita dapat mengetahui karakteristik dari *Regeneratif Shock Absorber*. Data ini juga dijadikan acuan dalam melakukan pengembangan *Regeneratif Shock Absorber* kedepannya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memasang *shock absorber* pada alat uji suspensi (*Suspension Test Rig*). Pengujian dilakukan 3 tahap dimana masing-masing tahap dilalui akan diperoleh 3 nilai *dumping* koefisien (*viscous*, *friction* dan *electric*). Dari hasil pengujian diperoleh nilai *viscous dumping* sebesar 518 N.s/m (rebound) dan 694 N.s/m (Compression), *friction dumping* sebesar 113 N.s/m (rebound) dan 232 N.s/m (Compression), *electric dumping* sebesar 476 N.s/m (rebound) dan 390 N.s/m (Compression). Sektor *Viscous dumping* memiliki rerata *dumping* koefisien tertinggi sebesar 606 N.s/m dan terendah pada *friction dumping* sebesar 172.5 N.s/m. Besaran *dumping* koefisien masing-masing item dijadikan data acuan dalam pengembangan RSA ke depan.

**Kata Kunci** : *Viscous dumping*, *Friction dumping*, *Electric dumping*

**Abstract**— The number of *viscous coefficient*, *friction* and *dumping electric* are very influenced to the characteristics and regenerative energy which is made of *shock absorber*. The more *dumping coefficient* number will directly minimise the input mechanisms of *harvesting energy*. In this research will be described the number of *dumping coefficient* for 3 variables (*viscous*, *friction*, *electric*), so that we know the characteristics of *regenerative shock absorber*. This data can be used as the reference on development of *regenerative shock absorber*. This reserch used experimental method by putting the *shock absorber* on the *suspension test rig*. There are 3 steps of the test and there will be 3 *dumping coefficient* for each (*viscous*, *friction* and *electric*). From the result of the test, it was obtained that the value of *viscous dumping* is 518 N.s/m and 694 N.s/m (Compression), *friction dumping* is 113 N.s/m (rebound) dan 232 N.s/m (Compression), *electric dumping* is 476 N.s/m (rebound) dan 390 N.s/m (Compression). *Viscous dumping* sector has the highest *coeficient dumping* which is 606 N.s/m and the lowest is on the *friction dumping* which is 172.5 N.s/m. The number of each *dumping coefficient* can be used as reference data to develop RSA in the future.

**Keywords** : *Viscous dumping*, *Friction dumping*, *Electric dumping*

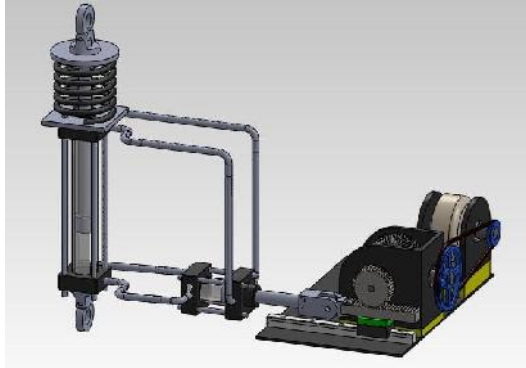
Copyright © 2017 INVOTEK. All rights reserved

### I. PENDAHULUAN

Krisis energy fosil menjadi pemicu bermunculannya penelitian terkait *harvesting energy* dan energy terbarukan. Salah satu mekanisme *harvesting energy* yang sedang banyak digunakan di kendaraan adalah VEH (*Vibration Energy Harvesting*). Pada dasarnya cara kerja VEH adalah dengan memanfaatkan gerak relatif kendaraan terhadap jalan. Gerak relatif ini ditangkap dan dikonversi ke system VEH

sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Pada penelitian ini VEH diaplikasikan dalam RSA (*Regeneratif Shock Absorber*) yaitu *shock absorber* yang mampu menghasilkan energy listrik. Jadi disamping menghasilkan keamanan dan kenyamanan berkendara, *shock absorber* ini juga mampu menghasilkan energi listrik untuk dimanfaatkan bagi keperluan energy mobil. RSA (*Regeneratif Shock Absorber*) yang dibuat masih dalam bentuk prototipe dan dalam masa

pengembangan. Berikut rancangan dari RSA (Regeneratif Shock Absorber):



Gambar 1.1: Desain Prototype RSA tipe Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber (HEMSA)

Penelitian ini akan membahas RSA yang menggunakan silinder hidrolis dengan perbandingan diameter 30:40. Selang yang digunakan double port, 2 kompresi dan 2 rebound. Gerak translasi aktuator digunakan untuk menggerakkan silinder hidrolis 1. Gerakan silinder hidrolis 1 menjadi menjadi input bagi silinder hidrolis 2, gearbox dan generator. Output generator kemudian disalurkan ke lampu sebagai beban. Pada RSA (Regeneratif Shock Absorber) terdapat 3 jenis dumper yaitu viscous dumping yang dihasilkan sistem hydraulic, friction dumping yang dihasilkan oleh mekanisme roda gigi dan electric dumping yang dihasilkan oleh generator. Besaran nilai dumping yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap karakteristik dan energi bangkitan yang dihasilkan. Pada jurnal ini akan dideskripsikan besaran dumping yang dihasilkan dari masing-masing aspek.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Getaran Harmonik

Salah satu contoh gerak harmonik sederhana adalah gerakan pegas dalam posisi vertikal yang diujungnya diberi beban  $m$  dimana gaya gesek dengan udara diabaikan. Ketika pegas tidak mendapatkan gaya maka benda  $m$  berada di titik  $y = 0$ , yang disebut sebagai titik kesetimbangan sistem. Ketika pegas diberikan gaya dengan ditarik maka pada pegas akan timbul gaya pemulih (*restoring force*)  $F_x$  yang besarnya berbanding lurus dengan simpangan  $y$  dan berlawanan arah dengan arah gaya pada pegas. Jika dituliskan dalam bentuk matematis :

$$F_x = -ky$$

Persamaan di atas sebagai persamaan pegas dan merupakan hukum Hooke dimana  $k$  adalah konstanta pegas dan  $y$  adalah simpangan. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya pemulih  $F_x$  mempunyai arah berlawanan dengan simpangan  $y$ . Ketika pegas di tarik ke bawah maka  $y$  bernilai positif, tetapi arah  $F_x$  ke atas (berlawanan arah dengan simpangan  $y$ ) sehingga gaya  $F_x$  selalu bekerja berlawanan arah dengan arah simpangan  $y$ . Konstanta pegas  $k$  berkaitan dengan elastisitas sebuah pegas. Semakin besar konstanta pegas, semakin besar gaya yang diperlukan untuk menekan atau meregangkan pegas. Semakin kecil konstanta pegas, semakin kecil gaya yang diperlukan untuk meregangkan pegas.

Jika ditinjau dengan hukum kedua Newton :

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + ky = 0$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m}y = 0$$

Jika  $k/m = \omega^2$  maka:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2y = 0$$

Dalam bentuk lain menjadi:

$$D^2y + \omega^2y = 0$$

$$(D^2 + \omega^2)y = 0$$

Solusi umum dari persamaan diferensial orde dua di atas adalah

$$y = A \sin(\omega t + \phi)$$

Jika persamaan tersebut diturunkan terhadap waktu diperoleh persamaan kecepatan dari benda dan jika diturunkan lagi maka akan diperoleh persamaan percepatan dari benda.

$$\frac{dy}{dt} = \omega A \cos(\omega t + \phi)$$

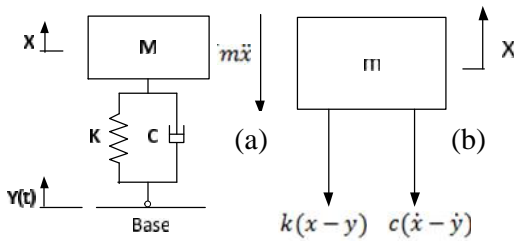
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2x = 0$$

Frekuensi  $f$  dan perioda  $T$  dari sistem pegas (Frieck, 1995) adalah :

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



Gambar 2. 1 Motion Base  
(a) Sistem fisik *base excitation* (b) *Free body diagram* untuk sistem *base excitation*

Eksitasi input  $y(t)$  menyatakan perpindahan dari *base*, dan  $x(t)$  menyatakan perpindahan massa dari posisi kesetimbangan statis pada waktu  $t$ . Maka perpanjangan dari pegas adalah  $(x - y)$  dan kecepatan relatif antara kedua ujung damper adalah  $(\dot{x} - \dot{y})$ . Dari *free body diagram* yang ditunjukkan pada gambar 2.7(b), didapatkan persamaan gerak:

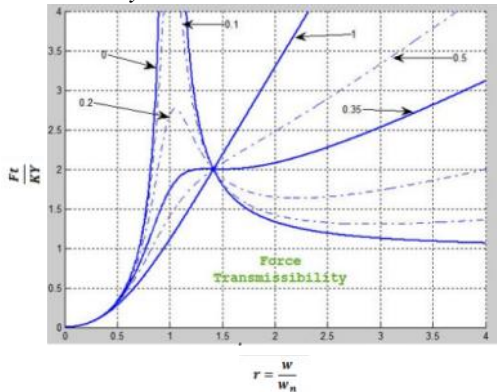
$$F = k(x - y) + c(\dot{x} - \dot{y}) = -m\ddot{x}$$

$$F = m\omega^2 X \sin(\omega t - \phi) = F_t \sin(\omega t - \phi)$$

Dimana  $F_t$  merupakan nilai amplitudo tertinggi yang diberikan ke base, sehingga rasio gaya transmissibility nya (Rao, 2011) sebagai berikut :

$$\frac{F_t}{KY} = r^2 \left[ \frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

Berikut ini adalah grafik *force transmissibility*:



Gambar 2. 2 Grafik *Force Transmissibility* vs *Frequency Ratio*

**B. Konstanta Redaman**

Pada suatu sistem dengan satu derajat kebebasan terdapat tiga parameter, yaitu massa ( $m$ ), konstanta pegas ( $k$ ) dan konstanta redaman ( $c$ ). Nilai konstanta Redaman sistem dapat dicari dengan menggunakan persamaan gerak berikut ini:

$$Fd = c \dot{x}$$

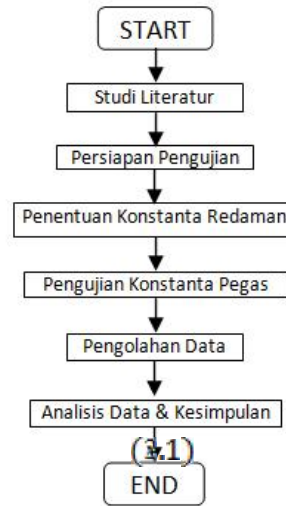
Keterangan :

- $F_d$  : *Damping force* (N)
- $\dot{x}$  : Kecepatan eksitasi (m/s)
- $c$  : Konstanta redaman

**III. METODE**

**A. Diagram Alir Penelitian**

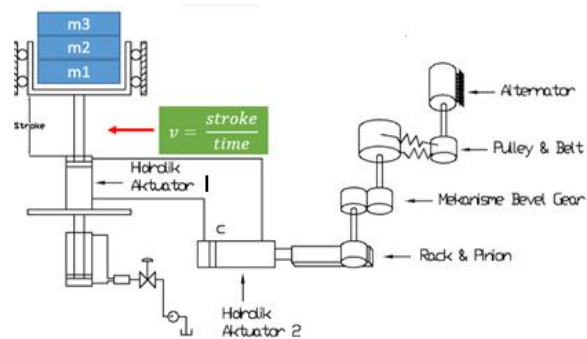
Proses pengujian HEMSA dapat dilihat pada flowchart berikut:



Gambar 3.1 Flowchart mekanisme pengujian HEMSA

**B. Penentuan Konstanta Redaman Hydraulic Electro Mechanical Shock Absorber**

Uji statis dengan metode pembebanan dilakukan untuk mengetahui nilai dari konstanta redaman HEMSA. Pada HEMSA ada beberapa nilai konstanta redaman yang dapat diperoleh: konstanta redaman hidrolis, elektrik, mekanik dan terakhir nilai konstanta redaman seluruh system HEMSA dengan pemasangan external load (lampu).

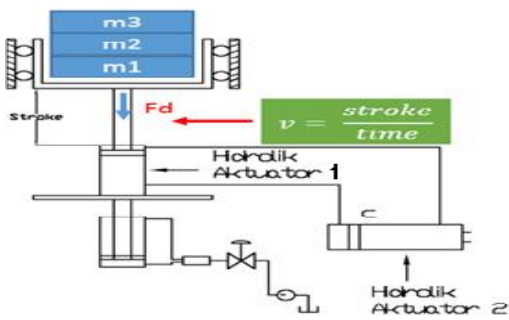


Gambar 3.2 Skema Uji Statis

Proses pengujian dilakukan dengan memasang HEMSA pada suspension test rig seperti gambar diatas. Hidrolik actuator 1 diposisikan pada TMA (titik mati atas) dan catat jarak langkah (stroke) hidrolik actuator 1 sebelum mencapai TMB (titik mati bawah). Dengan melakukan variasi penambahan beban  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  maka didapatkan kecepatan turun massa sprung. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi redaman masing-masing sistem pada HEMSA diantaranya redaman hidrolik, elektrik, mekanik. Besarnya nilai redaman dari sistem diperlukan sebagai acuan dalam melihat karakteristik HEMSA.

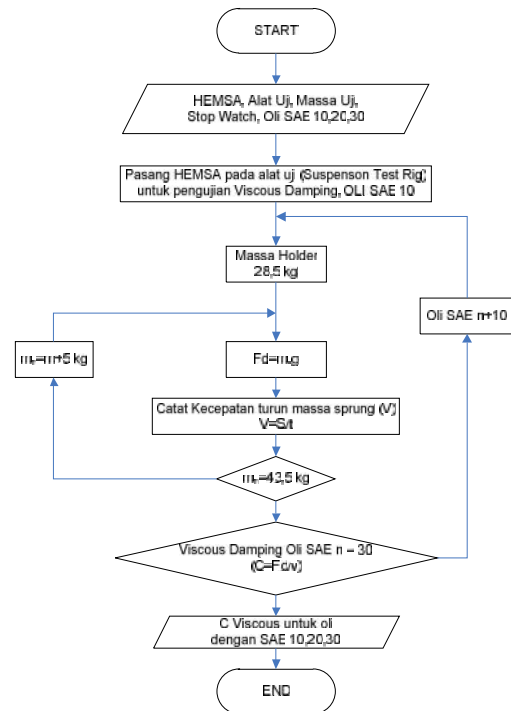
1. Mekanisme penentuan konstanta redaman viscous damping.

Nilai viscous damping diperoleh dengan memasangkan hidrolik actuator 1 dan 2 pada suspension test rig sesuai gambar dibawah. Untuk pengujian viscous damping hanya menggunakan dua buah hidrolik actuator sedangkan perangkat lain seperti mekanisme roda gigi dan generator dilepas sementara.



Gambar 3.1 Skema pengujian viscous damping.

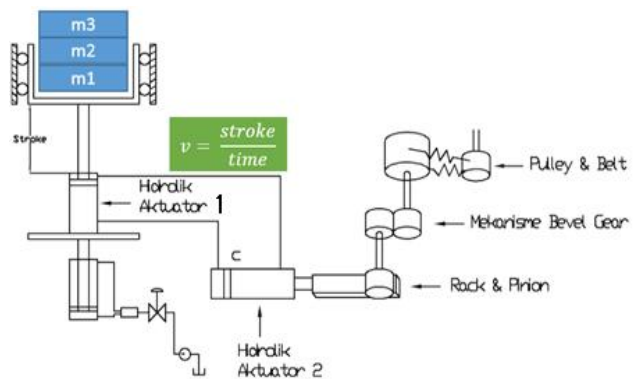
Pada Flowchar berikut dapat dilihat penentuan konstanta redaman viscous damping:



Gambar 3.2 Flowchart penentuan konstanta redaman viscous damping.

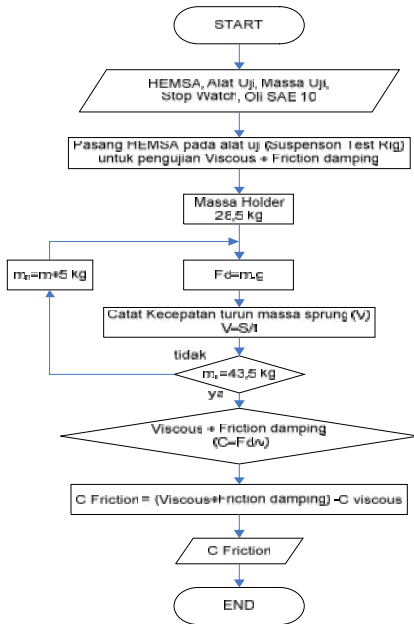
2. Mekanisme penentuan konstanta redaman viscous + friction damping.

Untuk mendapatkan nilai dari friction damping terlebih dahulu maka harus dipasangkan mekanisme roda gigi yang terhubung dengan tabung hidrolik 2. Nilai friction damping  $C_{friction} = C_{viscous+friction} - C_{viscous}$ .



Gambar 3.3 Skema pengujian viscous + friction damping.

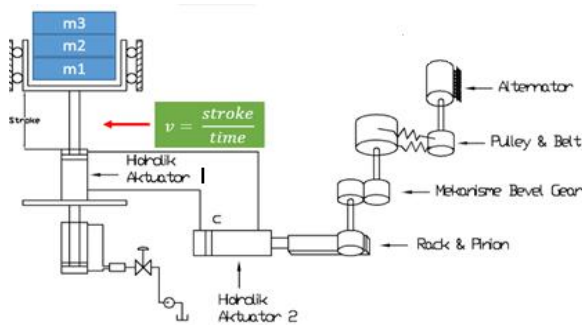
Berikut *flowchart* penentuan konstanta redaman *viscous + friction damping*:



Gambar 3.4 *Flowchart* penentuan konstanta redaman *viscous + friction damping*.

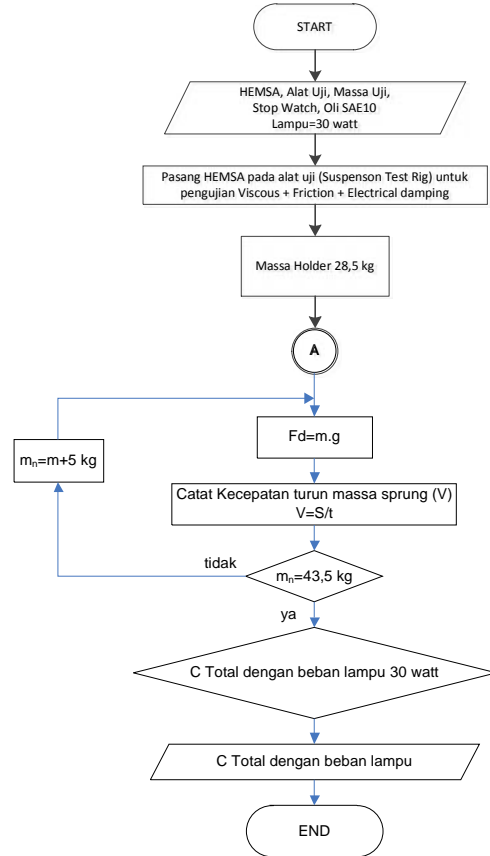
3. Mekanisme penentuan konstanta redaman *viscous + friction + electric damping* dengan pembebanan lampu.

Beban lampu yang digunakan adalah sebesar 30 watt. Nilai konstanta redaman dengan pembebanan lampu ini diperoleh dengan memasang lampu pada system yang sudah dirakit sebelumnya (hydraulic system, mechanical system dan electrical system). Pemasangan lebih detail dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.5 Skema pengujian konstanta redaman *viscous + friction + electric damping* dengan pembebanan lampu

Berikut *flowchart* penentuan konstanta redaman *viscous + friction + electric damping* dengan pembebanan lampu.

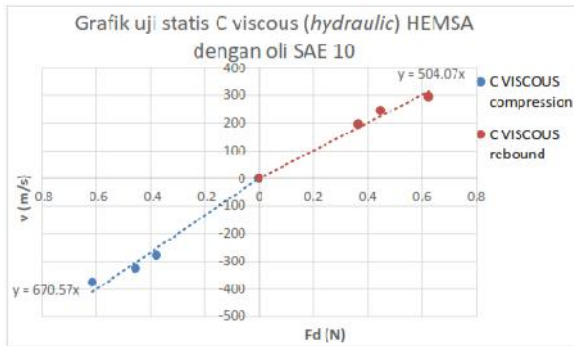


Gambar 3.6 *Flowchart* penentuan konstanta redaman *viscous + friction + electric damping* dengan pembebanan lampu

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan nilai *viscous damping*

Pengujian *viscous damping* dilakukan untuk mengetahui nilai konstanta redaman yang disebabkan silinder *Hydraulic* pada HEMSA. Selain berfungsi sebagai peredam, silinder hydraulic juga berfungsi sebagai transfer gaya eksitasi yang diberikan actuator untuk dilanjutkan ke mekanisme *gearbox* dan setelahnya diteruskan ke system electric (generator). Nilai konstanta redaman yang dihasilkan *system hydraulic* saat *compression* dan *rebound* diperoleh dengan persamaan  $F_d = C.v$ . Berikut adalah grafik hasil pengujian gaya redaman *viscous damping* yang dilakukan saat *compression* dan *rebound*:



Gambar 3.9. Grafik uji redaman viscous damping

Dari grafik diatas dapat kita lihat nilai konstanta redaman saat *compression* adalah 694 Ns/m dan pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 518 Ns/m. Pada kondisi ini diperoleh nilai rata-rata redaman pada system hydraulic (*compression* dan *rebound* ) yaitu sebesar 606 Ns/m.

#### 4.2 Penentuan Nilai Friction Dumping.

Nilai *friction damping* diperoleh dengan melakukan pengujian dimana HEMSA sudah terpasang mekanisme gear box (tanpa pulley ke generator). Nilai redaman yang diperoleh kemudian dikurangi dengan nilai *viscous damping* yang sudah diperoleh sebelumnya Berikut data yang diperoleh dari proses pengujian *friction damping (Compression)*:

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS+FRICITION)								
Massa (kg)	Massa + holder (N)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	V (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2 (Ns/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.02	-0.32	-0.3137	-0.303	890	922
0	28.45	-279.095	1.1	-0.32	-0.2909		959	
0	28.45	-279.095	1.05	-0.32	-0.3047		916	
5	33.45	-328.145	0.97	-0.32	-0.3299	-0.331	995	991
5	33.45	-328.145	0.95	-0.32	-0.3368		974	
5	33.45	-328.145	0.98	-0.32	-0.3265		1005	
10	38.45	-377.195	0.75	-0.32	-0.4266	-0.435	884	864
10	38.45	-377.195	0.73	-0.32	-0.4383		860	
10	38.45	-377.195	0.72	-0.32	-0.4444		849	
Rata-rata								925

#### Data untuk kondisi Rebound

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS+FRICITION)								
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2 (Ns/m)	
0	0	0	0	0	0	0	0	
25	245.250	0.91	0.32	0.35165	0.35538	697	690	
25	245.250	0.89	0.32	0.35955		682		
25	245.250	0.9	0.32	0.35536		690		
30	294.300	0.67	0.32	0.47761	0.50073	616	589	
30	294.300	0.61	0.32	0.52459		561		
30	294.300	0.64	0.32	0.50000		589		
35	343.350	0.6	0.32	0.53333	0.55922	644	615	
35	343.350	0.54	0.32	0.59259		579		
35	343.350	0.58	0.32	0.55172		622		
Rata-rata								631

Dari tabel diatas dapat diperoleh nilai *friction damping* dengan cara hasil pengujian (VISCOUS+FRICITION) dikurangi nilai *viscous*

*damping* yang sudah diperoleh sebelumnya

Nilai akhir inilah yang disebut dengan nilai final *friction damping*. Lebih detailnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Komponen HEMSA	C rebound (N.s/m)	C compression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous+Friction damping	631	926	778.5
Viscous damping	518	694	606
Nilai Final Friction damping			172.5

#### 4.3 Penentuan Nilai Electric Dumping

Pada kondisi ini nilai *electric damping* sudah dalam keadaan terpasang beban lampu 30 watt. Berikut data pengujian dari *electric damping*:

Konstanta Redaman *Electric damping (Compression)*:

UJI KONSTANTA REDAMAN TOTAL + BEBAN LAMPU 30 WATT								
Massa (kg)	Massa + holder (N)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	V (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2 (Ns/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.46	-0.32	-0.21918	-0.220	1273	1270
0	28.45	-279.095	1.47	-0.32	-0.22535		1238	
0	28.45	-279.095	1.49	-0.32	-0.21477		1300	
5	33.45	-328.145	1.32	-0.32	-0.24242	-0.247	1354	1330
5	33.45	-328.145	1.29	-0.32	-0.24806		1323	
5	33.45	-328.145	1.28	-0.32	-0.25000		1313	
10	38.45	-377.195	1.1	-0.32	-0.29091	-0.280	1297	1348
10	38.45	-377.195	1.15	-0.32	-0.27826		1355	
10	38.45	-377.195	1.18	-0.32	-0.27119		1391	
Rata-rata								1316

Konstanta Redaman *Electric damping (Rebound)*

UJI KONSTANTA REDAMAN TOTAL + BEBAN LAMPU 20 WATT								
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	V (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2 (Ns/m)	
0	0	0	0	0	0	0	0	
30	294.300	1.29	0.32	0.24806	0.25133	1186	1171	
30	294.300	1.27	0.32	0.25157		1158		
30	294.300	1.26	0.32	0.25337		1159		
35	343.350	1.09	0.32	0.29358	0.29818	1170	1152	
35	343.350	1.07	0.32	0.29907		1148		
35	343.350	1.06	0.32	0.30189		1137		
40	392.400	0.83	0.32	0.38554	0.39362	1018	997	
40	392.400	0.82	0.32	0.39024		1006		
40	392.400	0.79	0.32	0.40506		969		
Rata-rata								1107

Dari tabel diatas dapat diperoleh nilai *electric damping* dengan cara hasil pengujian (Uji Konstanta Redaman Total + Beban Lampu 30 Watt) dikurangi nilai (*Viscous +Friction damping*) yang sudah diperoleh sebelumnya. Nilai akhir inilah yang disebut dengan nilai final *friction damping*. Lebih detailnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Komponen HEMSA	C rebound (N.s/m)	C compression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Uji Konstanta Redaman Total + Beban Lampu 30 Watt	1107	1316	1211.5
Viscous + Friction damping	631	926	778.5
Nilai Final Electric damping			431

#### 4.4 Total distribusi redaman

Untuk melihat distribusi nilai redaman (*Viscous*, *Friction* dan *Electric damping*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Komponen HEMSA	Jenis Redaman		
	Rebound (N.s/m)	Compre s (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	518	694	606
Friction damping	113	232	172.5
Electric damping	476	390	433
Total damping coef	1107	1316	1211.5

Komponen HEMSA	Kondisi Uji		
	Rebound (N.s/m)	Compres (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	518	694	606
Friction damping	113	232	172.5
Electric damping	476	390	433
Total damping coefficient	1107	1316	1211.5

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diperoleh nilai *viscous dumping* sebesar 518 N.s/m (rebound) dan 694 N.s/m (Compression), *friction dumping* sebesar 113 N.s/m (rebound) dan 232 N.s/m (Compression), *electric dumping* sebesar 476 N.s/m (rebound) dan 390 N.s/m (Compression). Sektor *Viscous dumping* memiliki rerata *dumping* koefisien tertinggi sebesar 606 N.s/m dan terendah pada *friction dumping* sebesar 172.5 N.s/m. Besaran *dumping* koefisien masing-masing item dijadikan data acuan dalam pengembangan RSA kedepan.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Anderson, Peter. "Global Energy Consumption Due to Friction in Passenger Cars". VTT Technical Research Centre of Finland, Finland. (2011).

- [2] Li Chuan, dkk. "Integration of shock absorption and energy harvesting using a hydraulic rectifier". University of Ottawa, Canada. (2013)
- [3] Samantaray, A.K. "Analysis of preloaded liquid spring/damper shock absorbers". Indian Institute of Technology, India. (2007)
- [4] Kwon, Chen. "Vehicle Tube Hydraulic Shock Absorber". Zhejiang University, China. (2011).
- [5] Sobendan Estia research. "Modeling of An Electromechanical Energy Harvesting System Integrated In Car Dampers", France. (2011)
- [6] Bou, Liu. "Vibratory Energy-Recycling Hydraulic Damping System". JiuJiang University, China. (2010).
- [7] Putranto, Adityo. "Studi Eksperimen Karakteristik Getaran dan Energi Bangkitan hydraulic electro mechanic shock absorber double port Dengan Rasio Cylinder 40:30 Akibat Variasi Pembebanan Listrik. Tugas Akhir", Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. (2014).
- [8] Ardiansyah Putra, Ilham. "Studi Eksperimen Karakteristik Getaran Dan Energi Listrik Bangkitan Dari Hidraulik-Mekanik-Elektro Magnetic Shock Absorber Akibat Variasi Pembebanan", Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. (2014).
- [9] Choifin, Muhammad. "Studi Eksperimen Karakteristik Getaran Dan Energi Listrik Bangkitan Dari Hidraulik-Mekanik-Elektro Magnetic Shock Absorber Akibat Variasi Pembebanan Listrik". Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. (2014).
- [10] Tri Handrianto, Dodi. "Studi Eksperimen Karakteristik Gaya Redaman dan Energi Bangkitan Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber Dua Selang compression Satu Rebound Dengan Pembebanan Akumulator", Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. (2014).

## Biodata Penulis

**Wanda Afnison, S.Pd, M.T,** Dosen Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

**Drs. Bahrul Amin, S.T., M.Pd.,** Dosen Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

