



TUGAS AKHIR (*DESAIN*) - TM091486

**STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK SUSPENSI DAN  
ENERGI BANGKITAN HYDRAULIC ELECTRO MECHANIC  
SHOCK ABSORBER DUA SELANG COMPRESSION SATU  
REBOUND DENGAN PEMBEBANAN VARIASI LISTRIK**

AMELYA PUTRI  
NRP. 2111106011

Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. HARUS LAKSANA GUNTUR, ST., M. Eng.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



FINAL PROJECT (*Design*) - TM091486

**EXPERIMENTAL STUDY OF SUSPENSION  
CHARACTERISTICS AND ENERGY RECOVERY HYDRAULIC  
ELECTRO MECHANIC SHOCK ABSORBER TWO  
COMPRESSION HOSE ONE REBOUND WITH ELECTRIC  
VARIATION LOAD**

AMELYA PUTRI  
NRP. 2111 106 011

Academic Supervisor  
Dr. Eng. HARUS LAKSANA GUNTUR, ST., M. Eng.

BACHELOR PROGRAM  
DYNAMICS SYSTEM AND VIBRATION LABORATORY  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

**Studi Eksperimen Karakteristik Suspensi dan Energi  
Bangkitan *Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber* Dua  
Selang *Compression* Satu *Rebound* dengan Pembebanan  
Variasi Listrik**

Nama Mahasiswa : Amelya Putri  
NRP : 2111 106 011  
Jurusan : Teknik Mesin FTI – ITS  
Dosen Pembimbing : Dr.Eng. Harus Laksana Guntur, ST, M.Eng.

**ABSTRAK**

Menurut penelitian Center for Energy, Transportation, and the Environment (CETE), kendaraan bermotor hanya menyalurkan 10-16% dari tenaga bahan bakar yang digunakan, sisanya hanya terbuang begitu saja. Padahal kebutuhan energy listrik pada kendaraan banyak dibutuhkan untuk mendukung peralatan-peralatan yang ada di mobil. Fenomena ini mendorong peneliti untuk membuat alat yang bisa meningkatkan efisiensi dengan memanfaatkan energy yang terbuang pada kendaraan. Caranya adalah dengan memanfaatkan energy terdisipasi pada suspense kendaraan melalui konsep regenerative shock absorber (RSA).

Dalam tugas akhir ini kami akan menguji karakteristik energi bangkitan dari model RSA akibat eksitasi impuls dan harmonik pada tingkat frekuensi dan amplitudo tertentu untuk mengetahui karakteristik dari Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber (HEMSA) selang *compression* dan satu selang *rebound*. Alat yang digunakan untuk pengukuran energy bangkitan yaitu *suspension test rig*. Mekanisme yang akan digunakan adalah dengan memasang RSA ini pada alat tersebut yang kemudian akan diberikan massa uji  $\frac{1}{4}$  kendaraan

Dari penelitian ini didapatkan nilai konstanta redaman HEMSA tanpa pembebanan sebesar 3887.5 Ns/m, sedangkan nilai konstanta redaman HEMSA pembebanan listrik 250 ohm, 125 ohm, dan 83 ohm berturut – turut sebesar 4860 Ns/m, 5204.5

Ns/m dan 5614 Ns/m . Energi bangkitan HEMSA pembebanan listrik 250 ohm, 125 ohm, 83 ohm berturut – turut adalah ketika frekuensi 1,4 Hz yaitu sebesar 0.25 Watt, 0.27 Watt dan 0.24 Watt ketika frekuensi 1,7 Hz ialah 0.29 Watt, 0.37 Watt , dan 0.40 Watt dan ketika frekuensi 2 Hz sebesar 0.62Watt, 0.67 Watt dan 0.37 Watt.

Kata kunci : HEMSA, Suspensi, Energy Recovery, Kendaraan, Pengujian Eksperimental Karakteristik Redaman

***Experimental Study of Suspension Characteristics and  
Energy Recovery Hydraulic Electro Mechanic Shock  
Absorber Two Compression Hose One Rebound with  
Electric Variation Load***

*Name : Amelya Putri  
NRP : 2111 106 011  
Major : Mechanical Engineering  
Supervisor : Dr.Eng. Harus Laksana Guntur, ST., M.Eng.*

**ABSTRACT**

*According to research by the Center for Energy, Transportation, and the Environment (CETE), the motor vehicle only distribute 10-16% of the fuel energy is used, the residual just thrown away. Even to the requirement electric energy for vehicle much needed to support mechanisme in the car. One way to improve efficiency is to utilize the wasted energy, one of which is to utilize the energy in the suspension Regenerative shock absorber (RSA).*

*In the final project will be study analyzing the effect of impuls excitation and periodic excitation at the level frequency levels and amplitude were varied to know characteristic Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber (HEMSA) Two Compression Hose One Rebound with electric variation load. Tool which use to measurement of energy recovery is done by using a quarter car suspension test rig. The mechanism that will be used to instal RSA is on the tools which will be given a test mass.*

*From this study it was found the value of the damping constant HEMSA without load as big as 3887.5 Ns/m, while*

*damping constant HEMSA with electric load 250 ohm, 125 ohm, 83 ohm, respectively for 4860 Ns/m, 5204.5 Ns/m, and 5614 Ns/m. Energy recovery of HEMSA with load electrical 250 ohm, 125 ohm, 83 ohm, respectively, when the frequency of 1.4Hz is equal to 0.25 Watts, 0.27 Watts and 0.24 Watts, while the frequency 1.7Hz is equal to 0.29 Watts, 0.37 Watts, and 0.40 Watts, and when the frequency of 2Hz at 0.62Watts, 0.67 Watts and 0.37 Watts.*

*Keywords: Energy recovery, HydraulicElectro Mechanic Shock Absorber (HEMSA), suspension, vehicle testing.*

**STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK SUSPENSI  
DAN ENERGI BANGKITAN PADA HEMSA  
(HYDRAULIC ELECTRO MECHANIC SHOCK  
ABSORBER) DUA SELANG COMPRESSION SATU  
SELANG REBOUND DENGAN VARIASI  
PEMBEBANAN LISTRIK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Desain  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh**

**AMELYA PUTRI  
NRP. 2111 106 011**

**Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

**1. Dr.Eng. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng**

**NIP. 197505111999031001**

.....  
**(Pembimbing I)**

**2. Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T**

**NIP. 197004121997032003**

.....  
**(Penguji I)**

**3. Dr.Eng. Unggul Wasiwitono, S.T., M.Eng.Sc**

**NIP. 197805102001121001**

.....  
**(Penguji II)**

**SURABAYA,  
JULI 2014**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah 'Azza wa Jalla atas segala ridho, karunia serta hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ Studi Eksperimen Karakteristik Suspensi dan Energi Bangkitan *Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber* Dua Selang *Compresion* Satu *Rebound* dengan Pembebanan Variasi Listrik”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Eng. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang tidak henti-hentinya memberikan arahan, dukungan dan ilmu yang tak ternilai harganya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dosen Penguji : Dr.Wiwiek Hendrowati, ST.M.T dan Dr.Eng Unggul Wiasiwitono, S.T., M.Eng.Sc. atas segala masukan dan saran yang diberikan.
3. Bapak Ibu dosen dan karyawan, terimakasih atas pengetahuan yang diberikan.
4. Ibu dan Bapak yang selalu mendidik saya dengan kasih sayangnya.
5. Mas Haierul, dek Anita, dan mas Ari yang selalu menemani dan memberi semangat kepada penulis untuk hingga saat ini.
6. Teman-teman LJ Teknik Mesin ITS khususnya Angkatan Genap 2011
7. Teman-teman Lab Desain Vibrasi (Alfin, Dito, Totong, Wegig, Mas kaspul, dkk) yang turut membantu dalam lancarnya penyelesaian tugas akhir ini.
8. Dodi, Ilham dan Rendra sebagai partner dalam tugas akhir ini.



Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis.

## DAFTAR ISI

<b>PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Terdahulu	7
2.1.1 <i>Regenerative Shock Absorber</i> oleh Massachutes Institute of Technology	7
2.1.2 <i>Electromagnetic Suspension</i> Bart L.J.Gysen	9
2.1.3 <i>Hydraulic Electromagnetic Energy-Regenerative Shock         Absorber</i> oleh Zhigang Fang dkk	9
2.1.4 Perkembangan <i>Regenerative shock Absorber</i> oleh Mahasiawa ITS	10
2.2 Mekanika Getaran	11
2.2.1 Sistem Harmonik	12
2.2.2 Konstanta redaman	16
2.2.3 Motion base	12
2.3 Pengaruh Percepatan Kendaraan Terhadap Manusia	18
2.4 Alternator Sebagai Generator	19
2.4.1 Prinsip Kerja Motor dan Generator	19

2.5 Hukum Kontinuitas	21
2.6 Hukum Bernouli	23
2.7 Hukum Pascal	24
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	25
3.1.1 Studi Literatur	26
3.1.2 Survey alat uji	26
3.1.3 Perhitungan Gaya Redaman <i>Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber</i>	26
3.1.4 Pengujian Koefisien Spring (pegas)	35
3.1.5 Persiapan Pengujian Mekanisme HEMSA dengan Menggunakan Suspension Test Rig	37
3.1.5.1 Pengujian Respon Massa dan Energi Bangkitan HEMSA akibat Eksitasi Impulsif	38
3.1.5.2 Pengujian Respon Massa dan Energi Bangkitan HEMSA akibat Ekstasi Periodik	40
3.2 Peralatan yang digunakan	37
3.2.1 HEMSA ( <i>Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber</i> )	43
3.2.2 Suspension Rig	44
3.2.3 Oscilloscope	44
3.2.5 Lampu	45
3.2.6 Jangka Sorong	46
3.2.7 Stopwatch	46
3.2.8 Akselerometer	46
3.2.9 Multimeter	47
3.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian	47
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN</b>	
4.1 Perhitungan Konstanta Pegas	49
4.1.1 Prinsip kerja	49
4.1.2 Hasil Pengujian nilai K (Konstanta pegas)	50
4.2 Perhitungan Nilai Konstanta Redaman	53
4.2.1 Pengujian Nilai Redaman HEMSA Tanpa Menggunakan Beban	54

4.2.1.1 Uji Redaman <i>Viscous</i>	54
4.2.1.2 Nilai Redaman <i>Hydraulic</i> dan <i>Mechanic</i> ( <i>Viscous+gear transmission damping</i> )	56
4.2.1.3 Nilai Redaman Total HEMSA ( <i>Viscous+gear transmission damping + electric damping</i> )	58
4.2.1.3 Distribusi Redaman Total tanpa Beban	60
4.2.2 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan Lampu	61
4.2.3 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan Lampu sebagai Resistor 250 ohm	62
4.2.4 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan Lampu sebagai Resistor 125 ohm	64
4.2.5 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan Lampu sebagai Resistor 83 ohm	64
4.2.6 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA	68
4.3 Pengujian Karakteristik Suspensi HEMSA	70
4.3.1 Pengujian Responn Massa pada HEMSA dengan Eksitasi Impuls dan Periodik	71
4.3.1.1 Eksitasi Impuls	71
4.3.1.2 Eksitasi Periodik	73
4.3.2 Pengujian Energi Bangkitan pada HEMSA dengan Eksitasi Periodik	80
4.3.3 Performa <i>Hydraulic Electri Mechanic Shock Absorber</i>	80
4.3.3.1 Standar Kenyaman Penumpang pada Frekuensi 87 1,4 Hz dengan Pembebanan Listrik	87
4.3.3.2 Standar Kenyaman Penumpang pada Frekuensi 88 1,4 Hz dengan Pembebanan Listrik	88
4.3.3.3 Standar Kenyaman Penumpang pada Frekuensi 89 1,4 Hz dengan Pembebanan Listrik	89

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pengujian kostanta pegas	50
Tabel 4.2	Konstanta Redaman Viscous (Compression)	54
Tabel 4.3	Konstanta Redaman Viscous (Rebound)	55
Tabel 4.4	Konstanta Redaman Viscous + gear (Compression)	57
Tabel 4.5	Konstanta Redaman Viscous + gear (Rebound)	57
Tabel 4.6	Konstanta Redaman Viscous + gear + transmission+electric (Compression)	59
Tabel 4.7	Konstanta Redaman Viscous + gear + transmission+electric (Rebound)	59
Tabel 4.8	Distribusi Nilai Redaman HEMSA	60
Tabel 4.9	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 250 ohm (Compression)	62
Tabel 4.10	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 250 ohm (Rebound)	63
Tabel 4.11	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 125 ohm (Compression)	64
Tabel 4.12	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 125ohm (Rebound)	65
Tabel 4.13	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 83 ohm (Compression)	66
Tabel 4.14	Konstanta Redaman HEMSA dengan Pembebanan 125ohm (Rebound)	67
Tabel 4.15	Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 250 ohm	68
Tabel 4.16	Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 125 ohm	68
Tabel 4.17	Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 83ohm	69
Tabel 4.18	Pengujian Energi Bangkitan [ada HEMSA dengan Eksitasi Periodik	79
Tabel 4.19	Effisiensi HEMSA pada saat pembebanan 250 ohm	81
Tabel 4.20	Effisiensi HEMSA pada saat pembebanan 125 ohm	81
Tabel 4.21	Effisiensi HEMSA pada saat pembebanan 83 ohm	81

Tabel 4.22	Perfoma HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 250 ohm	84
Tabel 4.23	Perfoma HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 125 ohm	84
Tabel 4.24	Perfoma HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 83 ohm	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Regenerative shock absorber dengan prinsip Hydraulic	7
Gambar 2.2	Grafik potensi energi yang dapat dipanen pada kendaraan <sup>[3]</sup>	8
Gambar 2.3	Elektromagnetik Suspension oleh Bart L.J.Gysen	9
Gambar 2.4	Hydraulic electromagnetic shock absorber oleh Zhigang Fang dkk <sup>[11]</sup>	10
Gambar 2.5	FRSA VERS VI dengan pegas(spring) <sup>[10]</sup>	11
Gambar 2.5	pegas masa dan diagram benda bebas <sup>[12]</sup>	12
Gambar 2.6	Getaran paksa dengan peredam <sup>[12]</sup>	12
Gambar 2.7	Rekaman gerak harmonic <sup>[12]</sup>	13
Gambar 2.8	Sistem dengan satu derajat kebebasan berperedam <sup>[5]</sup>	15
Gambar 2.9	Hasil eksperimen dari respon sistem teredam <sup>[12]</sup>	15
Gambar 2.10	Eksitasi pada Base <sup>[5]</sup>	16
Gambar 2.11	Transmissibility dan ratio frekuensi <sup>[5]</sup>	17
Gambar 2.12	Grafik pengaruh gaya redaman terhadap perpindahan dan kecepatan <sup>[12]</sup>	18
Gambar 2.13	Grafik kenyamanan penumpang berdasarkan ISO 6231	19
Gambar 2.14	Kontruksi generator AC <sup>[14]</sup>	19
Gambar 2.15	Kaedah Flamming Tangan Kiri <sup>[14]</sup>	20
Gambar 2.1	Aliran dalam bejana	21
Gambar 2.2	Penerapan gambar hukum bernouli pada penampang	23
Gambar 2.3	Prinsip Hukum Pasca	24
Gambar 3.4	Flowchart diagram penelitian	25
Gambar 3.5	skema pengujian nilai redaman viscous	27
Gambar 3.6	Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping	28
Gambar 3.7	Skematik penentuan nilai redaman friction damping	29
Gambar 3.8	Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping	30



Gambar 3.9	Skematik penentuan nilai redaman electrical damping tanpa beban	31
Gambar 3.10	Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping tanpa beban	33
Gambar 3.11	Skematik penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping dengan beban	33
Gambar 3.12	Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping dengan beban	34
Gambar 3.13	Pengujian kekakuan Pegas	35
Gambar 3.14	Flowchart pengujian kekakuan pegas	36
Gambar 3.15	Eksitasi impuls	37
Gambar 3.16	Skematik Eksitasi Impuls	38
Gambar 3.17	Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi impuls	39
Gambar 3.18	Eksitasi Harmonik	40
Gambar.319	Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi harmonik	41
Gambar 3.20	Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi harmonik	42
Gambar 3.21	HEMSA (Hydraulic Electric mechanic shock absorber)	43
Gambar 3.22	Suspension Rig	44
Gambar 3.23	Suspension Rig	45
Gambar 3.24	Skema Rangkaian Seri	45
Gambar 3.25	Skema Rangkaian Paralel	45
Gambar 3.26	Jangka Sorong [16]	46
Gambar 3.27	Akselometer [17]	47
Gambar 3.28	Multimeter [16]	47
Gambar 4.29	Gambar pengujian perhitungan konstanta	49
Gambar 4.30	Grafik hasil pengujian konstanta pegas HEMSA	52
Gambar 4.31	(a) pengujian compression, (b) pengujian rebound	53

Gambar 4.32	Grafik uji statis C viscous (hydraulic) HEMSA	56
Gambar 4.33	Grafik uji statis C viscous+ Gear transmission damping (hydraulic+mechanic) HEMSA	58
Gambar 4.34	Grafik uji statis C viscous+friction+electric (hydraulic+mechanic+electro) HEMSA	60
Gambar 4.35	Diagram Batang Distribusi Konstanta Redaman Komponen HEMSA	61
Gambar 4.36	Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm 63	63
Gambar 4.37	Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm	65
Gambar 4.38	Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 83 ohm	67
Gambar 4.39	Gambar Mekanisme HEMSA pada Suspension Test Rig	70
Gambar 4.40	Grafik respon massa sprung impuls	71
Gambar 4.41	Grafik respon massa base exciter impuls	72
Gambar 4.42	Grafik respon massa base exciter frekuensi 1,4 Hz	73
Gambar 4.43	Grafik respon massa sprung frekuensi 1,4 Hz	73
Gambar 4.44	Grafik respon massa base exciter frekuensi 1,7 Hz	75
Gambar 4.45	Grafik respon massa sprung frekuensi 1,7 Hz	75
Gambar 4.46	Grafik respon massa base exciter frekuensi 2 Hz	76
Gambar 4.47	Grafik respon massa sprung frekuensi 2 Hz	77
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan nilai RMS <i>acceleration sprung</i> pada pembebanan variasi listrik dengan frekuensi	78
Gambar 4.48	Diagram batang energi bangkitan HEMSA ekstitasi periodik 1.4Hz, 1.7Hz, 2Hz.	79
Gambar 4. 24	Grafik efisiensi perfoma HEMSA pembebanan akumulator	83
Gambar 4.49	Grafik displacement transmissibility (Td) versus frequency ratio (r)	85
Gambar 4.50	Grafik kenyamanan penumpang menggunakan	87

	HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm	
Gambar 4.51	Grafik kenyamanan penumpang menggunakan HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm	88
Gambar 4.52	Grafik kenyamanan penumpang menggunakan HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm	89

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan salah satu sumber kehidupan yang digunakan pada semua aspek kehidupan manusia, baik untuk keperluan industri, rumah tangga maupun perkantoran. Dengan memanfaatkan energi manusia selalu dapat berkembang dan menciptakan sesuatu hal yang baru dari waktu ke waktu. Salah satu energy yang paling dibutuhkan dalam kehidupan manusia adalah energy listrik, akan tetapi saat ini banyak energy listrik dihasilkan dari bahan bakar yang pada umumnya dihasilkan dari bahan alami yang tidak terbarukan (minyak, gas, batubara dll) yang setiap tahun akan semakin menipis dan harganya semakin naik. Hal ini tentu akan menimbulkan masalah baru apabila suatu saat bahan bakar tersebut habis. Akibatnya krisis energy dapat terjadi bila masalah tersebut tidak segera ditemukan solusinya.

Pada sekarang ini hampir selalu kita lihat sebagian besar manusia menggunakan kendaraan setiap harinya. Menurut *Center for Energy, Transportation and the Environment (CETE)* sebuah program penelitian yang diterapkan oleh *University of Tennessee Chattanooga*, perlu kita ketahui setiap waktunya kendaraan bermotor hanya menyalurkan 16% dari tenaga bahan bakar yang digunakan. kurang lebih 62% berasal dari engine, 5-6% dari transmisi, 2-3% dari aksesoris yang dipakai seperti AC, power steering, wiper, dll, begitu juga pada system pengereman yang dapat menghasilkan 6-7% kerugian energy. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian yang diterapkan oleh Lei Zou“ *Energy Harvesting shock Absorber* ”*Stoony Brook University, New York*, sebuah kendaraan hanya efektif menggunakan 10-16% dari tenaga bahan bakar yang digunakan. persen dari energi bahan bakar yang efektif digunakan untuk menjalankan mobil sehari-hari, yaitu untuk mengatasi resistensi dari gesekan jalan, hambatan udara dan mendorong kendaraan

maju dan sebagian Panas yang timbul saat proses pembakaran bahan bakar menjadi kerugian terbesar dari proses ini yaitu kerugian engine 62,4%, kerugian transmisi 5,6% ,rolling resistance 4.2%, aerodynamic drag 2.6%, pengereman 5.8%, dari penambahan aksesoris seperti Air Conditioner (AC) 2.2%. Maka dari itu permasalahan kerugian energi ini perlu dicari solusinya agar penggunaan energi dapat menjadi lebih efisien. Salah satu solusinya adalah memanfaatkan energi yang terbuang dan mengembangkan berbagai sumber energi alternative.

VEH (*Vibration Energy Harvesting*) merupakan salah satu sumber energi alternatif yang memanfaatkan sebagian dari kendaraan dengan cara memanen energi yang terbuang dari getaran pada kendaraan dan dapat berupa energy kinetik pada sistem suspensi. Mekanisme VEH sudah diaplikasikan pada *regenerative shock absorber* (RSA) yang diperkenalkan oleh mahasiswa MIT, dimana akibat gerak relatif antara suspensi dengan bodi kendaraan akan menghasilkan listrik. Prinsip kerja dari RSA itu sendiri yaitu dengan memanfaatkan sistem *hydraulic* menggantikan shock absorber standar dimana gerakan naik dan turun dari suspensi drive hidrolik motor eksternal, yang akan mendorong sebuah generator listrik sehingga menghasilkan energy listrik.

Pada tugas akhir ini difokuskan pada pembahasan pengujian karakteristik experimental pada alat *hydraulic electromagnetic shock absorber* (HEMSA) selang *compression* dan satu selang *rebound* yaitu alat yang dibuat sebagai pengembangan dari RSA yang sebelumnya. Harapan dari penelitian ini adalah membuat sumber energi listrik di masa mendatang pada kendaraan bermotor dan mampu sebagai *Shock Absorber*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dikaji dalam laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik redaman dari *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* untuk rasio *hydraulic cylinder 1:1* dan beban listrik yang bervariasi
2. Bagaimana karakteristik energi bangkitan yang dihasilkan oleh *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* untuk rasio *hydraulic cylinder 1:1* dan beban listrik yang bervariasi
3. Bagaimana Analisa karakteristik energi bangkitan dari *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* dua selang *compression* satu selang *rebound* dengan variasi pembebanan listrik

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk membatasi penulisan laporan ini dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Model pengujian yang digunakan hanya  $\frac{1}{4}$  dari kendaraan.
2. Eksitasi yang digunakan adalah alat uji suspensi yaitu *suspension tes rigt.*
3. Generator yang digunakan adalah Alternator AC
4. Pengujian ini hanya menggunakan 1DOF ,untuk nilai eksitasi pada ban kendaraan tidak digunakan dikarenakan memiliki hasil yang kecil, maka dapat diabaikan.
5. Pada perhitungan ini arus dan voltage yang digunakan adalah pembacaan multimeter.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

.Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi eksperimental dan menganalisa untuk mengetahui karakteristik redaman dari *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* selang *compression* dan satu selang *rebound* dengan pembebanan listrik yang bervariasi.
2. Melakukan studi eksperimental dan menganalisa untuk mengetahui karakteristik energi listrik bangkitan yang

dihasilkan oleh *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* selang *compression* dan satu selang *rebound* dengan pembebanan listrik yang bervariasi.

3. Menganalisa untuk mengetahui karakteristik energi bangkitan dari *hydraulic electro mechanic shock absorber (HEMSA)* dua selang *compression* satu selang *rebound* dengan variasi pembebanan listrik

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini antara lain:

1. Menghasilkan energi alternatif tambahan bagi masyarakat.
2. Membantu mahasiswa untuk lebih memahami konsep pengembangan dan perancangan produk.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut:

### **1. Bab I Pendahuluan**

Meliputi tentang latar belakang penulisan laporan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

### **2. Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang dasar teori berisi yang menunjang dalam melakukan analisa hasil data tugas akhir dan penelitian terkait yang sudah ada sebelumnya yang ada korelasinya dengan tugas akhir.

### **3. Bab III Metodologi**

Meliputi tentang perancangan dan simulasi yang digunakan dalam penulisan laporan ini.

### **4. Bab IV Analisa dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang pengolahan data-data pengujian yang didapat dari alat, kemudian dianalisa lebih lanjut.

### **5. Bab V Penutup**

Berisi tentang kesimpulan dari tugas akhir yang didapatkan dari hasil pengujian dan penelitian yang dilakukan pada peralatan yang direncanakan.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan terdahulu

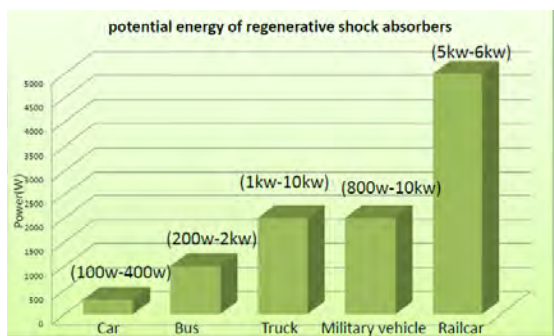
##### 2.1.1 Regenerative Shock Absorber ( Massachusetts Institute of Technology )

Sebelumnya peneliti dari Massachusetts Institute of Technology terlebih dahulu telah menemukan Shock Absorber yang mampu menghasilkan energi listrik. Pada shock absorber yang ditemukan pada tahun 2009 ini, mereka mengklaim bahwa prototipe mereka mampu meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan hingga 10 persen dengan menggunakan prinsip hidraulik, dimana dari sistem hidraulik tersebut memaksa cairan untuk mengalir melalui turbin yang dihubungkan ke generator seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Sistem ini dikontrol oleh suatu sistem elektronik aktif yang dapat juga mengoptimalkan redaman sehingga lebih nyaman dari peredam konvensional. Dalam hal penggunaannya, jenis shock absorber yang di buat Massachusetts Institute of Technology ini lebih cocok digunakan untuk kendaraan berat dan mampu menghasilkan daya sebesar 200 Watts.



Gambar 2.11 Regenerative Shock Absorber dengan prinsip hidraulik <sup>[3]</sup>

Selanjutnya pada *Rotational Absorber* seperti yang terlihat pada gambar 2.3, prinsip kerjanya adalah memanfaatkan roda gigi pada *system suspense*, sehingga menghasilkan listrik, yaitu dengan mengubah pergerakan translasi menjadi pergerakan rotasi. Pada gerakan translasi roda gigi *rack* dihubungkan dengan *spur gear*, kemudian *spur gear* akan dihubungkan dengan *bevel gear* yang mengubah gerakan translasi menjadi rotasi. selanjutnya gerakan rotasi tersebut akan berputar menggerakkan generator. *Rotational Absorber* ini didesain untuk kendaraan on road seperti mobil-mobil di jalan raya.

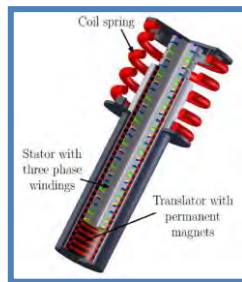


Gambar 2.2 Grafik potensi energi yang dapat dipanen pada kendaraan<sup>[3]</sup>

Pada gambar 2.4 Grafik potensi energi dijelaskan bahwa potensi energi yang dapat dipanen pada energy terbuang dari suspense kendaraan ternyata cukup significant. Pada penelitian ini, Prof.Lei Zuo dkk mengklaim dapat menghasilkan 100W-400W untuk mobil, 200W-2kW untuk bus, 1kw-10kW untuk truk, 800W-10kW untuk kendaraan tempur, dan 5kW-6kW untuk kereta api. Dan peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar dapat mencapai sebesar 2-10%. Sehingga dari penelitian tersebut dapat memanfaatkan potensi energy yang hilang di dalam mengembangkan alat pemanen energi (*energy harvesting*).

### 2.1.2 Elektromagnetic Suspension oleh Bart L.J.Gysen

Pada tahun 2010, tim dari *Eindhoven University of Technology* membuat suatu alat yaitu *electromagnetic suspension system* seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Tim ini bekerjasama dengan BMW dan SKF untuk membuat alat tersebut. Prinsip kerja dari alat ini sama halnya dengan prinsip kerja dari *linier electromagnetic absorber* yang menggunakan magnet dan kumparan yang bergerak translasi sehingga menghasilkan listrik. Suspensi ini termasuk dalam kategori suspense aktif. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, *electromagnetic suspension* ini dapat menghasilkan daya lebih kurang sebesar 2 KW dan tingkat kenyamanan dalam berkendara meningkat menjadi 60%.

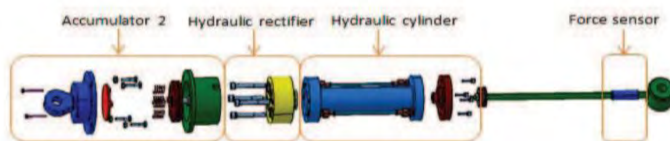


Gambar 2.3 Elektromagnetik Suspension oleh Bart L.J.Gysen <sup>[13]</sup>

### 2.1.3 Hydraulic Elektromagnetic Energy-Regenerative Shock Absorber oleh Zhigang Fang dkk

Pada tahun 2013 , tim dari *Wuhan University of Technology* membuat sautu alat yaitu *Hydraulic electromagnetic shock absorber* terlihat seperti gambar 2.6. Prinsip kerja dari alat ini adalah piston dari silinder hidrolik didorong untuk membalas *under external stimulus* , minyak mengalir ke dalam dan keluar dari penyearah hidrolik dalam langkah kompresi atau stroke ekstensi , dan kemudian minyak mengalir melalui akumulator

untuk melemahkan fluktuasi, yang mana digunakan untuk menggerakkan motor hidrolik untuk menghasilkan listrik . Energi listrik dapat mengisi baterai atau pasokan langsung ke kendaraan. Alat ini menggunakan dua akumulator, akumulator 1 digunakan untuk menstabilkan aliran untuk meningkatkan efisiensi kerja dari motor hidrolik , dan akumulator 2 digunakan untuk mencegah distorsi high-frequency dari shock absorber. HESA *prototype* ini menghasilkan daya sebesar 200 watt di 10 hz-3 mm dan memiliki efisiensi sebesar 16,6 persen.



Gambar 2.4 Hydraulic electromagnetic shock absorber oleh Zhigang Fang dkk <sup>[11]</sup>

#### 2.1.4 Perkembangan Regenerative Shock Absorber oleh Mahasiswa ITS

Pada tahun 2013, Sareza Hafis dkk melakukan pengembangan RSA yang disebut FRSA. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan menyempurnakan Generasi RSA sebelumnya sehingga didapatkan bentuk dan massa dari alat yang lebih baik seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10. Mekanisme yang digunakan adalah dengan memasang suspensi secara bergantian ke suspensi rig test, kemudian diuji dengan massa yang sudah di hitung. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah pada konvensional shock absorber koefisien redaman didapat sebesar 4338 Ns/m sedangkan pada RSA (170hm) sebesar 3190 Ns/m, pada RSA (5.5 Ohm) sebesar 3190 Ns/m, dan pada RSA (0.2) sebesar 2552 Ns/m. Untuk transmissibility displacement, titik resonansi konvensional shock

absorber dengan  $\zeta$  0.6 berada pada 1.3 sedangkan  $\zeta$  0.8 berada pada 1.195. untuk RSA 17 Ohm, titik resonansi  $\zeta$  0.6 berada pada 0.75 sedangkan  $\zeta$  0.8 berada pada 0.67.

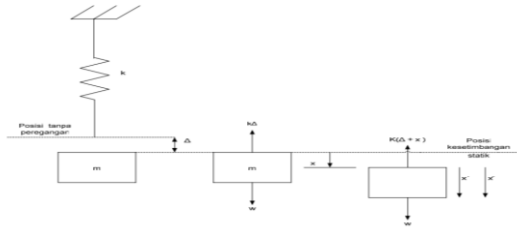


Gambar 2.5 FRSA VERS VI dengan pegas(spring) <sup>[10]</sup>

## 2.2 Mekanikan Getaran

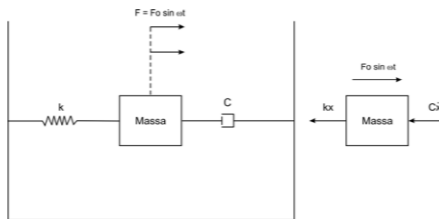
Secara umum getaran dapat didefinisikan sebagai gerakan bolak-balik suatu benda dari posisi awal melalui titik keseimbangannya dalam suatu interval tertentu. Setiap komponen mekanikal yang memiliki massa dan elastisitas mampu bergetar, ada dua kelompok getaran yang umum yaitu getaran bebas dan getaran paksa.

Getaran bebas terjadi jika sistem beresonansi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (inherent), dan jika ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat system dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekuatannya. Semua system yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar.



Gambar 2.3 pegas masa dan diagram benda bebas [12]

Getaran paksa terjadi karena rangsangan gaya luar, jika rangsangan tersebut beresilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan atau eksitasi sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi dan osilasi besar yang sangat membahayakan. Kerusakan pada struktur besar seperti jembatan, gedung ataupun sayap pesawat terbang, merupakan kejadian menakutkan yang disebabkan oleh resonansi. Jadi perhitungan frekuensi natural merupakan hal yang utama.



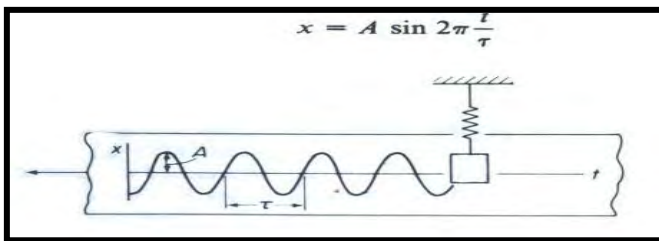
Gambar 2.4 Getaran paksa dengan peredam [12]

### 2.2.1 Sistem Harmonik

Gerak osilasi dapat berulang secara teratur atau dapat juga tidak teratur, Jika gerak tersebut berulang dalam selang waktu yang sama ( $\tau$ ), maka disebut gerak periodik. Waktu pengulangan

$\tau$  disebut periode osilasi dan kebalikannya,  $f = \frac{1}{\tau}$  yang disebut frekuensi. Jika gerak dinyatakan dalam fungsi waktu  $x(t)$ , maka setiap periodic harus memenuhi hubungan  $x(t) = x(t + \tau)$

Bentuk gerak periodik yang paling sederhana adalah gerak harmonik. Hal ini dapat diperagakan dengan sebuah massa yang digantung pada sebuah pegas seperti terlihat pada gambar 2.9. Jika massa tersebut dipindahkan dari posisi diam dan dilepaskan, maka massa tersebut akan berosilasi naik turun. Dengan menempatkan suatu sumber cahaya pada massa yang berosilasi, maka gerakannya dapat direkam pada suatu keping film peka cahaya yang bergerak pada kecepatan konstan.



Gambar 2.5 Rekaman gerak harmonik [12]

Gerakan yang terekam pada film dapat dinyatakan dalam persamaan

$$x = A \sin\left(2\pi \frac{t}{\tau}\right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan  $A$  adalah amplitudo atau simpangan terbesar diukur pada posisi setimbang dan  $\tau$  adalah periode. Gerak diulang pada  $t = \tau$ .

Gerak harmonik sering dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada melingkar dengan kecepatan konstan terhadap suatu garis lurus seperti diunjukkan pada gambar 2.13.



Dengan kecepatan sudut sebesar  $\omega$ , perpindahan simpangan  $x$  dapat dituliskan sebagai berikut :

$$x = A \sin(\omega t) \dots\dots\dots(2.2)$$

Besaran  $\omega$  diukur dalam radian per detik dan disebut frekuensi lingkaran. Karena gerakannya berulang sebesar  $2\pi$  radian, maka didapat hubungan :

$$\omega = \frac{2\pi}{f} = 2\pi f \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\omega = r \cdot \omega_n \dots\dots\dots(2.4)$$

Kecepatan dan percepatan gerak harmonik dapat diperoleh dengan cara menurunkan persamaan diatas sehingga didapatkan persamaan :

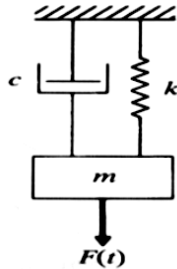
$$\dot{x} = A\omega \cos(\omega t) = A\omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\ddot{x} = -A\omega^2 \sin(\omega t) = A\omega^2 \sin(\omega t + \pi) \dots\dots\dots(2.5)$$

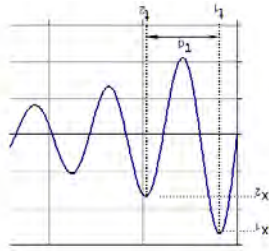
**2.2.2 Konstanta redaman**

Terdapat tiga (3) parameter, yaitu massa (m), konstanta redaman (c), dan konstanta pegas (k) pada system satu derajat kebebasan, pada kali ini kita akan menghitung konstanta redaman. Massa diperoleh dengan ditimbang, sedangkan konstanta pegas didapat dengan cara penarikan pegas oleh gaya tertentu. Nilai konstanta redaman didapat melalui dua cara :

- a. Persamaan logaritmic Decreament  
 Dengan mengetahui besarnya logarithmic decreament pada system, maka besarnya konstanta redaman pada system juga bisa dapat diketahui.



Gambar 2.6 Sistem dengan satu derajat kebebasan berperedam [5]



Gambar 2.7 Hasil eksperimen dari respon sistem teredam [12]

Dari gambar 2.9 dari hasil kurva dapat kita ketahui beberapa rumus diantaranya sebagai berikut :

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana :
- $\omega_d$  = frekuensi teredam
  - $\omega_n$  = frekuensi natural
  - $k$  = konstanta pegas
  - $m$  = beban

b. Persamaan Gerak

Pada redaman sistemn dapat dicari dengan menggunakan persamaan gerak berikut :

$$F = c \cdot \dot{\theta} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

$$\dot{\theta} = \frac{v}{r} \dots\dots\dots(2.12)$$

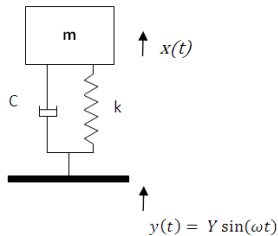
Maka persamaan menjadi :

$$m \cdot g \cdot r = c \cdot \frac{v}{r} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$c = \frac{m \cdot g \cdot r^2}{v} \dots\dots\dots(2.14)$$

### 2.2.3 Motion base

Terkadang suatu *base* (landasan) dari suatu system suspensi mengalami suatu getaran harmonic, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.9 :



Gambar 2.8 Eksitasi pada Base <sup>[5]</sup>

Pada gambar tersebut  $y(t)$  menyatakan *displacement* dari landasan (base) dan  $x(t)$  merupakan *displacement* dari massa yang terdapat pada sistem tersebut dari posisi kesetimbangan statisnya.

Dari persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$x_p(t) = X \sin(\omega t - \phi) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$$T_d = \frac{X}{Y} = \left[ \frac{k^2 + (c\omega)^2}{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2} \right]^{1/2} = \left[ \frac{1 + (2\zeta r)^2}{(\zeta(1-r^2))^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots$$

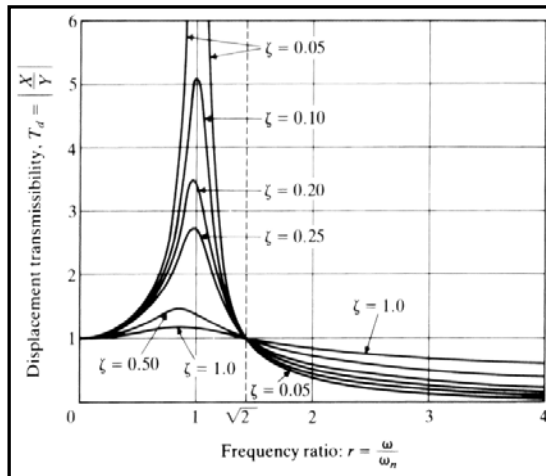
.....(2.16)

dan :

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{m c \omega^3}{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2} \right] = \tan^{-1} \left[ \frac{2\zeta r^3}{1 + (4\zeta^2 - 1)r^2} \right] \dots\dots\dots$$

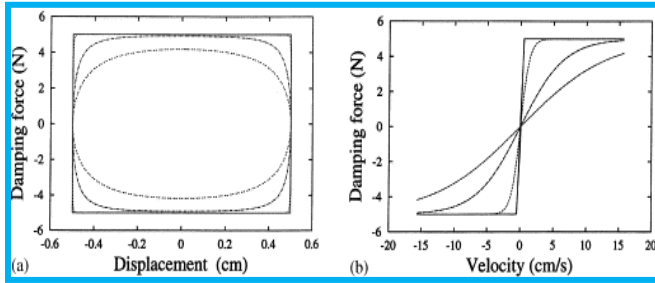
.....(2.17)

Hubungan antara Displacement Transmissibility, Damping Ratio ( $\zeta$ ) dan Frekuensi Ratio dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.9 Transmissibility dan ratio frekuensi [5]

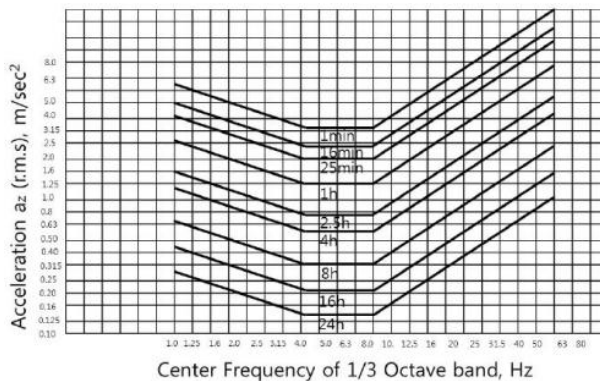
Gaya redaman merupakan gaya yang meredakan atau mengurangi getaran yang terjadi dalam sistem. Besarnya gaya redaman tergantung pada nilai konstanta redaman berikut ini adalah grafik pengaruh gaya redaman terhadap perpindahan dan percepatan.



Gambar 2.10 Grafik pengaruh gaya redaman terhadap perpindahan dan kecepatan <sup>[12]</sup>

### 2.3 Pengaruh Percepatan Kendaraan Terhadap Manusia

Gerakan utama yang dialami pengemudi selama mengemudi adalah berupapercepatan atau perlambatan dan getaran. Informasi ketahanan badan manusia terhadap percepatan merupakan hal yang sangat penting sebagai referensi dalam perancangan ketahanan bodikendaraan terhadap *impact*. Untuk kriteria kenyamanan dapat dilihat berdasarkan gambar sebagai berikut

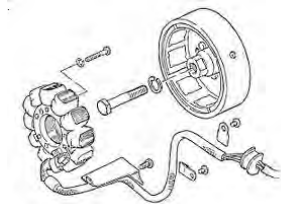


Gambar 2.11 Grafik kenyamanan penumpang berdasarkan ISO 6231

## 2.4 Alternator Sebagai Generator

Alternator pada sepeda motor berfungsi untuk menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dari alternator sepeda motor sama dengan generator, alat ini berguna untuk merubah gerakan rotasi dari mesin menjadi energi listrik.

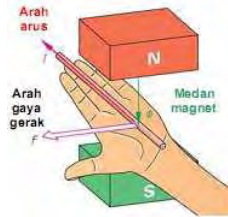
Konstruksi dari Alternator sepeda motor terdiri dari magnet permanen (rotor) dan kumparan kawat tembaga (stator). Magnet permanen biasanya dipasang pada poros *flywheel* dan kumparan kawat tembaga terpasang pada tutup mesin. Sehingga yang berputar adalah rotor (magnet). Pada rancang bangun alat *Regenerative Shock Absorber* ini, digunakan alternator sepeda motor sebagai pembangkit arus listrik karena memiliki karakteristik arus yang lebih besar jika dibandingkan dengan generator dari motor DC. Berikut ditampilkan gambar 2.12 konstruksi dari alternator sepeda motor



Gambar 2.12 Kontruksi generator AC <sup>[14]</sup>

### 2.4.1 Prinsip Kerja Motor dan Generator

Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah Flamming tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet ini memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gaya gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya Lorentz. Berikut ini gambar kaedah flaming kanan kiri.



Gambar 2.13 Kaedah Flamming Tangan Kiri <sup>[14]</sup>

Besarnya gaya Lorentz dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot z \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

- F : Arah gaya penghantar (Newton)
- B : Kerapatan flux magnet (weber)
- $\ell$  : Panjang kawat penghantar (meter)
- I : Arus DC (Ampere)
- z : Jumlah penghantar

Adapaun Gaya gerak listrik induksi atau voltase yang dihasilkan dari generator dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut :

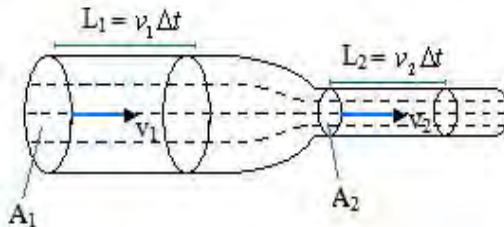
$$E_{\max} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$$

Dimana :

- N = jumlah lilitan
- B = kuat mean magnet(T)
- A = luas kumparan ( $m^2$ )
- $\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

## 2.5 Hukum Kontinuitas

Pada umumnya, fluida yang mengalir masuk ke dalam volume yang dilingkupi permukaan tersebut di titik-titik tertentu dan keluar di titik-titik lain.



Gambar 2.14 Aliran dalam bejana

Gambar di atas menunjukkan aliran fluida dari kiri ke kanan ( fluida mengalir dari pipa yang berdiameter besar menuju diameter yang kecil ). Garis putus-putus merupakan garis arus.

Keterangan gambar :

$A_1$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter besar.

$A_2$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter kecil.

$v_1$  = kecepatan aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter besar.

$v_2$  = kecepatan aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter kecil.

$L$  = jarak tempuh fluida.

Pada fluida tak-termampatkan (incompressible), kerapatan alias massa jenis fluida selalu sama di setiap titik yang dilaluinya.

Massa fluida yang mengalir dalam pipa yang memiliki luas penampang  $A_1$  (diameter pipa yang besar) selama selang waktu tertentu adalah



$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V$$

$$m_1 = \rho V_1 \rightarrow V_1 = A_1 L_1 = A_1 v_1 t$$

$$m_1 = \rho A_1 v_1 t$$

Demikian juga, massa fluida yang mengalir dalam pipa yang memiliki luas penampang  $A_2$  (diameter pipa yang kecil) selama selang waktu tertentu adalah :

$$m_2 = \rho V_2 \rightarrow V_2 = A_2 L_2 = A_2 v_2 t$$

$$m_2 = \rho A_2 v_2 t$$

Mengingat bahwa dalam aliran tunak, massa fluida yang masuk sama dengan massa fluida yang keluar, maka :

$$m_1 = m_2$$

$$\rho A_1 v_1 t = \rho A_2 v_2 t$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Jadi, pada fluida tak-termampatkan, berlaku persamaan kontinuitas :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Keterangan :

$A_1$  = Luas penampang 1

$A_2$  = Luas penampang 2

$v_1$  = Kecepatan aliran fluida pada penampang 1

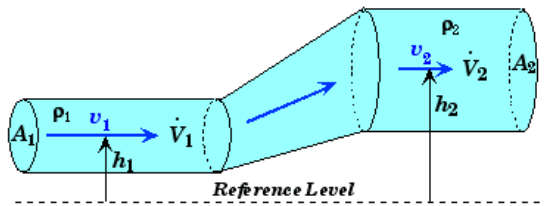
$v_2$  = Kecepatan aliran fluida pada penampang 2

$Av$  = Laju aliran volume  $V/t$  alias debit

## 2.6 Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak seperti udara berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat. Hukum Bernoulli ditemukan oleh Daniel Bernoulli, seorang matematikawan Swiss yang menemukannya pada tahun 1700. Bernoulli menggunakan dasar matematika untuk merumuskan hukumnya. Berikut ialah rumus dasar dari hukum Bernoulli :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 + \rho_1 g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2 + \rho_2 g h_2$$



Gambar 2.15 Penerapan gambar hukum Bernoulli pada penampang

Jika lossis juga diperhitungkan maka persamaan diatas menjadi :

$$\frac{P_1}{\rho} + \alpha \frac{V_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \alpha \frac{V_2^2}{2} + gh_2 + h_T$$

Keterangan :

P = Tekanan Pascal ( Pascal )

V = Kecepatan ( m/s )

$\rho$  = massa jenis fluida ( kg/m<sup>3</sup> )

h = ketinggian ( m )

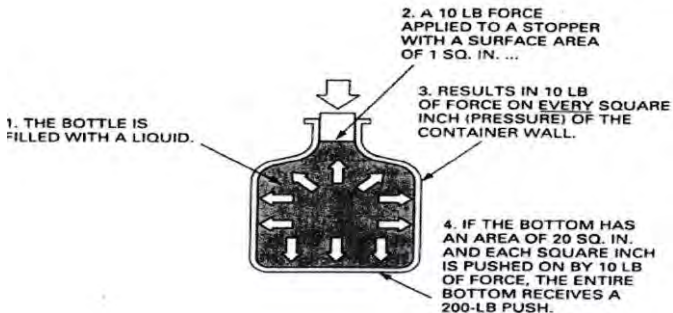
g = percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup> )

$h_T$  = Head loss total.

## 2.7 Hukum Pascal

Hukum pascal menjadi prinsip dasar transmisi daya yang dilakukan oleh fluida atau minyak hidrolik. Tekanan didalam fluida statis mempunyai sifat sebagai berikut :

1. Tekanan bekerja tegak lurus terhadap permukaan dinding.
2. Tekanan bekerja sama di semua titik.



Gambar 2.16 Prinsip Hukum Pasca

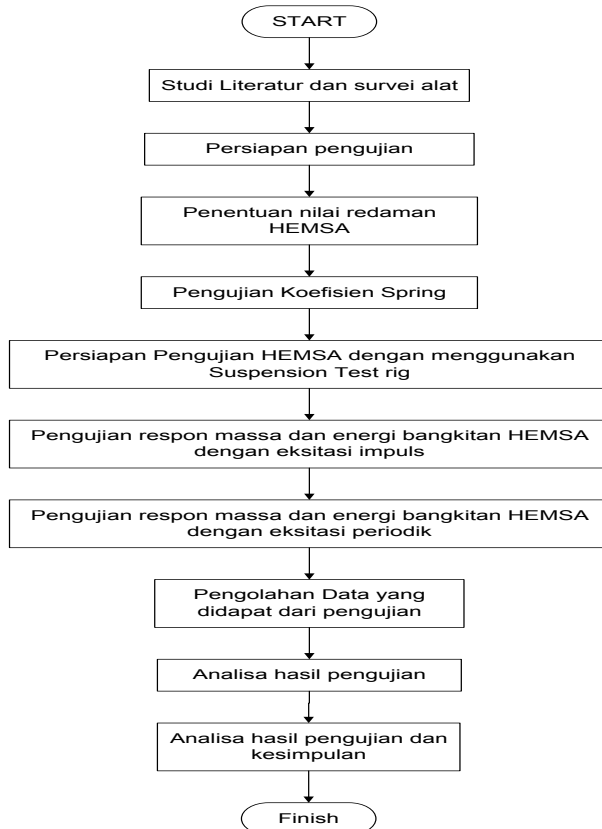
Pada gambar dijelaskan bahwa tekanan akan disebarkan ke segala arah dengan sama besarnya. Bila diasumsikan tekanan sebesar 10 lb dan pada bagian bawah botol mempunyai luas penampang 20 in<sup>2</sup> maka besarnya gaya yang dialami pada bagian bawah botol mencapai 200 lb.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

Langkah pengujian karakteristik dan penelitian dari Hydraulic electro mechanic shock absorber dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 flowchart diagram penelitian

### 3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur ini merupakan penelusuran berbagai tema tentang memanfaatkan energy pada system suspensi pada kendaraan yang didapat kita ambil sumbernya dari buku-buku, karya ilmiah, dan seputar tugas akhir terdahulu yang bertujuan untuk menyusun dasar teori yang kita gunakan dalam melakukan penelitian serta diharapkan dari hasil studi literature ini kita dapat menganalisa hasil dari pengujian yang kita lakukan.

### 3.1.2 Survey alat uji

Tahap survey alat ini berfungsi untuk menentukan dimensi, massa uji, exciter yang akan digunakan pada pengujian. Alat uji yang digunakan adalah suspension test rig yang tersedia di Ruang Design Teknik Mesin ITS.

### 3.1.3 Perhitungan Gaya Redaman *Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber*

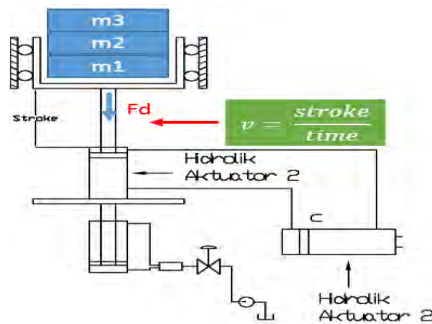
Perhitungan nilai redaman *Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber* (HEMSA) dilakukan dengan pengujian statis pada gaya redaman. Pengujian statis dibagi menjadi 4, yaitu, pengujian *viscouse damping*, *viscouse damping + friction damping*, *viscouse damping + friction damping + electrical damping* tanpa pembebanan, dan *viscouse damping + friction damping + electrical damping* dengan pembebanan akumulator. Ke – 4 pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai gaya redaman akibat pembebanan listrik serta nilai distribusi redaman akibat *viscouse damping*, *friction damping* dan *electrical damping*.

Pada kasus ini, pengujian gaya redaman dilakukan dengan cara memberikan massa uji sebesar 250 kg, massa uji tersebut sebagai gaya yang akan mendorong hidrolik dari posisi *full stroke* (titik mati atas) sampai titik mati bawah (*retrack*). Pada kondisi awal *rod Hydraulic* dikondisikan pada kondisi *fullstroke*, Jarak

titik atas ke titik mati bawah diukur dan dicatat, kemudian waktu tempuhnya dikonversi sehingga didapatkan kecepatan, pengujian ini dilakukan pada berbagai variasi dari massa uji dan pembebanan.

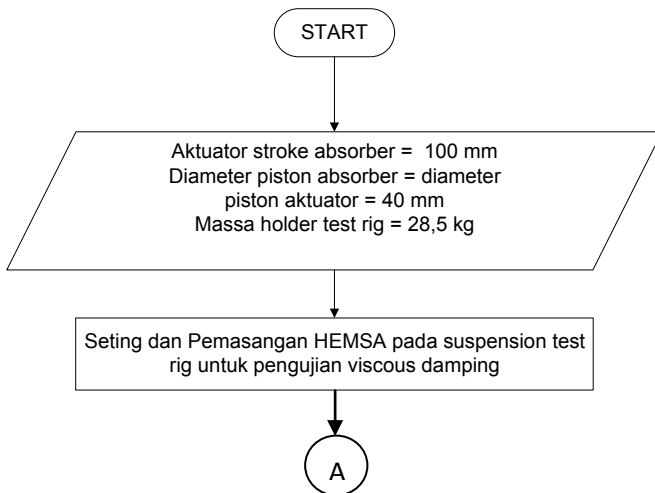
1. Flowchart dan Skema Gaya Redaman viscouse damping Pada HEMSA

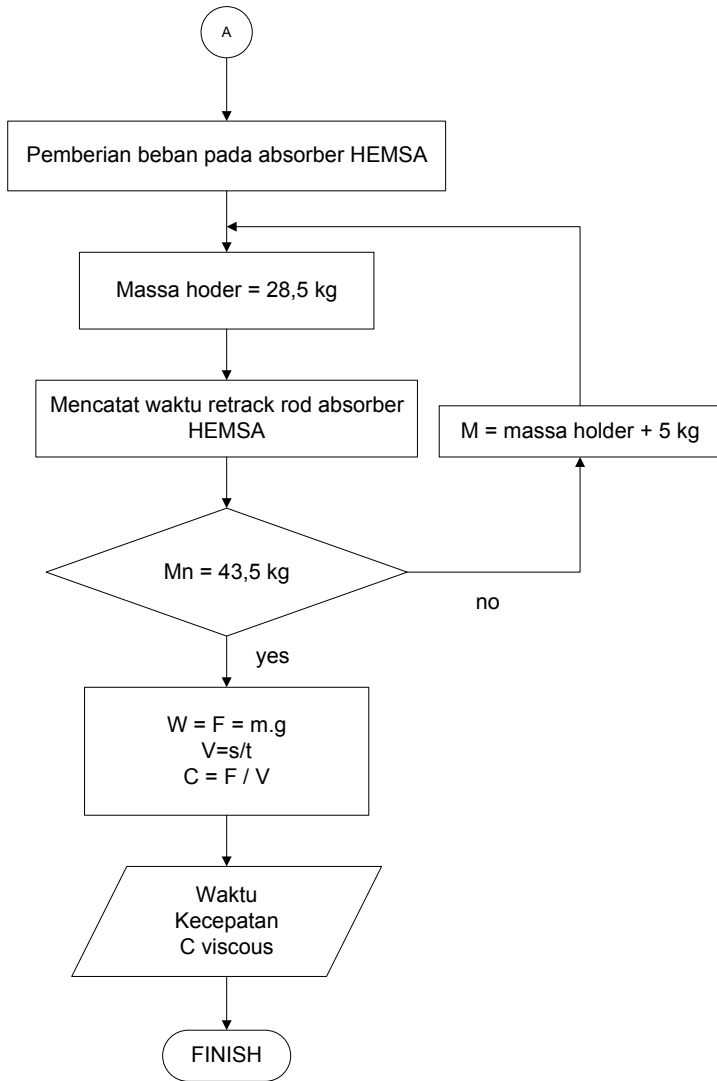
Berikut ini adalah skema Gaya redaman viscous damping



Gambar 3.2 skema pengujian nilai redaman viscous

Berikut ini adalah flowchart pengujian redaman viscous damping

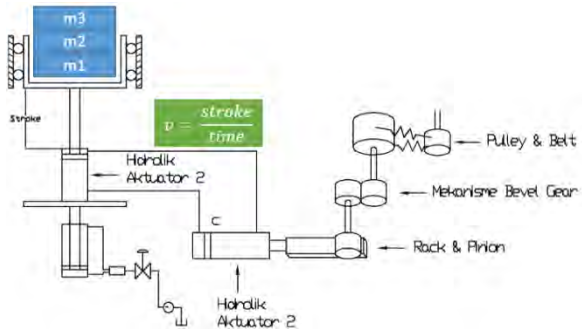




Gambar 3.3 Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping

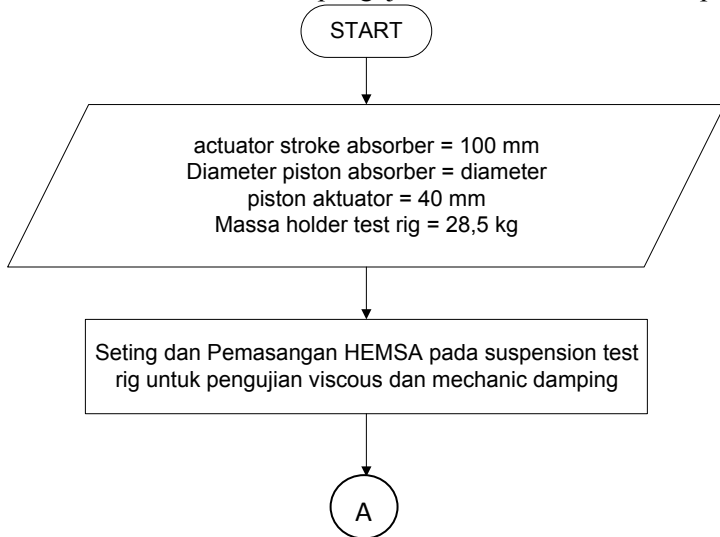
## 2. Flowchart dan Skema Gaya Redaman Viscouse Damping and Mechanic Pada HEMSA

Berikut ini adalah skema Gaya redaman viscous damping and mechanic

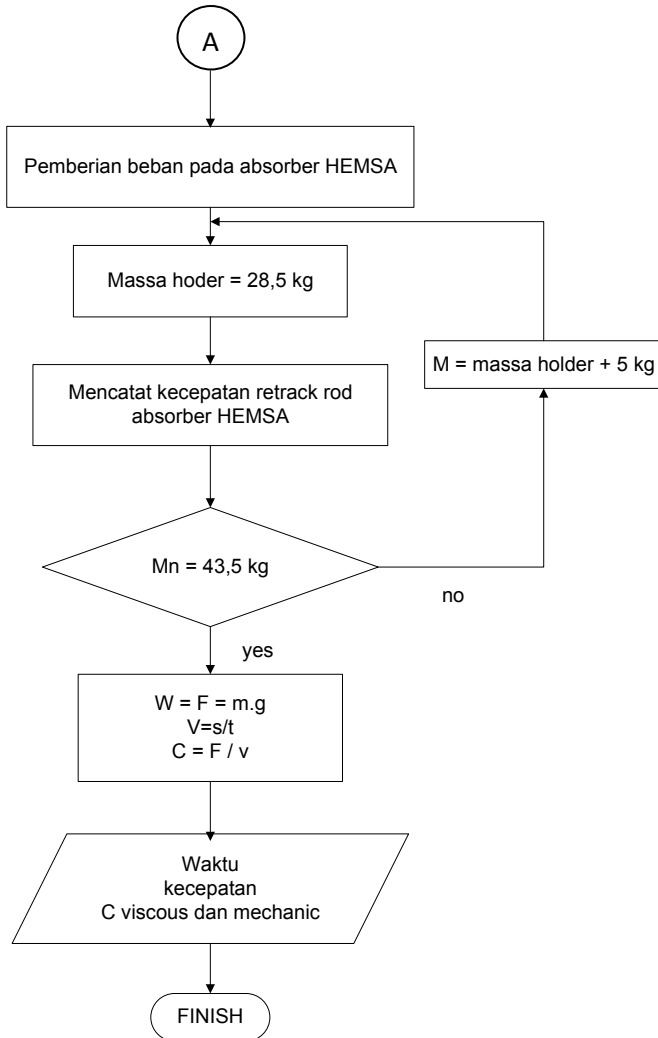


Gambar 3.4 Skematik penentuan nilai redaman friction damping

Berikut ini adalah flowchart pengujian redaman viscous damping



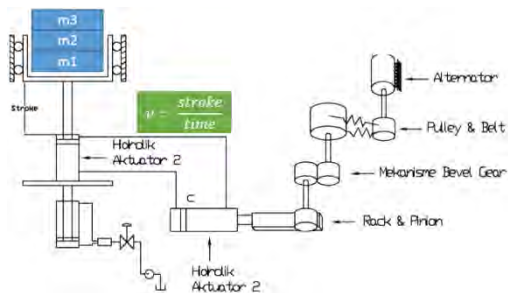




Gambar 3.5 Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping

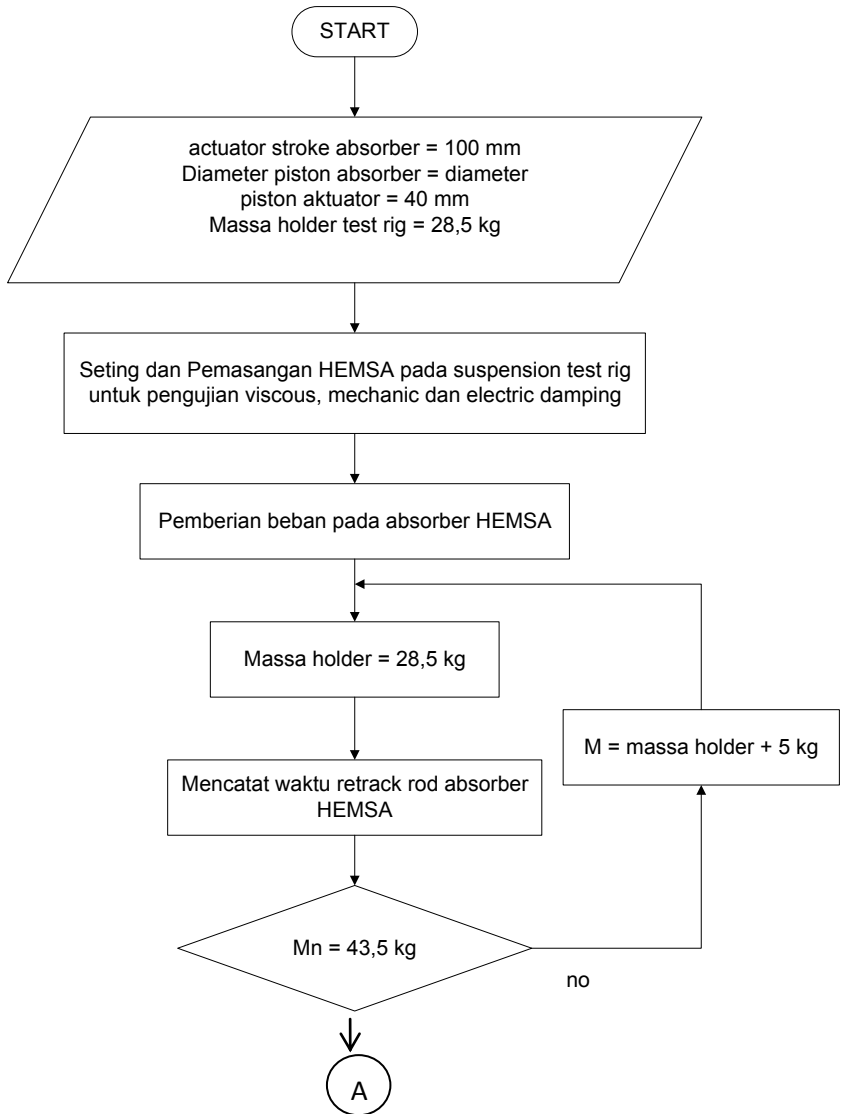
1. *Flowchart dan Skema Gaya Redaman Viscouse Damping, Mechanic and Electric Pada HEMSA*

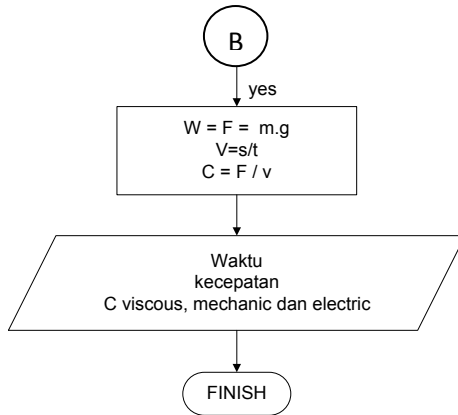
Berikut ini adalah skema Gaya redaman viscous damping and mechanic



Gambar 3.6 Skematik penentuan nilai redaman electrical damping tanpa beban

Berikut ini adalah flowchart pengujian redaman viscous damping, mechanic, and electric

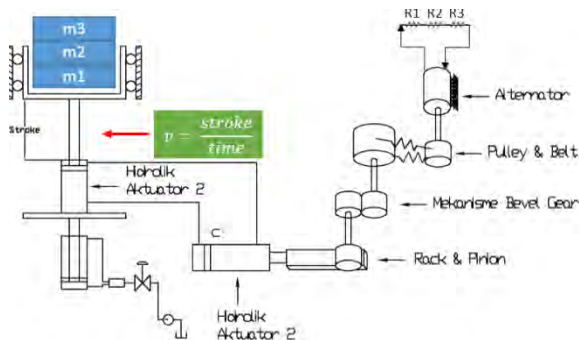




Gambar 3.7 Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping tanpa beban

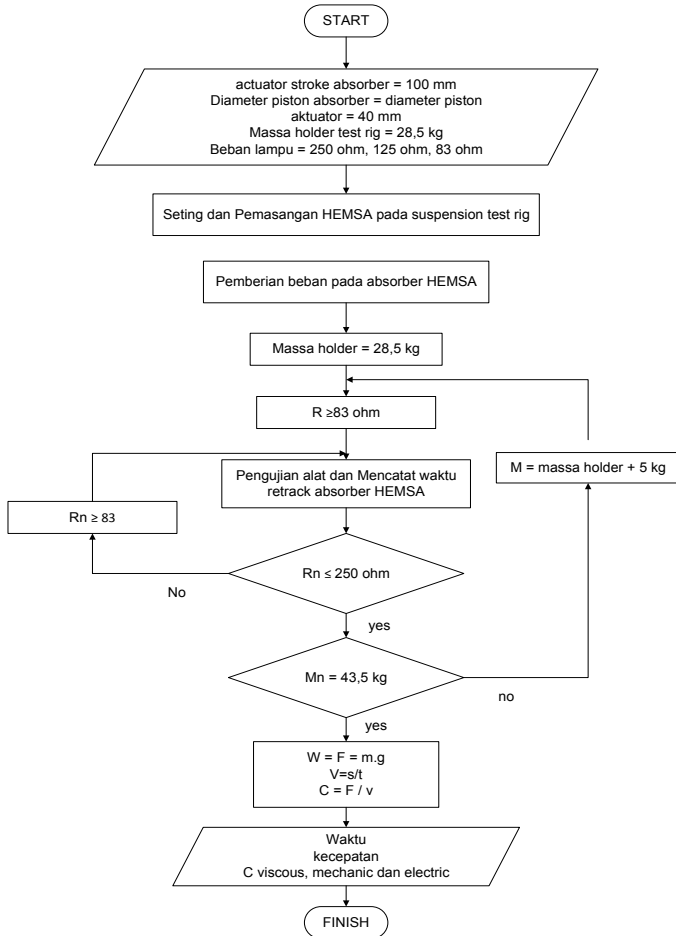
#### 4. Flowchart dan Skema Gaya Redaman Viscouse Damping, Mechanic and Electric Pada HEMSA dengan pembebanan lampu

Berikut ini adalah skema Gaya redaman viscous damping and mechanic dengan pembebanan lampu



Gambar 3.8 Skematik penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping dengan beban

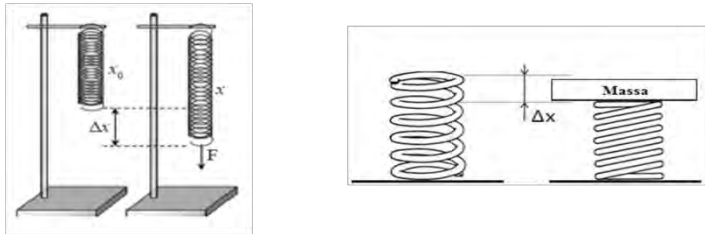
Berikut ini adalah flowchart pengujian redaman viscous damping, mechanic, and electric



Gambar 3.9 Flowchart penentuan nilai redaman viscouse damping +mechanical damping + electrical damping dengan beban

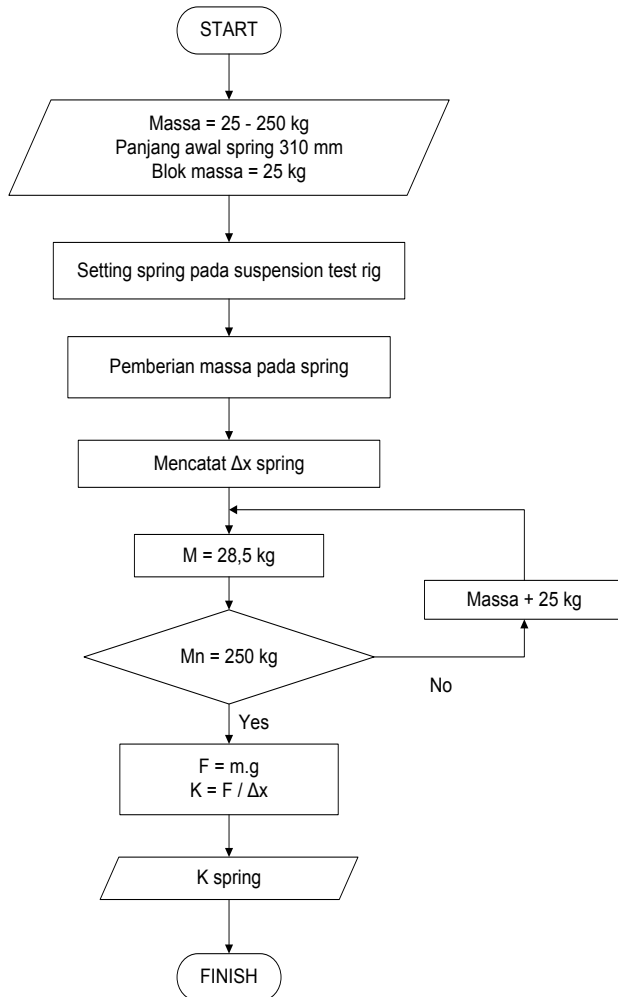
### 3.1.4 Pengujian koefisien spring(pegas)

Pengujian koefisien dilakukan dengan memberikan massa penekanan pada *spring* kemudian dicatat perubahan panjang pada *spring* ( $\Delta x$ ). Dari data yang diperoleh akan dihitung nilai koefisien spring ( $k$ ) sesuai dengan Hukum Hooke, yaitu  $F = k \cdot \Delta x$ .



Gambar 3.10 Pengujian kekakuan Pegas

Berikut ini adalah flowchart pengujian koefisien spring pada HEMSA



Gambar 3.11 Flowchart pengujian kekakuan pegas

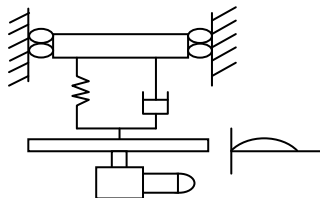
### 3.1.5 Persiapan Pengujian Mekanisme HEMSA dengan Menggunakan Suspension Test Rig.

Pada tahapan pengujian mekanisme ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suspensi ketika mendapat berbagai macam gayaeksitasi dan variasi pembebanan listrik terhadap energi. Dari pengujian ini akan didapatkan respon massa, voltase, dan arus listrik pada masing-masing pengujian. Uji mekanisme HEMSA dilakukan dengan 2 metode, yaitu sebagai berikut:

#### 3.1.5.1 Pengujian Respon Massa dan Energi bangkitan HEMSA akibat eksitasi Impulsif.

Eksitasi impuls merupakan suatu gambaran profil jalan berupa bump. Pada pengujian ini, *system* akan diberikan eksitasi impuls berupa variasi pembebanan listrik.

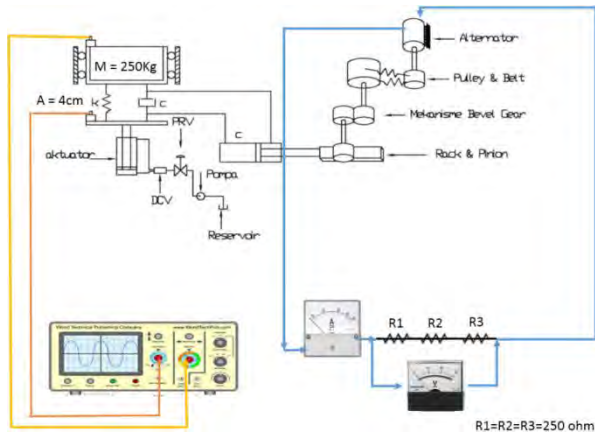
- Input pada pengujian tersebut berupa eksitasi impuls.
- Massa uji yang digunakan didapat pada massa uji  $\frac{1}{4}$  kendaraan ( $m$ ) = 250Kg.
- Amplitudo yang diuji adalah  $A = 2$  cm dan frekuensi = 1,4 Hz
- Memvariasikan beban pengujian yaitu sebesar 250 ohm, 125 ohm, 83 ohm
- Menyimpan grafik yang ditangkap oleh ociloskop.
- Menganalisa respon massa uji (*sprung mass*) dan massa landasan (*base exciter mass*) pada akibat dari eksitasi yang diberikan.



Gambar 3.12 Eksitasi impuls



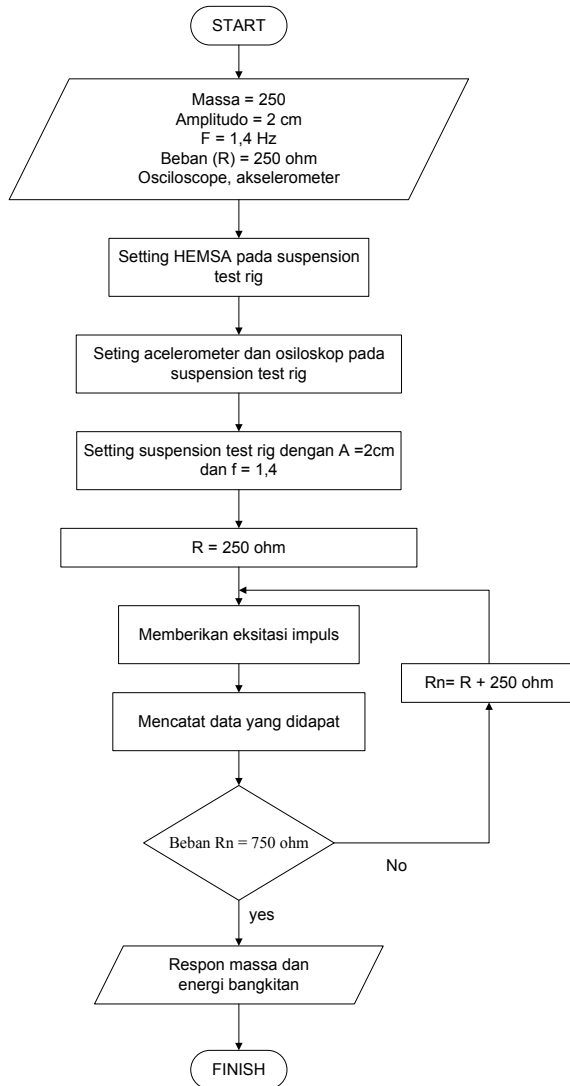
Berikut adalah *flowchart* & *skematik* pengujian eksitasi impuls:



Gambar 3.13 Skematik Eksitasi Impuls

Pada pengujian eksitasi impuls, alat HEMSA dipasang pada *alat uji test rig*. Pemasangannya sesuai dengan skematik diatas. alat ukur accelerometer, diletakkan pada *sprung mass* dan *base exciter mass* yang dihubungkan ke *oscilloscope* yang akan digunakan untuk mengukur respon massa uji akibat eksitasi impuls. Pengujian impuls dilakukan pada frekuensi 1,4 Hz. Selain itu dilakukan variasi pembebanan listrik yaitu dengan menambahkan masing-masing nilai resistor dari 250 ohm sampai 83 ohm yang masing-masing akan dilihat baik respon massa ujinya dan energi bangkitannya terhadap eksitasi impuls.

Berikut ialah *flowchart* pengujian respon massa dan energi bangkitan HEMSA akibat eksitasi impulsif.



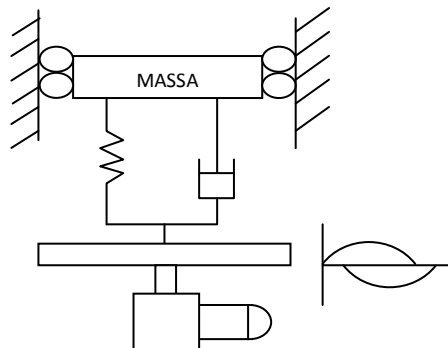
Gambar 3.14 Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi impuls

### 3.1.5.2 Pengujian Respon Massa dan Energi bBangkitan HEMSA Akibat Eksitasi Periodik.

Eksitasi harmonik merupakan suatu gambaran profil jalan yang banyak terjadi gelombang. Pada pengujian ini, *system* akan diberikan eksitasi harmonik berupa variasi pembebanan listrik.

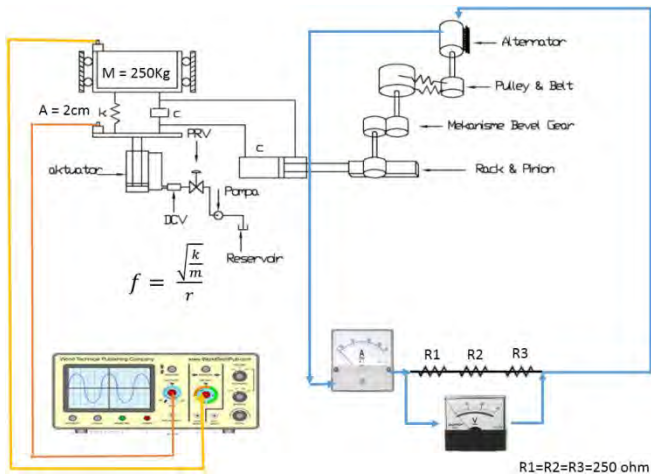
Lalu untuk pengujian periodik dilakukan sebagai berikut :

- Input pada pengujian tersebut berupa eksitasi harmonik.
- Massa uji yang digunakan didapat pada massa uji  $\frac{1}{4}$  kendaraan ( $m$ ) = 250Kg.
- Terdapat amplitudo pada pengujian yaitu  $A = 2$  cm. Pada amplitudo tersebut terdapat frekwensi yang berbeda yaitu 1,4Hz, 1,7Hz, 2 Hz.
- Memvariasikan beban pengujian  $R = 250$  ohm, 125 ohm, dan 83 ohm
- Mencatat arus induksi dan voltase bangkitan yang dihasilkan pada HEMSA.
- Membuat grafik dan membandingkan pada tiap variasi amplitudo dan frekuensi terhadap daya bangkitan dari tiap-tiap suspensi tersebut.
- Menganalisa respon massa uji (*sprung mass*) dan massa landasan (*base exciter*) pada akibat dari eksitasi yang diberikan.



Gambar 3.15 Eksitasi Harmonik

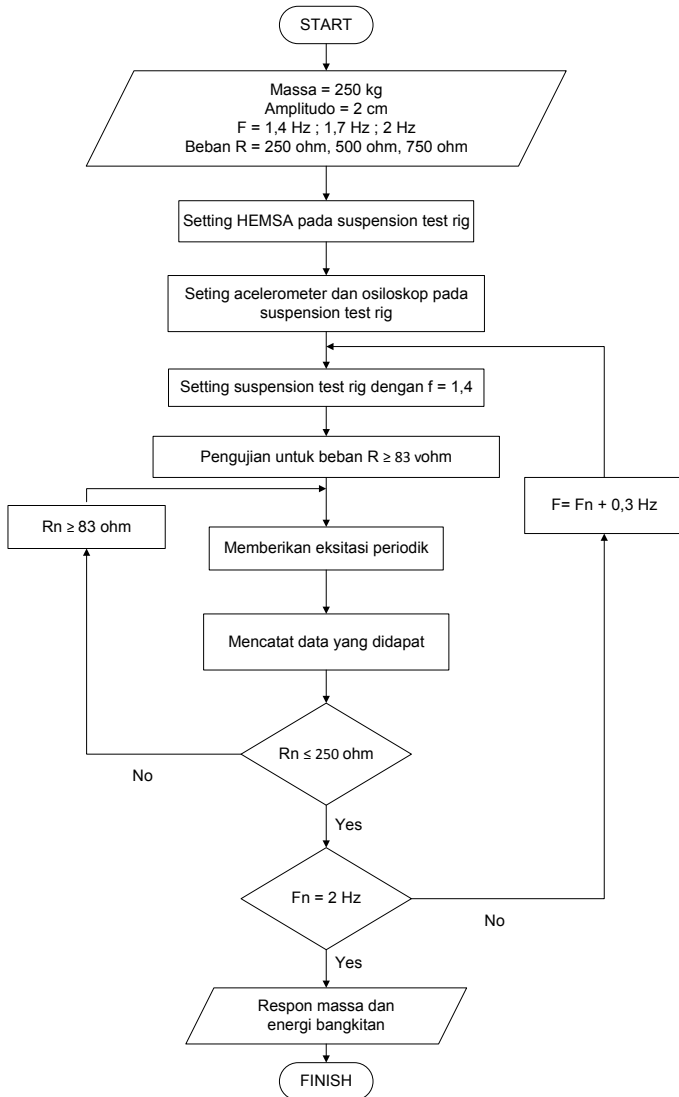
Berikut adalah *flowchart*& Skematik pengujian eksitasi harmonik:



Gambar.316 Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi harmonik

Pada pengujian eksitasi impuls, alat HEMSA dipasang pada *alat uji test rig*. Pemasangannya sesuai dengan skematik diatas. alat ukur accelerometer, diletakkan pada sprung mass dan base exciter mass yang dihubungkan ke *oscilloscope* yang akan digunakan untuk mengukur respon massa uji akibat eksitasi harmonik. Pengujian dilakukan pada S pada rasio frekwensi ( $r$ ) yaitu  $r = 1, \sqrt{2}$ , dan 2. Dari variasi rasio ini akan didapatkan frekwensi yang akan digunakan untuk memutar *Pressure Relief Valve* pada alat uji. Dan selain itu dilakukan juga variasi pembebanan listrik pada  $R = 250, 500, \text{ dan } 83 \text{ ohm}$ . Dari masing-masing variasi tersebut diatas akan dilihat dan diukur respon massa uji dan energi bangkitan akibat eksitasi harmonik.

Berikut ialah flowchart pangujian respon massa dan energy bangkitan HEMSA akibat eksitasi periodic dengan pembebanan listrik.

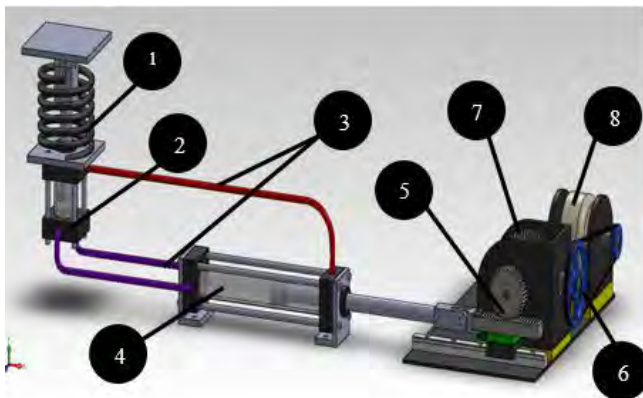


Gambar 3.17 Flowchart pengambilan data pada HEMSA untuk eksitasi harmonik

### 3.2 Peralatan yang digunakan

#### 3.2.1 HEMSA (Hydraulic electro mechanic shock absorber)

Pada alat *Hydraulic electro mechanic shock absorber* (HEMSA) hasil rancangan yang akan di uji ini, prinsip kerja adalah dengan memanfaatkan energy kinetic pada gerakan suspensi kendaraan, dalam hal ini energi ditransfer ke sebuah actuator, kerja dari actuator ini sama seperti gerakan piston hidrolis yaitu gerakan translasi akibat aliran fluida. Gerakan translasi dari actuator kemudian dirubah menjadi gerakan rotasi, pemindahan daya tersebut kemudian ditransmisikan oleh *gearbox* dengan susunan terdiri dari beva gear dengan rasio tertentu sebagai penggerakannya. Kemudian, gear tersebut nantinya akan disambungkan dengan system pulley belt menuju generator yang berfungsi untuk menghasilkan listrik yang kemudian ditransfer sebagai energy bangkitan. Dari sistem tersebut dapat diilustrasikan pada gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 3.18 HEMSA (Hydraulic Electric mechanic shock absorber)

### 3.2.2 Suspension Rig

Suspension tester digunakan untuk melakukan studi eksperimental karakteristik HEMSA, damping, dan spring. Suspension tester tersebut dirancang dan didesign oleh mahasiswa ITS melalui project tugas akhir. Model pengujian dari alat ini adalah *quarter model*, dimana pada suspensi yang diuji merepresentasikan  $\frac{1}{4}$  massa kendaraan.



gambar 3.19 Suspension Rig

### 3.2.3 Oscilloscope

Oscilloscope adalah alat yang dapat menunjukkan grafik sinusoidal voltase bangkitan dari sebuah sistem yang telah dihubungkan sebelumnya. Alat ini dihubungkan dengan HEMSA untuk mengetahui dan mencatat voltase bangkitan dari alat tersebut.

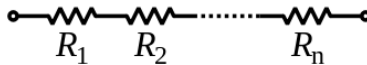


Gambar 3.20 Suspension Rig

### 3.2.4 Lampu

Lampu berfungsi menyalurkan energy dari listrik menjadi cahaya. Pada penelitian ini, lampu digunakan sebagai hambatan dan dirangkai secara seri. Hal itu dilakukan untuk mendapatkan nilai voltase baru dari HEMSA.

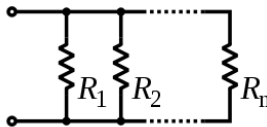
**1. Rangkaian Seri** adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara sejajar (seri). Baterai dalam senter umumnya disusun dalam rangkaian seri.



Gambar 3.21 Skema Rangkaian Seri

Jumlah hambatan total rangkaian seri sama dengan jumlah hambatan tiap- tiap komponen (resistor).

**2. Rangkaian Paralel** adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel), di mana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Semua komponen satu sama lain tersusun paralel



Gambar 3.22 Skema Rangkaian Paralel



Jumlah kebalikan hambatan total rangkaian paralel sama dengan jumlah dari kebalikan hambatan tiap- tiap komponen (resistor).

### **3.2.5 Jangka Sorong**

Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Jangka sorong mempunyai dua rahang, yaitu rahang tetap dan rahang sorong. Pada rahang tetap terdapat skala utama dan pada rahang sorong terdapat skala nonius atau skala vernier. Skala nonius ini panjangnya 9 mm yang terbagi menjadi 10 skala dengan tingkat ketelitian 0,1 mm.



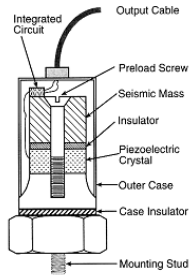
Gambar 3.23 Jangka Sorong [16]

### **3.2.6 Stopwatch**

Stopwatch adalah alat untuk mengukur waktu dalam satuan sekon. Pada penelitian ini stopwatch digunakan sebagai timer ketika HEMSA diberikan eksitasi selama waktu tertentu.

### **3.2.7 Akselerometer**

Akselerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Accelerometer juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi.



Gambar 3.24 Akselometer [17]

### 3.3.8 Multimeter

Multimeter adalah alat pengukur listrik yang sering dikenal sebagai VOM (Volt/Ohm meter) yang dapat mengukur tegangan (voltmeter), hambatan (ohm-meter), maupun arus (amper-meter). Pada suatu rangkaian listrik, biasanya dapat disebut dengan AVOMETER (Ampere Volt ohm meter).



Gambar 3.25 Multimeter [16]

### 3.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan diolah sehingga hasil pengujian akan dapat ditunjukkan dalam grafik

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

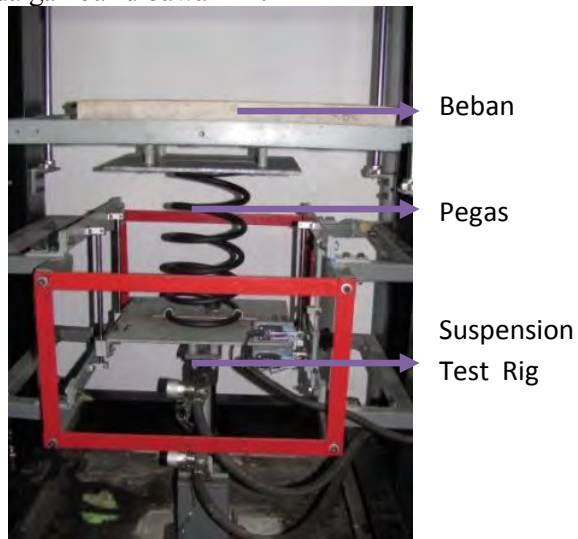
## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

#### 4.1 Perhitungan Konstanta Pegas

##### 4.1.1 Prinsip kerja

Proses pengambilan data konstanta pegas pada pengujian mekanisme suspensi, dilakukan dengan menggunakan alat suspension test di LAB Desain Mesin ITS dan diuji pada *suspension tes rig* (simulasi 1/4 kendaraan). Adapun prinsip kerja dari pengambilan data tersebut adalah dengan memasang pegas pada alat uji *Suspension test rig* terlebih dahulu, kemudian diberikan gaya dalam bentuk beban di atasnya, setelah itu diukur perubahan panjangnya pada pegas tersebut ( $\Delta X$ ) dan diukur selisih dari beban massa saat ini dengan beban massa sebelumnya sehingga nilai konstanta pegas dapat dihitung. Prinsip kerjanya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Gambar pengujian perhitungan konstanta

### 4.1.2 Hasil pengujian nilai K (konstanta pegas)

Proses pengambilan data tersebut dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan 5 beban massa yang bervariasi. Dengan menggunakan Hukum Hooke maka bisa didapatkan perhitungan konstanta pegas pada pengambilan data kali ini. Berikut ini rumus Hukum Hooke :

$$F = k \cdot \Delta X \quad \text{atau} \quad \Delta W = k \cdot \Delta X$$

Dari rumus diatas maka kita dapat mengetahui konstanta dari pegas yang kita uji dan berikut adalah contoh perhitungannya :

Diketahui :

$$\begin{aligned} W_1 &= 0 \\ W_2 &= 28.45 \\ X_1 &= 0.31 \\ X_2 &= 0.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F = \Delta W &\longrightarrow W_2 - W_1 = (28.45 \times 9.81)N - 0 = 279.0945 \text{ N} \\ \Delta X &\longrightarrow X_2 - X_1 = (0.3 - 0.31) \text{ m} = 0.01 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi,

$$k = \frac{\Delta W}{\Delta X} = \frac{279.0945}{0.01} = 27909.45 \frac{N}{m}$$

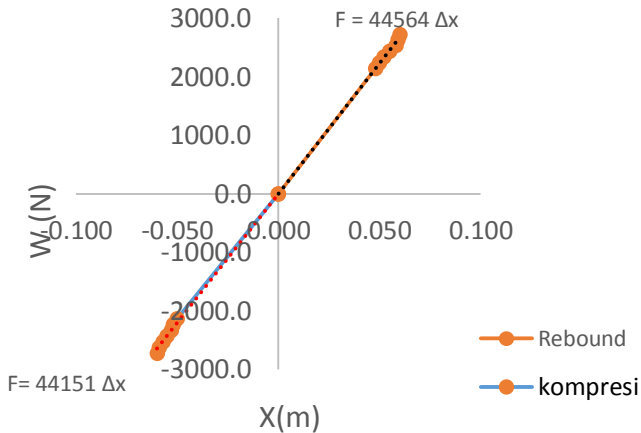
Dengan dilakukannya 10 kali percobaan maka didapatkan nilai k (konstanta pegas) pada masing-masing data tersebut. Hasil dari perhitungan tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut

Tabel 4.1 Pengujian Konstanta Pegas

No.	Massa(kg)	W(N)	$\Delta W(N)$	X(m)	$\Delta X(m)$	K(N/m)
1	0	0	0	0.31	0	0
2	217.9	-2137.6	-2137.6	0.260	-0.05	42752
3	227.9	-2235.7	-98.1	0.258	-0.052	42994

4	237.9	-2333.8	-98.1	0.257	-0.053	44034
5	247.9	-2431.9	-98.1	0.255	-0.055	44216
6	257.9	-2530.0	-98.1	0.253	-0.057	44386
7	267.9	-2628.1	-98.1	0.251	-0.059	44544
8	277.9	-2726.2	-98.1	0.250	-0.06	45437
9	277.9	2726.2	0.0	0.250	0.060	45437
10	267.9	2628.1	98.1	0.251	0.059	44544
11	257.9	2530.0	98.1	0.252	0.058	43621
12	247.9	2431.9	98.1	0.255	0.055	44216
13	237.9	2333.8	98.1	0.258	0.052	44881
14	227.9	2235.7	98.1	0.260	0.050	44714
15	217.9	2137.6	98.1	0.262	0.048	44533
16	0	0	0	0.31	0	0
RATA-RATA						44308
K Pegas						44357.5

Dari tabel 4.1.2 diatas dapat kita buat grafik hubungan antara perubahan beban (W) terhadap perubahan panjang (X) yang dihasilkan pada pegas tersebut.



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian konstanta pegas HEMSA

Dari grafik diatas dapat kita lihat pada pengujian rebound dengan beban sebesar 279.09 N maka didapatkan perubahan panjang sebesar 0.01 m, sedangkan pada beban sebesar 561.13 N pengujian rebound didapatkan perubahan panjang sebesar 0.02 m. Pada pengujian kompresi dengan beban sebesar 279.09 N maka didapatkan perubahan panjang sebesar 0.01 m, sedangkan pada beban sebesar 561.13 N pengujian kompresi didapatkan perubahan panjang sebesar 0.02 m.

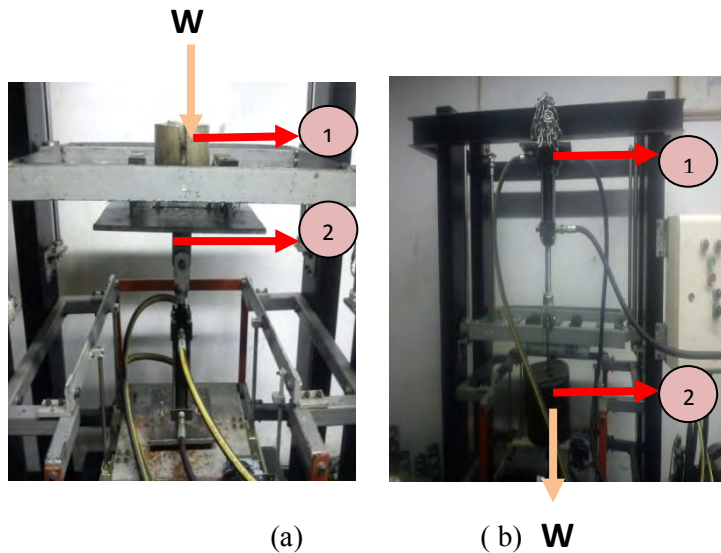
Dari grafik dan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pada semakin tinggi beban yang digunakan maka semakin tinggi pula perubahan panjang yang dihasilkan pada pegas tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat grafik pada gambar 4.2 bahwasanya garis hampir terlihat lurus atau mendekati linier.

Untuk mendapatkan nilai konstanta dari pegas tersebut dapat kita lakukan melalui cara perhitungan rata-rata dari 10 data

yang telah kita uji tersebut dan didapatkan hasil dari rata-rata tersebut adalah 44357.5N/m

#### 4.2 Perhitungan Nilai Konstanta Redaman

Pada tahapan ini untuk mengetahui konstanta redaman dari HEMSA, proses pengujiannya dilakukan di *Laboratorium Sistem Dinamis dan Getaran Teknik Mesin Institut Teknologi 10 Nopember*. Adapun alat yang digunakan untuk menguji nilai redaman ialah test rig seperti pada gambar ini



Keterangan no pada gambar :

Gambar (a) dan (b)

1 = Massa

2 = Alat Uji HEMSA

Gambar 4.3 (a) pengujian compression, (b) pengujian rebound



#### 4.2.1 Pengujian Nilai Redaman HEMSA Tanpa Menggunakan Beban.

Pengujian nilai redaman tanpa menggunakan beban dilakukan dengan beberapa kondisi tetapi pada alat tidak terpasang dengan akumulator sehingga tidak terjadi proses charging pada akumulator. Untuk skema instalasi dapat dilihat pada gambar

##### 4.2.1.1 Uji Redaman *Viscous*

Pada uji redaman viscous dilakukan perhitungan nilai redaman pada alat tanpa mekanik dan beban akumulator. Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboraturium Sistem dinamis dan getaran didapat data sebagai berikut

Tabel 4.2 Konstanta Redaman viscous (Compression)

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS)								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0		0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	0.81	-0.1	-0.12346	-0.12509	2260.6654	2232.756
0	28.45	-279.095	0.82	-0.1	-0.12195		2288.5749	
0	28.45	-279.095	0.77	-0.1	-0.12987		2149.0276	
5	33.45	-328.145	0.65	-0.1	-0.15385	-0.15555	2132.9392	2111.063
5	33.45	-328.145	0.66	-0.1	-0.15152		2165.7537	
5	33.45	-328.145	0.62	-0.1	-0.16129		2034.4959	
10	38.45	-377.195	0.49	-0.1	-0.20408	-0.19880	1848.2530	1898.55
10	38.45	-377.195	0.52	-0.1	-0.19231		1961.4114	
10	38.45	-377.195	0.5	-0.1	-0.20000		1885.9725	
C rata - rata								2080.788

Tabel 4.3 Konstanta Redaman viscous (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS)							
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0
25	245.250	1.08	0.1	0.09259	0.09092	2648.7	2697.75
25	245.250	1.11	0.1	0.09009		2722.27	
25	245.250	1.11	0.1	0.09009		2722.27	
30	294.300	0.93	0.1	0.10753	0.10992	2736.99	2678.13
30	294.300	0.9	0.1	0.11111		2648.7	
30	294.300	0.9	0.1	0.11111		2648.7	
35	343.350	0.79	0.1	0.12658	0.12937	2712.46	2655.24
35	343.350	0.75	0.1	0.13333		2575.12	
35	343.350	0.78	0.1	0.12821		2678.13	
40	392.400	0.69	0.1	0.14493	0.14495	2707.56	2707.56
40	392.400	0.68	0.1	0.14706		2668.32	
40	392.400	0.7	0.1	0.14286		2746.8	
C rata - rata							2684.67

Untuk mendapatkan koefisien redaman viscous dilakukan perhitungan menggunakan persamaan  $F = C \cdot v$  dan  $C = F / v$  maka didapat nilai C pada tabel. Dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

Diketahui : Stroke = 0.1 m

Beban = 245.25 N

Waktu yang didapat saat pengujian yang = 1.8 s

Maka dapat dihitung kecepatan (v) dengan rumus  $v = \text{jarak} / \text{waktu}$

$$= 0.1 \text{ m} / 1.8 \text{ s}$$

$$= 0.09259 \text{ m/s}$$

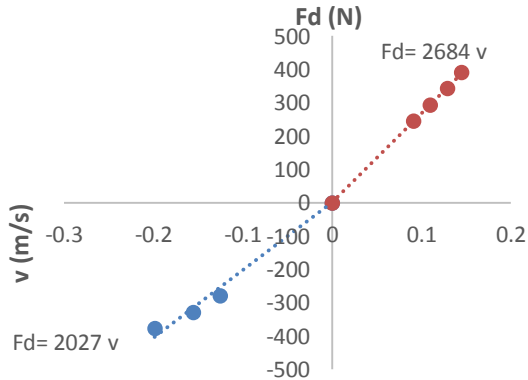
Maka nilai C =  $F / v$

$$= 245.25 \text{ N} / 0.09259 \text{ m/s}$$

$$= 2648.7 \text{ Ns/m}$$

Dari data yang telah diperoleh dapat dituangkan kedalam bentuk grafik gaya redaman fungsi kecepatan, untuk mengetahui distribusi linier dari konstanta redaman *Hydraulic (viscous)*

damping). Berikut adalah grafik konstanta redaman *Hydraulic* (*viscous damping*):



Gambar 4.4 Grafik uji statis C viscous (hydraulic) HEMSA

Pada gambar 4.4 dapat dilihat nilai konstanta redaman saat kompresi adalah sebesar 2027 Ns/m, kemudian pada saat *rebound* nilai konstanta redaman sebesar 2684 Ns/m. Sehingga, nilai rata – rata konstanta redaman *Hydraulic* dari kompresi dan *rebound* adalah **2356** Ns/m. Dengan cara perhitungan persamaan diatas, juga digunakan untuk mencari nilai redaman viscous, dan viscous mekanik.

#### 4.2.1.2 Nilai Redaman *Hydraulic* dan *Mechanic* (*viscous+ gear transmission damping*)

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboraturium Sitesm dinamis dan getaran didapat data sebagai berikut :

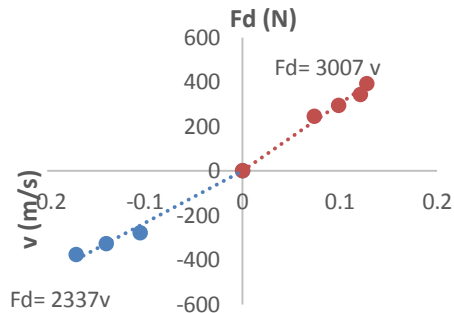
Tabel 4.4 Konstanta Redaman viscous + gear (Compression)

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS + MEKANIK)								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	0.96	-0.1	-0.10417	-0.10509	2679.3	2660.70
0	28.45	-279.095	0.9	-0.1	-0.11111		2511.8	
0	28.45	-279.095	1	-0.1	-0.10000		2790.9	
5	33.45	-328.145	0.69	-0.1	-0.14493	-0.13979	2264.2	2351.70
5	33.45	-328.145	0.7	-0.1	-0.14286		2297.01	
5	33.45	-328.145	0.76	-0.1	-0.13158		2493.9	
10	38.45	-377.195	0.61	-0.1	-0.16393	-0.17067	2300.9	2212.87
10	38.45	-377.195	0.59	-0.1	-0.16949		2225.5	
10	38.45	-377.195	0.56	-0.1	-0.17857		2112.3	
C rata - rata								2408.426

Tabel 4.5 Konstanta Redaman viscous + gear (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN (VISCOUS + MEKANIK)							
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0
25	245.250	1.35	0.1	0.07407	0.07395	3310.87	3319.05
25	245.250	1.4	0.1	0.07143		3433.5	
25	245.250	1.31	0.1	0.07634		3212.77	
30	294.300	1.01	0.1	0.09901	0.09869	2972.43	2982.24
30	294.300	1.02	0.1	0.09804		3001.86	
30	294.300	1.01	0.1	0.09901		2972.43	
35	343.350	0.83	0.1	0.12048	0.12104	2849.80	2838.36
35	343.350	0.85	0.1	0.11765		2918.47	
35	343.350	0.8	0.1	0.12500		2746.8	
40	392.400	0.78	0.1	0.12821	0.12769	3060.72	3073.80
40	392.400	0.8	0.1	0.12500		3139.2	
40	392.400	0.77	0.1	0.12987		3021.48	
C rata - rata							3053.363

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dituangkan ke dalam grafik fungsi gaya redaman  $F_d$  berbanding kecepatan  $v$  seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 4.5 Grafik uji statis C viscous+ Gear transmission damping (hydraulic+mechanic) HEMSA

Pada gambar 4.5 bahwa pada saat kompresi nilai konstanta redaman adalah 2337 Ns/m, kemudian pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 3007 Ns/m. Sehingga, nilai konstanta redaman *Hydraulic* dan *Mechanic* adalah rata-rata dari kompresi dan *rebound* yaitu 2672Ns/m.

#### 4.2.1.3 Nilai Redaman Total HEMSA (viscous damping + gear transmission +electric damping)

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboraturium Sitesm dinamis dan getaran didapat data sebagai berikut :

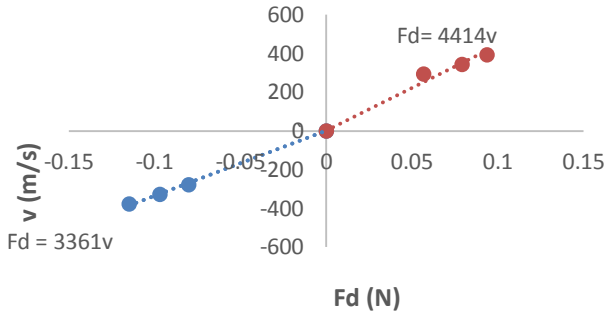
Tabel 4.6 Konstanta Redaman viscous damping + gear transmission + electric (Compression)

UJI KONSTANTA TOTAL								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.37	-0.1	-0.07299	-0.0719	3823.5946	3879.41
0	28.45	-279.095	1.38	-0.1	-0.07246		3851.5041	
0	28.45	-279.095	1.42	-0.1	-0.07042		3963.1419	
5	33.45	-328.145	1.15	-0.1	-0.08696	-0.08672	3773.66175	3784.60
5	33.45	-328.145	1.14	-0.1	-0.08772		3740.8473	
5	33.45	-328.145	1.17	-0.1	-0.08547		3839.29065	
10	38.45	-377.195	0.96	-0.1	-0.10417	-0.10346	3621.0672	3646.21
10	38.45	-377.195	0.96	-0.1	-0.10417		3621.0672	
10	38.45	-377.195	0.98	-0.1	-0.10204		3696.5061	
C rata - rata								3770.0756

Tabel 4.7 Konstanta Redaman viscous damping + gear transmission + electric (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN TOTAL								
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2	
0	0	0	0	0	0	0	0	
30	294.300	1.77	0.1	0.05650	0.05672	5209.11	5189.49	
30	294.300	1.74	0.1	0.05747		5120.82		
30	294.300	1.78	0.1	0.05618		5238.54		
35	343.350	1.26	0.1	0.07937	0.07916	4326.21	4337.66	
35	343.350	1.26	0.1	0.07937		4326.21		
35	343.350	1.27	0.1	0.07874		4360.54		
40	392.400	1.07	0.1	0.09346	0.09376	4198.68	4185.60	
40	392.400	1.05	0.1	0.09524		4120.2		
40	392.400	1.08	0.1	0.09259		4237.92		
C rata - rata								4570.92

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dituangkan ke dalam grafik fungsi gaya redaman  $F_d$  berbanding kecepatan  $v$  seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 4.6 Grafik uji statis C viscous+friction+electric (hydraulic+mechanic+electro) HEMSA

Pada gambar 4.6 bahwa pada saat kompresi nilai konstanta redaman adalah 3361 Ns/m, kemudian pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 4414 Ns/m. Sehingga, nilai konstanta redaman *Hydraulic, Mechanic*, dan generator adalah rata-rata dari kompresi dan *rebound* yaitu 3887.5 Ns/m.

#### 4.2.1.4 Distribusi Nilai Redaman Total tanpa Beban.

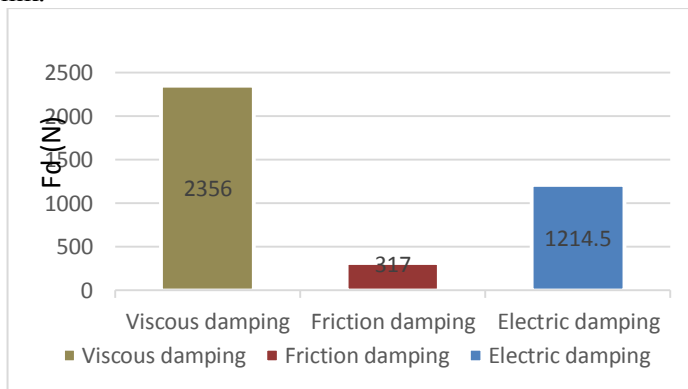
Berdasarkan data yang telah diperoleh melalui hasil pengujian pada laboratorium system dinamis dan getaran. Berikut ialah distribusi nilai redaman viscous, mekanik dan elektrik.

Tabel 4.8 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA

Nilai Redaman Komponen HEMSA	C rebound (N.s/m)	C compression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	2684	2028	2356
Viscous+ Gear Transmission damping	3008	2338	2673
Gear Transmission damping	324	310	317
Electric damping	1406	1023	1214.5
<b>Total damping coefficient no load</b>	<b>4414</b>	<b>3361</b>	<b>3887.5</b>

C rebound HEMSA lebih besar daripada nilai pada C compressi yaitu

sebesar 4414 Ns/m. Untuk *shock absorber* yang dikatakan baik adalah apabila nilai konstanta redaman pada *rebound* tersebut lebih besar daripada kompresi. Nilai redaman pada *rebound* berfungsi apabila *shock absorber* mendapatkan suatu eksitasi baik impuls ataupun periodik, *shock absorber* tersebut terkompresi sebesar 3361 Ns/m, kemudian meredam kembali seperti semula lebih besar sekitar 4414 Ns/m, sehingga penumpang hanya sedikit dapat merasakan guncangan dan nyaman dalam berkendara. Artinya, HEMSA dapat dikatakan baik untuk meredam kejut akibat eksitasi impuls maupun harmonik.



Gambar 4.7 Diagram Batang Distribusi Konstanta Redaman Komponen HEMSA

Berdasarkan hasil yang didapat, distribusi electric damping ialah paling besar, sehingga nilai redaman elektrik ialah paling besar dibandingkan dengan nilai redaman viscous dan mekanik.

#### 4.2.2 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan Lampu

Pengujian nilai redaman kompresi dan rebound dilakukan di laboratorium sistem dinamis dan getaran. Dengan menggunakan variasi massa sebanyak 3 kali yaitu 28,5 kg, 38,5



kg, dan 38.45 kg dan 3 variasi beban lampu yang dipasang secara paralel yaitu 1x10 Watt (250 ohm), 2x10 watt (125 ohm), dan 3x 10 watt (83 ohm). Sehingga dari percobaan nilai c didapatkan 3 nilai redaman dengan masing – masing pembebanan tersebut. Berikut ialah skema pengujian nilai redaman *compression* dan *rebound*.

#### 4.2.3 Pengujian Nilai Redaman HEMSA dengan Pembebanan 250 ohm

Berdasarkan data yang telah diperoleh melalui hasil pengujian pada laboratorium system dinamis dan getaran. Berikut ialah data nilai redaman dengan menggunakan beban 250 ohm.

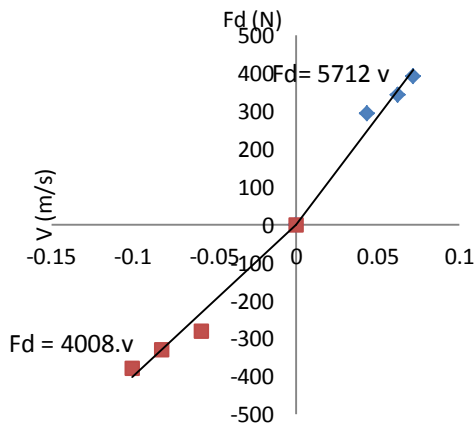
Tabel 4.9 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm (Compression)

UJI KONSTANTA HEMSA DENGAN R 250 OHM								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.72	-0.1	-0.05814	-0.05803	4800.4254	4809.73
0	28.45	-279.095	1.73	-0.1	-0.05780		4828.33485	
0	28.45	-279.095	1.72	-0.1	-0.05814		4800.4254	
5	33.45	-328.145	1.23	-0.1	-0.08130	-0.08243	4036.17735	3981.49
5	33.45	-328.145	1.21	-0.1	-0.08264		3970.54845	
5	33.45	-328.145	1.2	-0.1	-0.08333		3937.734	
10	38.45	-377.195	1.01	-0.1	-0.09901	-0.10035	3809.66445	3759.37
10	38.45	-377.195	0.98	-0.1	-0.10204		3696.5061	
10	38.45	-377.195	1	-0.1	-0.10000		3771.945	
C rata - rata								4183.529

Tabel 4.10 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN HEMSA DENGAN R 250 OHM							
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0
30	294.300	2.29	0.1	0.04367	0.04329	6739.47	6798.33
30	294.300	2.34	0.1	0.04274		6886.62	
30	294.300	2.3	0.1	0.04348		6768.9	
35	343.350	1.59	0.1	0.06289	0.06225	5459.265	5516.49
35	343.350	1.63	0.1	0.06135		5596.605	
35	343.350	1.6	0.1	0.06250		5493.6	
40	392.400	1.36	0.1	0.07353	0.07179	5336.64	5467.44
40	392.400	1.4	0.1	0.07143		5493.6	
40	392.400	1.42	0.1	0.07042		5572.08	
C rata - rata							5927.42

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dituangkan ke dalam grafik fungsi gaya redaman  $F_d$  berbanding kecepatan  $v$  seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 4.8 Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm

Dalam pengujian HEMSA terdapat 2 tipe koefesien redaman, yaitu  $C_{\text{kompresi}}$  dan  $C_{\text{rebound}}$ . Hasil yang didapatkan dari grafik diatas untuk nilai konstanta *compression* adalah 4008 Ns/m, dan pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 5712 Ns/m. Sehingga, nilai konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 125 ohm adalah rata-rata dari *compression* dan *rebound* yaitu 4855 Ns/m.

#### 4.2.4 Pengujian Nilai Redaman dengan Menggunakan Beban Lampu Sebagai Resistor Sebesar 125 ohm

Berdasarkan data yang telah diperoleh melalui hasil pengujian pada laboratorium system dinamis dan getaran. Berikut ialah data nilai redaman dengan menggunakan beban lampu sebagai resistor sebesar 500 oh

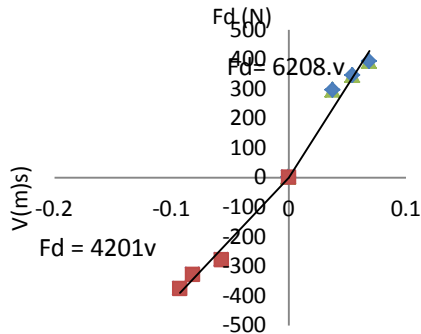
Tabel 4.11 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 125 ohm (Compression)

UJI KONSTANTA REDAMAN HEMSA DENGAN R 125 ohm								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.74	-0.1	-0.05747	-0.05693	4856.2443	4902.76
0	28.45	-279.095	1.75	-0.1	-0.05714		4884.15375	
0	28.45	-279.095	1.78	-0.1	-0.05618		4967.8821	
5	33.45	-328.145	1.21	-0.1	-0.08264	-0.08154	3970.54845	4025.24
5	33.45	-328.145	1.22	-0.1	-0.08197		4003.3629	
5	33.45	-328.145	1.25	-0.1	-0.08000		4101.80625	
10	38.45	-377.195	1.08	-0.1	-0.09259	-0.09261	4073.7006	4073.70
10	38.45	-377.195	1.06	-0.1	-0.09434		3998.2617	
10	38.45	-377.195	1.1	-0.1	-0.09091		4149.1395	
C rata - rata								4333.899

Tabel 4.12 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 125 ohm (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN HEMSA DENGAN R 125 ohm							
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0
30	294.300	2.63	0.1	0.03802	0.03784	7740.09	7779.33
30	294.300	2.7	0.1	0.03704		7946.1	
30	294.300	2.6	0.1	0.03846		7651.8	
35	343.350	1.84	0.1	0.05435	0.05465	6317.64	6283.31
35	343.350	1.82	0.1	0.05495		6248.97	
35	343.350	1.83	0.1	0.05464		6283.31	
40	392.400	1.44	0.1	0.06944	0.06897	5650.56	5689.80
40	392.400	1.46	0.1	0.06849		5729.04	
40	392.400	1.45	0.1	0.06897		5689.8	
C rata - rata							6584.14

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dituangkan ke dalam grafik fungsi gaya redaman  $F_d$  berbanding kecepatan  $v$  seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 4.9 Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 250 ohm

Dalam pengujian HEMSA terdapat 2 tipe koefesien redaman, yaitu  $C_{\text{kompresi}}$  dan  $C_{\text{rebound}}$ . Hasil yang didapatkan dari grafik diatas untuk nilai konstanta *compression* adalah 4201 Ns/m, dan pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 6208 Ns/m. Sehingga, nilai konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 125 ohm adalah rata-rata dari *compression* dan *rebound* yaitu 5204 Ns/m.

### 664.2.5 Pengujian Nilai Redaman dengan Menggunakan Beban Lampu Sebagai Resistor Sebesar 83 ohm

Berdasarkan data yang telah diperoleh melalui hasil pengujian pada laboratorium system dinamis dan getaran. Berikut ialah data nilai redaman dengan menggunakan beban lampu sebesar 83 ohm.

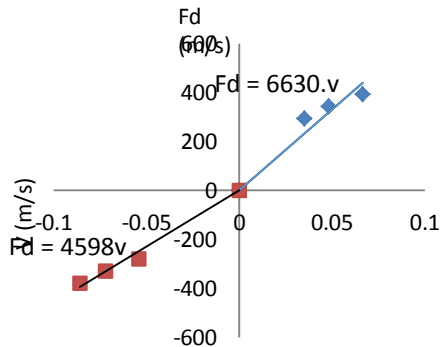
Tabel 4.13 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 83 ohm (Compression)

UJI KONSTANTA REDAMAN HEMSA DENGAN R 83 ohm								
Massa (kg)	Massa + holder (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28.45	-279.095	1.84	-0.1	-0.05435	-0.05407	5135.3388	5163.25
0	28.45	-279.095	1.89	-0.1	-0.05291		5274.88605	
0	28.45	-279.095	1.82	-0.1	-0.05495		5079.5199	
5	33.45	-328.145	1.4	-0.1	-0.07143	-0.07194	4594.023	4561.21
5	33.45	-328.145	1.38	-0.1	-0.07246		4528.3941	
5	33.45	-328.145	1.39	-0.1	-0.07194		4561.20855	
10	38.45	-377.195	1.15	-0.1	-0.08696	-0.08572	4337.73675	4400.60
10	38.45	-377.195	1.17	-0.1	-0.08547		4413.17565	
10	38.45	-377.195	1.18	-0.1	-0.08475		4450.8951	
C rata - rata								4708.353

Tabel 4.14 Konstanta Redaman HEMSA dengan pembebanan 83 ohm (rebound)

UJI KONSTANTA REDAMAN HEMSA DENGAN R 83 ohm							
Massa (kg)	Berat (N)	WAKTU (s)	STROKE (m)	KECEPATAN (m/s)	v rata2 (m/s)	C (Ns/m)	C rata2
0	0	0	0	0	0	0	0
30	294.300	2.79	0.1	0.03584	0.03542	8210.97	8309.07
30	294.300	2.82	0.1	0.03546		8299.26	
30	294.300	2.86	0.1	0.03497		8416.98	
35	343.350	2.11	0.1	0.04739	0.04824	7244.685	7118.79
35	343.350	2.07	0.1	0.04831		7107.345	
35	343.350	2.04	0.1	0.04902		7004.34	
40	392.400	1.49	0.1	0.06711	0.06652	5846.76	5899.08
40	392.400	1.52	0.1	0.06579		5964.48	
40	392.400	1.5	0.1	0.06667		5886	
C rata - rata							7108.98

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dituangkan ke dalam grafik fungsi gaya redaman  $F_d$  berbanding kecepatan  $v$  seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 4.10 Grafik konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 83 ohm

Dalam pengujian HEMSA terdapat 2 tipe koefesien redaman, yaitu  $C_{\text{kompresi}}$  dan  $C_{\text{rebound}}$ . Hasil yang didapatkan dari grafik diatas untuk nilai konstanta *compression* adalah 4598 Ns/m, dan pada saat *rebound* nilai konstanta redaman adalah 6630 Ns/m. Sehingga, nilai konstanta redaman HEMSA dengan pembebanan 83 ohm adalah rata-rata dari *compression* dan *rebound* yaitu 5614 Ns/m.

#### 4.2.6 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA

Berikut ini adalah tabel dan diagram batang distribusi konstanta redaman dari masing – masing komponen *Hydarulic Electro Mechanic Shock Absorber* (HEMSA) dengan variasi pembebanan.

Tabel 4.15 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 250 ohm

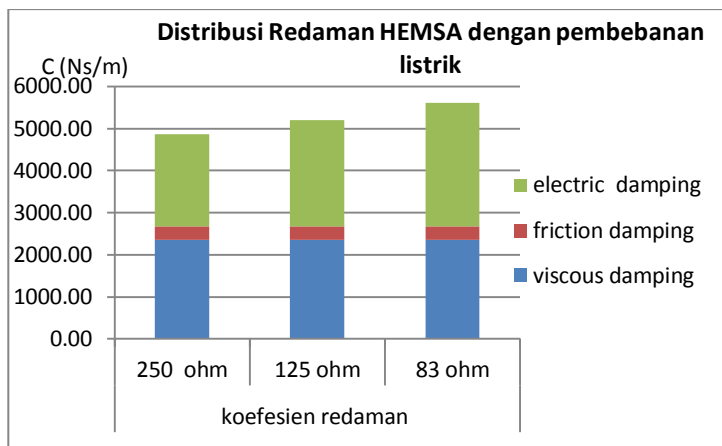
Nilai Redaman Komponen HEMSA	Crebound (N.s/m)	Ccompression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	2684	2028	2356
Viscous+Gear Transmission damping	3008	2338	2673
Gear transmission damping	324	310	317
Electric damping	2704	1670	2187
Total damping coefficient 250 ohm	5712	4008	4860

Tabel 4.16 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 125 ohm

Nilai Redaman Komponen HEMSA	Crebound (N.s/m)	Ccompression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	2684	2028	2356
Viscous+Gear Transmission damping	3008	2338	2673
Gear transmission damping	324	310	317
Electric damping	3200	1863	2531.5
Total damping coefficient 125 ohm	6208	4201	5204.5

Tabel 4.17 Distribusi Konstanta Redaman HEMSA pembebanan 83 ohm

Nilai Redaman Komponen HEMSA	Crebound (N.s/m)	Ccompression (N.s/m)	Cd (N.s/m)
Viscous damping	2684	2028	2356
Viscous+ Gear Transmission damping	3008	2338	2673
Gear Transmission damping	324	310	317
Electric damping	3622	2260	2941
Total damping coefficient 83 ohm	6630	4598	5614



Gambar 4.11 Diagram Batang Distribusi Nilai Redaman HEMSA Dengan Pembebanan Variasi Listrik

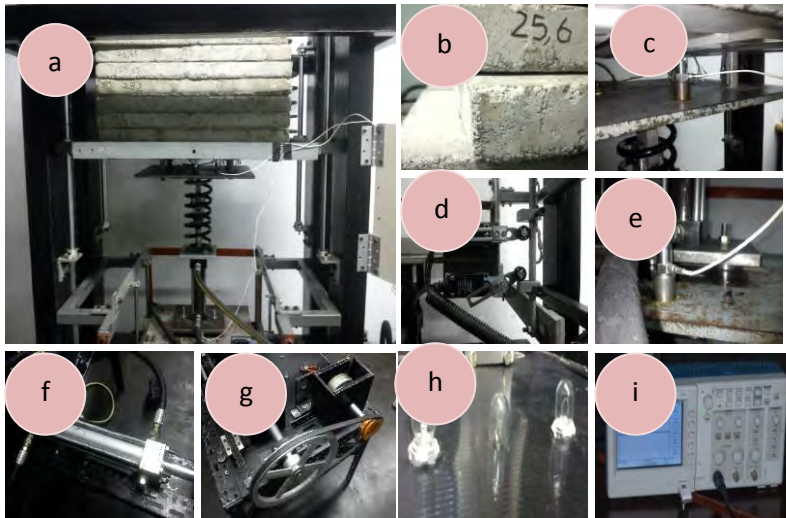
Pada gambar 4.7 diagram diatas dapat dilihat bahwa pada saat pembebanan 250 ohm, mempunyai nilai terbesar yaitu pada viscous damping, pada viscous damping sebesar 2356 N.s/m. Sedangkan pada pembebanan 125 ohm dan 83 ohm mempunyai nilai terbesar pada electrical damping yaitu sebesar 2531,5 N.s/m dan 2941 N.s/m. Pada *Electrical damping* terdapat pengaruh besarnya hambatan terhadap nilai redamannya, yaitu terjadi penurunan nilai redaman pada generator, seiring dengan bertambahnya nilai resistansi(hambatan beban).



Perbedaan nilai *electrical damping* ini dipengaruhi oleh Torsi electric ( $T_e$ ) dari generator itu sendiri pada teori generator. Pada setiap penambahan nilai tahanan listrik maka akan menyebabkan kuat arus yang dihasilkan generator semakin kecil. Kuat arus yang mengecil akan menyebabkan nilai torsi elektrik (redaman elektrik) juga mengecil.

### 4.3 Pengujian Karakteristik Suspensi HEMSA

Pada tahap ini, pengujian mekanisme dilakukan di laboratorium *Sistem Dinamis dan Getaran Mesin ITS*, tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui respon massa dan energy bangkitan dari HEMSA ketika dikenai eksitasi berupa impuls dan periodik. Mekanisme yang digunakan adalah  $\frac{1}{4}$  dari kendaraan mobil dengan massa 250 kg. Pada sistem kali ini beton digambarkan sebagai sprung mass yaitu massa pada kendaraan, sedangkan pada plat bawah digunakan sebagai base exciter mass yaitu roda kendaraan. Mekanisme pengambilan data dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Keterangan gambar :

a = alat uji test rig

f = Aktuator

b = massa (250 kg)

g = mekanisme gear box

c = accelerometer untuk sprung

h = lampu

d = Limit sensor

i = Oscilloscope

e = accelerometer untuk base

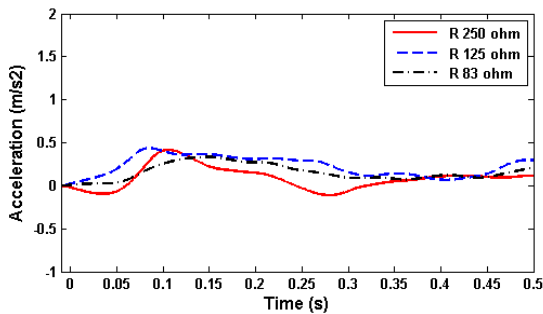
Gambar 4.11 Gambar Mekanisme HEMSA pada Suspension Test Rig

### 4.3.1. Pengujian Respon Massa pada HEMSA dengan Eksitasi Impuls dan Periodik

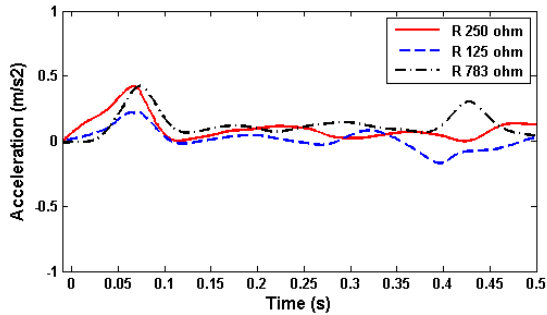
Uji dinamis 2 selang kompresi 1 selang rebound dengan pembebanan lampu

#### 4.3.1.1 Eksitasi Impuls

Pada pengujian impuls kali ini dilakukan dengan pembebanan R 250, R 125 ohm dan R 83 ohm dengan respon massa *base exciter* dan sprung. Berikut ini adalah grafik yang didapatkan



Gambar 4.12 Grafik respon massa sprung impuls



Gambar 4.13 Grafik respon massa base exciter impuls

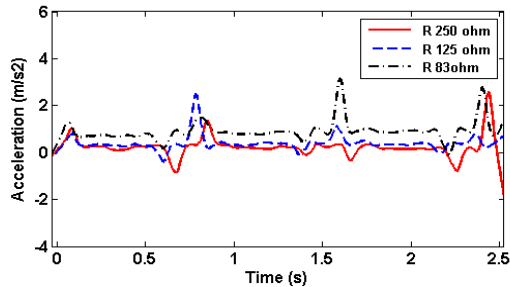
Dari gambar grafik 4.15 diatas dapat menunjukkan bahwa percepatan HEMSA dengan pembebanan 125 ohm merupakan percepatan tertinggi dibandingkan dengan percepatan HEMSA dengan pembebanan yang lain. Untuk pembebanan 250 ohm pada detik ke- 0.3 sudah mengalami kondisi stabil, sedangkan pada pembebanan 125 dan 83 ohm hingga detik 0.5 kondisi *acceleration* belum stabil.

Dari gambar grafik 4.16 diatas dapat menunjukkan bahwa percepatan HEMSA dengan pembebanan 83 ohm merupakan percepatan tertinggi dibandingkan dengan percepatan HEMSA dengan pembebanan yang lain. Untuk pembebanan 250 ohm pada detik ke- 0.45 sudah mengalami kondisi stabil, sedangkan untuk pembebaanan 125 ohm dan 83 ohm hingga detik ke-0.5 kondisi masih belum stabil.

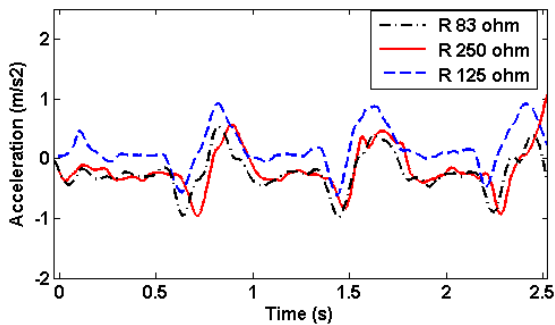
### 4.3.1.2 Eksitasi Periodik

#### a. Periodik frekuensi 1,4 Hz

Berikut ialah grafik accelerasi versus waktu dengan frekuensi 1,4 Hz dan beban 250 ohm, 125 ohm, 83 ohm



Gambar 4.14 Grafik respon massa base exciter frekuensi 1,4 Hz



Gambar 4.15 Grafik respon massa sprung frekuensi 1,4 Hz

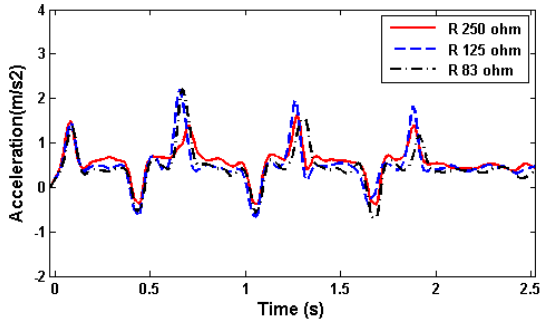
Dari hasil pengujian didapatkan pada grafik 4.17. ialah hasil eksitasi input base dengan frekuensi 2 Hz, dan dapat dianalisa nilai RMS untuk pembebanan 250 ohm ialah  $1.88 \text{ m/s}^2$ , untuk pembebanan 125 ohm nilai RMS ialah  $1.716 \text{ m/s}^2$  dan pembebanan 83 ohm nilai RMS ialah  $2.088 \text{ m/s}^2$ .

Dari hasil pengujian didapatkan grafik pada gambar 4.18. dengan eksitasi sebesar 1,4 Hz impuls. Dapat dianalisa bahwa

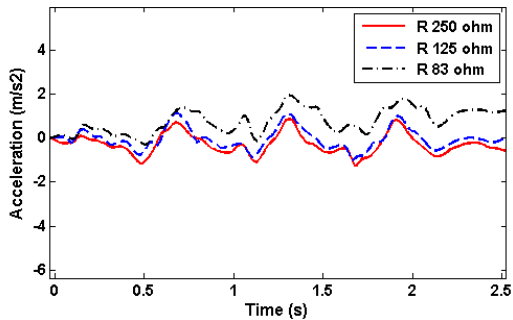
nilai RMS percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban R 250 ohm mempunyai nilai percepatan sebesar  $0.712 \text{ m/s}^2$ , 125 ohm sebesar  $0.711 \text{ m/s}^2$  dan 83 ohm  $0.658 \text{ m/s}^2$  sebesar. Sehingga, nilai percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban 83 ohm merupakan terendah nilai percepatannya dibandingkan dengan akumulator yang lain. Sedangkan, nilai RMS percepatan tertinggi dihasilkan HEMSA dengan beban R 250 ohm. Berdasarkan pada standar ISO kenyamanan penumpang bahwa nilai percepatan rendah ialah baik. Dari uraian tersebut maka HEMSA dengan pembebanan 83 ohm paling baik dalam segi kenyamanannya untuk frekuensi eksitasi 1,4Hz.

Gerak osilasi pada getaran dari *base exciter* yang diberikan *hydraulic actuator suspension test rig* tidak stabil dapat disebabkan karena adanya keterlambatan (*losses*, kelembaman), sehingga menghasilkan osilasi yang tidak stabil. Sedangkan respon percepatan getaran pada *sprung mass* lebih stabil dibandingkan dengan respon percepatan getaran dari *base exciter*, hal ini dikarenakan energi getaran yang diberikan pada *sprung mass* telah diserap oleh system suspensi pada alat uji HEMSA.

**b. Periodik frekuensi 1,7 Hz**



Gambar 4.16 Grafik respon massa base exciter frekuensi 1,7 Hz



Gambar 4.17 Grafik respon massa sprung frekuensi 1,7 Hz

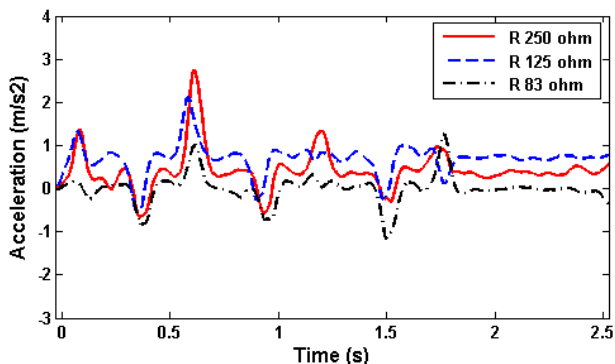
Dari hasil pengujian didapatkan pada grafik 4.19 adalah hasil eksitasi input base dengan frekuensi 2 Hz, dan dapat dianalisa nilai RMS untuk pembebanan 250 ohm ialah  $1.927 m/s^2$ , untuk pembebanan R 125 ohm nilai RMS ialah  $2.226 m/s^2$  dan pembebanan 83 ohm nilai RMS ialah  $2.085 m/s^2$ .

Dari hasil pengujian didapatkan grafik pada gambar 4.19. dengan eksitasi sebesar 1,7 Hz impuls. Dapat dianalisa bahwa

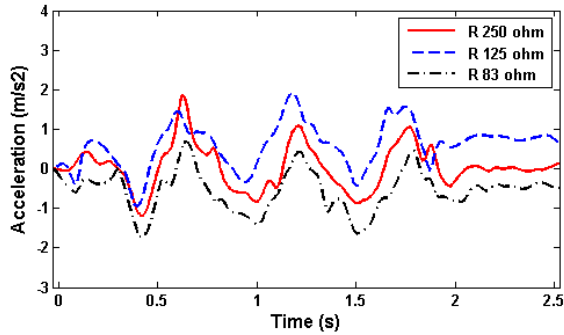
nilai RMS percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban 250 ohm mempunyai nilai percepatan sebesar  $0.652 \text{ m/s}^2$ , 125 ohm sebesar  $0.677 \text{ m/s}^2$  dan 83 ohm  $0.732 \text{ m/s}^2$  sebesar. Sehingga, nilai percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban 250 ohm merupakan terendah nilai percepatannya dibandingkan dengan akumulator yang lain. Sedangkan, nilai RMS percepatan tertinggi dihasilkan HEMSA dengan beban 83 ohm. Berdasarkan pada standar ISO kenyamanan penumpang bahwa nilai percepatan rendah ialah baik. Dari uraian tersebut maka HEMSA dengan pembebanan 250 ohm paling baik dalam segi kenyamanannya untuk frekuensi eksitasi 1,7 Hz.

Gerak osilasi pada getaran dari *base exciter* yang diberikan *hydraulic actuator suspension test rig* tidak stabil dapat disebabkan karena adanya keterlambatan (*losses*, kelembaman), sehingga menghasilkan osilasi yang tidak stabil. Sedangkan respon percepatan getaran pada *sprung mass* lebih stabil dibandingkan dengan respon percepatan getaran dari *base exciter*, hal ini dikarenakan energi getaran yang diberikan pada *sprung mass* telah diserap oleh system suspensi pada alat uji HEMSA.

### c. Periodik frekuensi 2 Hz



Gambar 4.18 Grafik respon massa base exciter frekuensi 2 Hz



Gambar 4.19 Grafik respon massa sprung frekuensi 2 Hz

Dari hasil pengujian didapatkan pada grafik 4.21. ialah hasil eksitasi input base dengan frekuensi 2 Hz, dan dapat dianalisa nilai RMS untuk pembebanan R 250 ohm ialah  $2.028 \text{ m/s}^2$ , untuk pembebanan 125 ohm nilai RMS ialah  $2.018 \text{ m/s}^2$  dan pembebanan 83 ohm nilai RMS ialah  $1.804 \text{ m/s}^2$

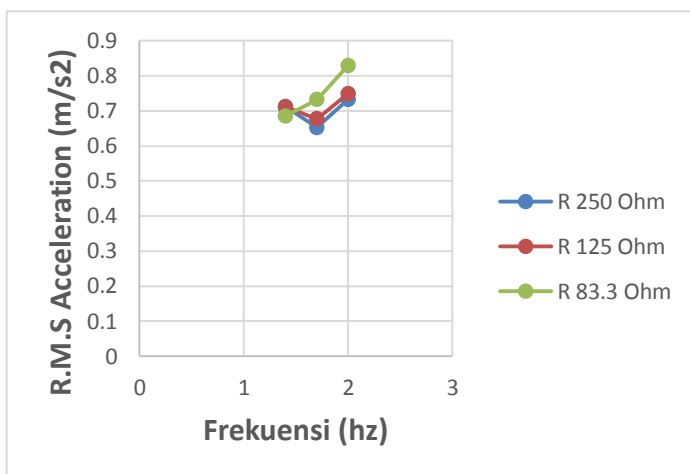
Dari hasil pengujian didapatkan grafik pada gambar 4.21 dengan eksitasi sebesar 2 Hz impuls. Dapat dianalisa bahwa nilai RMS percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban R 250 ohm mempunyai nilai percepatan sebesar  $\text{m/s}^2$ , 125 ohm sebesar  $0.749 \text{ m/s}^2$  dan 83 ohm  $0.829 \text{ m/s}^2$  sebesar. Sehingga, nilai percepatan yang dihasilkan HEMSA dengan beban 250 ohm merupakan terendah nilai percepatannya dibandingkan dengan akumulator yang lain. Sedangkan, nilai RMS percepatan tertinggi dihasilkan HEMSA dengan beban 83 ohm. Berdasarkan pada standar ISO kenyamanan penumpang bahwa nilai percepatan rendah ialah baik. Dari uraian tersebut maka HEMSA dengan pembebanan 250 ohm paling baik dalam segi kenyamanannya untuk frekuensi eksitasi 2 Hz.

Gerak osilasi pada getaran dari *base exciter* yang diberikan *hydraulic actuator suspension test rig* tidak stabil dapat disebabkan karena adanya keterlambatan (*losses*, kelembaman), sehingga menghasilkan osilasi yang tidak stabil. Sedangkan



respon percepatan getaran pada *sprung mass* lebih stabil dibandingkan dengan respon percepatan getaran dari *base exciter*, hal ini dikarenakan energi getaran yang diberikan pada *sprung mass* telah diserap oleh system suspensi pada alat uji HEMSA.

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai RMS acceleration pada pembebanan variasi listrik dengan frekuensi



Gambar 4.23 Grafik Perbandingan nilai RMS *acceleration sprung* pada pembebanan variasi listrik dengan frekuensi

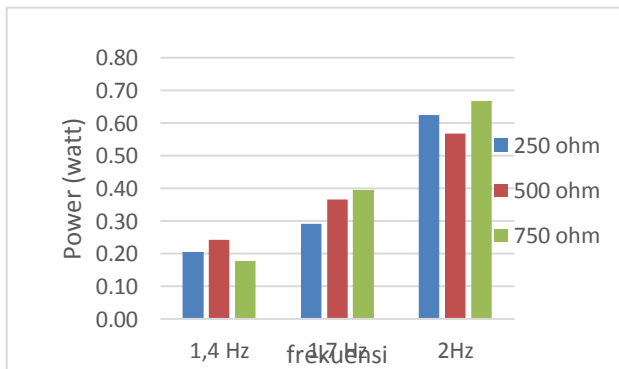
Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa pada pembebanan R 250 ohm nilai RMS menurun pada frekuensi 1,7 Hz kemudian nilai RMS acceleration meningkat pada frekuensi 2 Hz. Pada pembebanan 125 ohm pada frekuensi 1,7 Hz nilai RMS menurun kemudian naik kembali pada frekuensi 2 Hz , sedangkan pada pembebanan 83 ohm nilai RMS acceleration mengalami peningkatan dari frekuensi 1,4 Hz hingga 2 Hz.

### 4.3.2. Pengujian Energi Bangkitan pada HEMSA dengan Eksitasi Periodik

Berikut ialah tabel energi bangkitan HEMSA pada eksitasi periodik

Tabel 4.18 Energi bangkitan eksitasi periodik

Frekuensi Eksitasi	Beban generator	V(VOLT)	V 10 x	I(AMPERE)	Daya(Watt)
1,4 Hz(Harmonik)	10 watt	0.1450	1.4500	0.1700	0.25
	20 watt	0.1480	1.4800	0.1800	0.27
	30 watt	0.1210	1.2100	0.2000	0.24
1,7 Hz(Harmonik)	10 watt	0.1386	1.3860	0.2100	0.29
	20 watt	0.1265	1.2650	0.2900	0.37
	30 watt	0.1200	1.2000	0.3300	0.40
2 Hz(Harmonik)	10 watt	0.1600	1.6000	0.3900	0.62
	20 watt	0.1385	1.3850	0.4100	0.57
	30 watt	0.1134	1.1340	0.5900	0.67



Gambar 4.20 Diagram batang energi bangkitan HEMSA ekstitasi periodik 1.4Hz, 1.7Hz, 2Hz.

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa semakin besar frekuensi maka semakin besar power yang dihasilkan, akan tetapi pada masing – masing variasi pembebanan tiap frekuensi terdapat perbedaan nilai, nilai energi bangkitan yang dihasilkan HEMSA pada frekuensi 1.4Hz dengan pembebanan 250 ohm sebesar 0.2 watt, pembebanan 125 ohm sebesar 2,5 watt dan pembebanan pada 83 ohm sebesar 0.19.

Nilai energi bangkitan yang dihasilkan HEMSA pada frekuensi 1.7 Hz dengan pembebanan 250 ohm sebesar 0.29 watt, pembebanan 125 ohm sebesar 0.37 watt dan pembebanan pada 83 ohm sebesar 0.39 watt.

Nilai energi bangkitan yang dihasilkan HEMSA pada frekuensi 1.4Hz dengan pembebanan 250 ohm sebesar 0.61 watt, pembebanan 125 ohm sebesar 0.58 watt dan pembebanan pada 83 ohm sebesar 0.68. Dapat disimpulkan semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin besar pula energi yang dihasilkan oleh HEMSA dan pada variasi beban dengan frekuensi tertentu mempunyai nilai yang berbed. Hal ini dikarenakan kesalahan pembacaan saat membaca arus.

### 4.3.3 Performa Hydraulic Electro Mechanic Shock Absorber

#### 1. Efisiensi

Dengan dilakukannya beberapa pengujian pada HEMSA yaitu pengujian eksitasi impuls dan periodik. Dapat kita bandingkan performa dari masing-masing alat tersebut dengan menghitung efisiensi HEMSA di setiap variasi pembebanan dengan Resistor(Lampu), dengan membandingkan *power output* terhadap *power input*. *Power output* ( $P_o$ ) merupakan energi bangkitan yang dihasilkan oleh HEMSA berupa energi listrik. *Power input* ( $P_i$ ) adalah energi yang timbul akibat dari gaya redaman dikalikan kecepatan relatif sistem suspensi.  $p_i = \int Fd dz$ , dimana  $Fd$  adalah gaya redaman, dan  $z$  adalah kecepatan relative antara *base exciter* dengan *sprung mass*. yang didapatkan dari hasil pengujian dihitung kemudian dituangkan kedalam

grafik. Berikut berturut-turut data hasil pengujian yang dihasilkan oleh HEMSA :

Tabel 4.19 Effisiensi HEMSA pada saat pada saat pembebanan 250 ohm

$\zeta = 0,84 R 250 \text{ Ohm}$					
Frekuensi eksitasi (Hz)	Cd (Ns/m)	v (m/s)	P input (W)	P output (W)	$\eta$
1.4	4860	0.056	7.62	0.25	3.3
1.7	4860	0.068	11.24	0.29	2.6
2	4860	0.08	15.6	0.62	4.0

Tabel 4.20 Effisiensi HEMSA pada saat pada saat pembebanan 125 ohm

$\zeta = 0,82 R 125 \text{ Ohm}$					
Frekuensi eksitasi (Hz)	Cd (Ns/m)	v (m/s)	P input (W)	P output (W)	$\eta$
1.4	5204	0.056	8.16	0.27	3.3
1.7	5204	0.068	12.03	0.37	3.1
2	5204	0.08	16.7	0.57	3.4

Tabel 4.21 Effisiensi HEMSA pada saat pada saat pembebanan 83 ohm

$\zeta = 0,74 R 83 \text{ Ohm}$					
Frekuensi eksitasi (Hz)	Cd (Ns/m)	v (m/s)	P input (W)	P output (W)	$\eta$
1.4	5614	0.056	8.80	0.24	2.7
1.7	5614	0.068	12.98	0.4	3.1
2	5614	0.08	18.0	0.67	3.7

Untuk mendapatkan power input berikut contoh perhitungan, untuk pembebanan 250 ohm pada frekuensi eksitasi 1,4 Hz:

Diketahui:  $c = 4860 \text{ Ns/m}$

$f = 1,4 \text{ Hz}$

dari persamaan  $P_i = \int Fd dz$ , bila diintegrasikan menjadi:

$$P_i = \int c\dot{z}d\dot{z} dz \text{ dimana } Fd = c\dot{z}$$

$$P_i = c \int \dot{z}d\dot{z}$$

Maka, persamaan menjadi:

$$P_i = 1/2c\dot{z}^2 \text{ dimana } z = 2Af$$

$$P_i = 1/2 \cdot 4860 (2 \times 0.02 \times 1.4)^2$$

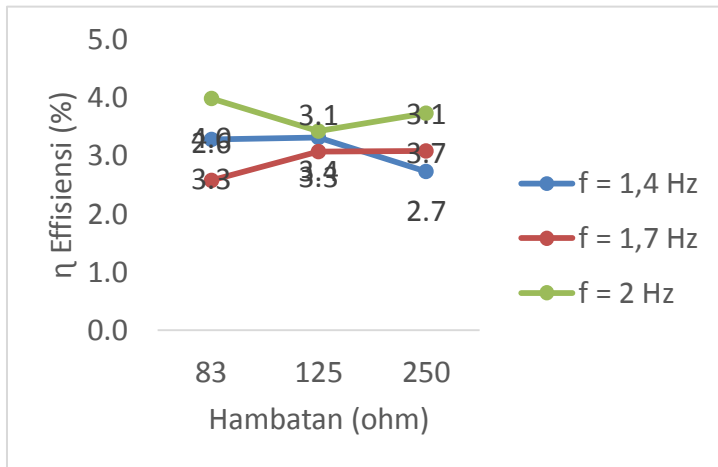
$$P_i = 7.62$$

Sehingga,  $\eta = P_0 / P_i \times 100\%$

$$\eta = 0.2 / 7.62 \times 100\%$$

$$\eta = 2.62\%$$

Di bawah ini merupakan grafik efisiensi daya HEMSA hasil perhitungan dari berbagai pembebanan akumulator dan frekuensi eksitasi:



Gambar 4. 24 Grafik efisiensi performa HEMSA pembebanan akumulator

Dari gambar 4.24 dapat dilihat bahwa *trendline* efisiensi performa HEMSA dari setiap variasi pembebanan listrik. Pada frekuensi 1.4 Hz terjadi penurunan efisiensi pada hambatan 250 ohm, pada frekuensi 1.7 Hz terjadi kenaikan bertahap pada hambatan 125 ohm dan kemudian naik lagi pada hambatan 250 ohm, sedangkan pada frekuensi 2 Hz terjadi penurunan efisiensi pada frekuensi 125 kemudian efisiensi naik kembali pada frekuensi 250 ohm. Dari grafik di atas menunjukkan bahwa *trendline* tidak sesuai dengan teori yaitu nilai efisiensi tidak linier, rendahnya efisiensi yang dihasilkan oleh HEMSA kemungkinan dikarenakan banyaknya kehilangan-kehilangan pada tiap-tiap komponen HEMSA. Misalnya pada dalam bentuk Inersia Losses, gesekan dan pembacaan alat ukur yang tidak akurat.

## 1. Transmissibility

Dengan dilakukannya beberapa pengujian pada HEMSA yaitu pengujian eksitasi impuls dan periodik. Dapat kita bandingkan performa dari masing-masing alat tersebut dengan menggunakan grafik *displacement transmissibility* terhadap *ratio frekuensi*, mencari *displacement transmissibility* dilakukan dengan cara membandingkan RMS percepatan *sprung mass dan base exciter* data yang kita dapatkan dari hasil pengujian dituangkan kedalam grafik. Berikut berturut-turut data hasil pengujian yang dihasilkan oleh HEMSA.

Tabel 4.19 Performa HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 250 ohm

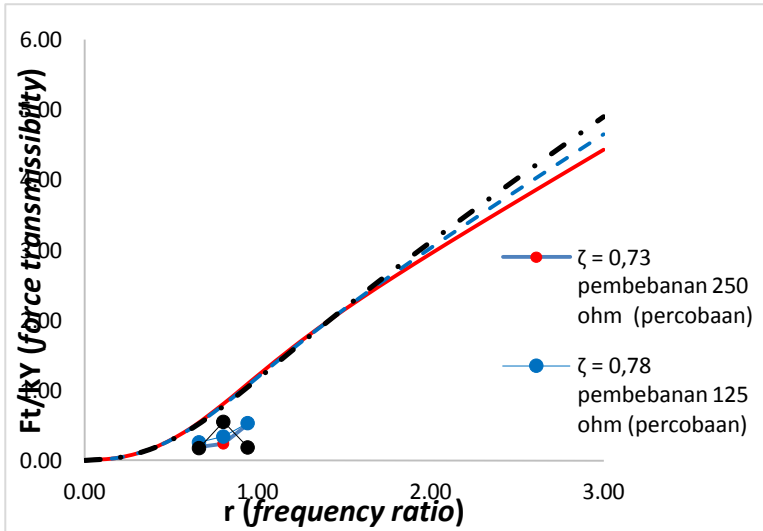
Frekuensi eksitasi	r	w	Wn	Ft/kY teoritis	Ft/kY percobaan
1.4	0.66	8.80	13.32	0.54	0.19
1.7	0.80	10.69	13.32	0.81	0.24
2	0.94	12.57	13.32	1.10	0.52

Tabel 4.20 Performa HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 125 ohm

Frekuensi eksitasi	r	w	Wn	Ft/kY teoritis	Ft/kY percobaan
1.4	0.66	8.80	13.32	0.53	0.26
1.7	0.80	10.69	13.32	0.79	0.34
2	0.94	12.57	13.32	1.07	0.54

Tabel 4.21 Performa HEMSA teoritis dan percobaan pada pembebanan 83 ohm

Frekuensi eksitasi	r	w	Wn	Ft/kY teoritis	Ft/kY percobaan
1.4	0.66	8.80	13.32	0.53	0.26
1.7	0.80	10.69	13.32	0.79	0.34
2	0.94	12.57	13.32	1.07	0.54



Gambar 4.21 Grafik displacement transmissibility ( $T_d$ ) versus frequency ratio ( $r$ )

Pada grafik diatas menunjukkan hubungan antara *force transmissibility* dengan *frequencyratio*. Proses perhitungan dilakukan dengan membandingkan RMS percepatan *sprung mass* dan *base exciter* yang terdapat pada tiap-tiap *damping ratio*, baik teoritis maupun percobaan. Dapat dilihat dari grafik di atas, pada setiap *damping ratio trendline* secara teoritis nilai *force transmissibility* meningkat seiring bertambahnya *frequency*. Sedangkan dari hasil eksperimen (percobaan), *trendline* pada  $\zeta = 0,73$  pembebanan 250 ohm nilai  $F_T/kY$  pada  $r = 0,66$  adalah sebesar 0,19 kemudian mengalami kenaikan pada  $r = 0,8$  dengan nilai  $F_T/kY$  sebesar 0,24 dan mengalami kenaikan lagi pada  $r = 0,94$  nilai  $F_T/kY$  sebesar 0.52. Pada *trendline*  $\zeta = 0,78$  pembebanan 125 ohm dimulai dari  $r = 0,66$  didapat nilai  $F_T/kY$  0,26 kemudian mengalami kenaikan berturut - turut pada  $r = 0,8$

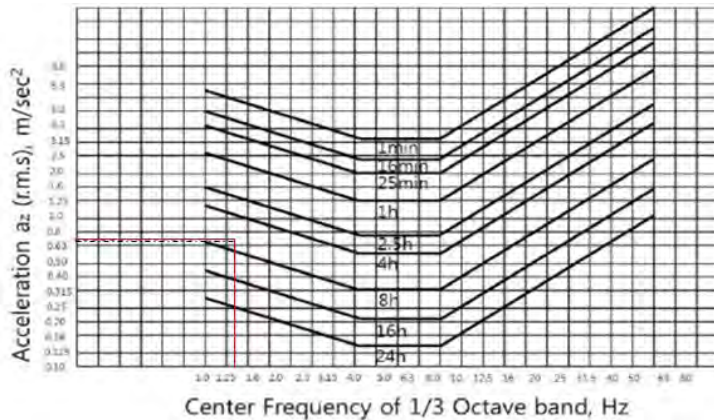


dengan nilai  $F_T/kY$  sebesar 0,34 dan pada  $r = 0,94$  dengan nilai  $F_T/kY$  sebesar 0,54. Pada  $\zeta = 0,84$  pembebanan 83 ohm pada nilai  $F_T/kY$  pada  $r = 0,66$  adalah sebesar 0,18 kemudian mengalami kenaikan pada  $r = 0,8$  dengan nilai  $F_T/kY$  sebesar 0,55 dan mengalami penurunan pada  $r = 0,94$  nilai  $F_T/kY$  sebesar 0.19.

Dari hasil *trendline* analisa grafik dapat disimpulkan bahwa, pada titik *frequency ratio* dengan *damping ratio* yang lebih besar menghasilkan nilai *force transmissibility* lebih besar. Besarnya variasi hambatan mempengaruhi nilai *force transmissibility*, ini disebabkan nilai konstanta redaman yang meningkat maka nilai *damping ratio* pun meningkat. Dari ketiga *trendline* grafik hasil eksperimen (percobaan) jauh dari grafik teoritis. Hal ini disebabkan mekanisme HEMSA mempunyai nilai konstanta redaman berbeda-beda, yang terdiri dari beberapa komponen yaitu *hydraulic*, *mechanic*, dan generator serta pengaruh kondisi pembebanan variasi listrik. kemungkinan bisa terjadi karena keterbatasan alat ukur atau alat HEMSA tidak bekerja dengan maksimal.

#### 4.3.4 Standar kenyamanan pada ISO 6231

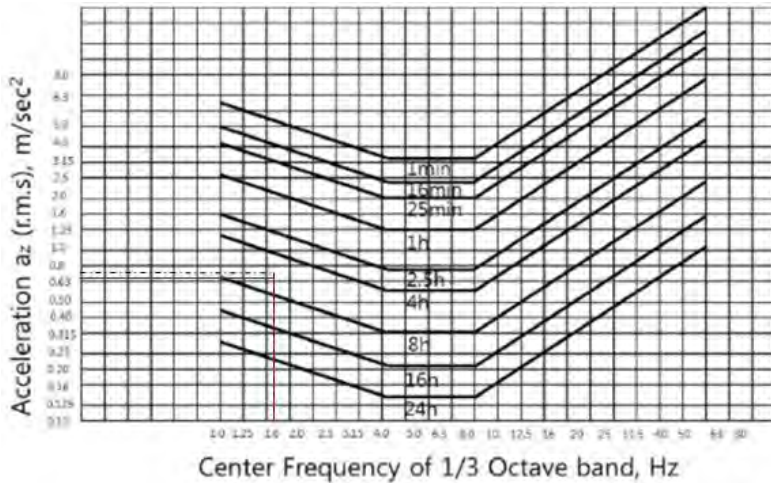
##### 4.3.4.1 Standar kenyamanan penumpang pada frekuensi 1,4 Hz dengan pembebanan listrik



Gambar 4.22 Grafik kenyamanan penumpang menggunakan HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm

Pada gambar 4.25, dapat dilihat bahwa kenyamanan penumpang berdasarkan standar ISO 2631. Dimana dengan frekuensi 1,4 Hz nilai RMS untuk pembebanan 250 ohm ialah 0.7121  $m/s^2$  berada pada range waktu 8 jam, nilai RMS untuk pembebanan 125 ohm sebesar 0.7113  $m/s^2$  berada pada range waktu 8 jam, dan nilai RMS untuk pembebanan 83 ohm sebesar 0.658  $m/s^2$  berada pada range waktu 8 jam. Dari ketiga nilai RMS tersebut mempunyai range waktu yang sama yaitu berada pada range 8 jam. Range waktu tersebut menyatakan penumpang hanya akan merasa nyaman pada waktu tersebut.

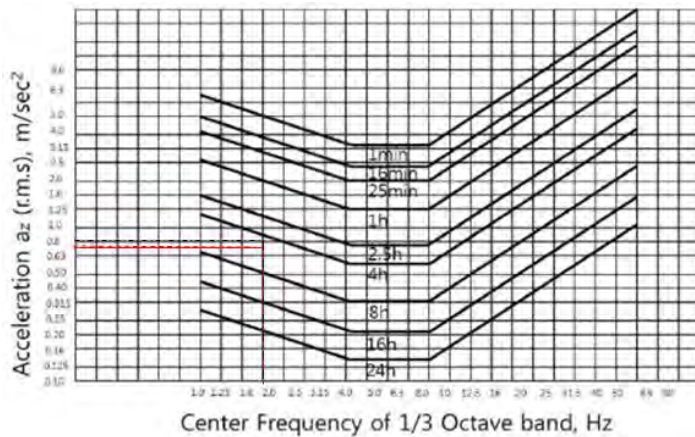
### 4.3.3.2 Standar kenyamanan penumpang pada frekuensi 1,7 hz dengan pembebanan listrik



Gambar 4.23 Grafik kenyamanan penumpang menggunakan HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm

Pada gambar 4.26, dapat dilihat bahwa kenyamanan penumpang berdasarkan standar ISO 2631. Dimana dengan frekuensi 1,7 Hz nilai RMS untuk pembebanan 250 ohm ialah  $0.6523 \text{ m/s}^2$  berada pada range waktu 4 jam, nilai RMS untuk pembebanan 125 ohm sebesar  $0.6772 \text{ m/s}^2$  berada pada range waktu 4 jam, dan nilai RMS untuk pembebanan 83 ohm sebesar  $0.7321 \text{ m/s}^2$  berada pada range waktu 4 jam. Dari ketiga nilai RMS tersebut mempunyai range waktu yang sama yaitu berada pada range 4 jam. Range waktu tersebut menyatakan penumpang hanya akan merasa nyaman pada waktu tersebut.

#### 4.3.4.3 Standar kenyamanan penumpang pada frekuensi 2 hz dengan pembebanan listrik



Gambar 4.24 Grafik kenyamanan penumpang menggunakan HEMSA akibat eksitasi periodik 1,4 Hz. (merah) pembebanan 250 ohm, (biru) pembebanan 125 ohm charged, (hitam) pembebanan 83 ohm

Pada gambar 4.27, dapat dilihat bahwa kenyamanan penumpang berdasarkan standar ISO 2631. Dimana dengan frekuensi 2 Hz nilai RMS untuk pembebanan 250 ohm ialah  $0.7333 m/s^2$  berada pada range waktu 4 jam, nilai RMS untuk pembebanan 125 ohm sebesar  $0.7499 m/s^2$  berada pada range waktu 4 jam, dan nilai RMS untuk pembebanan 83 ohm sebesar  $0.7829 m/s^2$  berada pada range waktu 4 jam. Dari ketiga nilai RMS tersebut mempunyai range waktu yang sama yaitu berada pada range 4 jam. Range waktu tersebut menyatakan penumpang hanya akan merasa nyaman pada waktu tersebut.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan terhadap HEMSA didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai dari konstanta pegas dari hasil pengujian yang digunakan pada HEMSA adalah sebesar 44357.5 N/m
2. Nilai redaman *viscous* yang didapat adalah 2356 Ns/m, nilai redaman *viscous* + *Gear transmission damping* yang didapat adalah 2673 Ns/m dan nilai redaman HEMSA tanpa pembebanan ialah 3887.5 Ns/m.
3. Nilai redaman total HEMSA dua selang *compression* dan satu selang *rebound* dengan pembebanan 250 ohm ialah 4860 Ns/m. nilai dengan pembebanan 125 ohm ialah 5204.5 Ns/m. nilai redaman dengan pembebanan 83 ohm ialah 5614 Ns/m. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi pembebanan akan semakin besar nilai redaman yang dihasilkan.
4. Pengujian impuls pada *sprung mass* didapat nilai peak percepatan paling tinggi pada pembebanan 125 ohm sebesar  $0.8 \text{ m/s}^2$ , sedangkan pada *base exciter* didapat peak percepatan paling tinggi pada pembebanan 83 ohm sebesar  $1.3 \text{ m/s}^2$ .
5. Energy bangkitan yang dihasilkan HEMSA dua selang *compression* dan satu selang *rebound* pada frekuensi 1.4 Hz dengan pembebanan 250 ohm ialah 0.25 watt, dengan frekuensi 125 ohm ialah 0.27 watt dan dengan pembebanan 83 ohm ialah 0.24 watt. Pada frekuensi 1.7 Hz dengan pembebanan 250 ohm ialah 0.29 watt, dengan frekuensi 125 ohm ialah 0.37 watt dan dengan pembebanan 83 ohm ialah

- 0.40 watt. Pada frekuensi 2 Hz dengan pembebanan 250 ohm ialah 0.62 watt, dengan frekuensi 125 ohm ialah 0.57 watt dan dengan pembebanan 83 ohm ialah 0.67 watt.
6. Pada Grafik *Force transmissibility Vs Ratio Frekuensi*, terdapat perbedaan yang jauh antara hasil percobaan dengan perhitungan secara teori. Dimana pada nilai  $r = 0.8$ , nilai ( $F_t/kY$ ) teoritis pada semua variasi pembebanan dengan  $\zeta$  0.73,  $\zeta$  0.78, dan  $\zeta$  0.84 mengalami kenaikan namun nilai ( $F_t/kY$ ) percobaan pada  $\zeta$  0.73 mengalami penurunan,  $\zeta$  0.73 mengalami penurunan dan  $\zeta$  0.73 mengalami kenaikan. dimungkinkan salah satu penyebab dari nilai percobaan dan perhitungan teori tidak sama adalah alat tidak bekerja secara maksimal dan kesalahan pada saat pengukuran .
  7. Didasarkan pada ISO 2631 bahwa pada frekuensi 1,4 Hz seseorang akan merasa nyaman berada di range 8 jam sedangkan pada frekuensi 1,7 Hz dan 2 Hz berada di range seseorang merasa nyaman selama 4 jam.

## 5.2 SARAN

Adapun saran-saran yang dapat diberikan pada tugas akhir ini adalah

1. Sebaiknya dalam merancang HEMSA, pemilihan material dan pengisian fluida juga jenis dari fluida diharapkan lebih diperhatikan lagi. Karenan material tersebut berpengaruh terhadap kinerja dari shock absorber tersebut.
2. Perlu adanya komponen yang diperbaiki pada alat uji test rig agar pengujian dapat dilakukan lebih maksimal. Misalnya mekanisme holder beban massa diperkokoh agar lebih kuat menopang beban yang berat (>250 kg).
3. Perlu adanya sensor tambahan pada alat sensor suspension tes rig untuk mengetahui Amplitudo pada massa sprung dan base excitasi.
4. Perlu dilakukan perawatan baik pada alat uji test rig maupun pada HEMSA agar alat tetap dapat bekerja dengan maksimal

## Daftar Pustaka

- [1] Arziti, Marcos. 2010. *Harvesting Energy From Vehicle Suspension*. *Tempere University of Technology*. Spanyol
- [2] Hybrid <http://www.utc.edu/Research/CETE/hybrid.php>
- [3] Zuo, Lei dkk. 2010. *Design And Characterization Of An Electromagnetic Energy Harvester For Vehicle Suspension*. *New York State University, USA*.
- [4] Kelly, S Graham 2000. *Fundamental of Mechanical Vibrations*. *McGraw-Hill International Editions*.: Ohio, USA.
- [5] S. Rao, Singiresu. 2004 *Mechanical Vibration*. Prentice Hall PTR. Singapore.
- [6] Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D dan Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT., *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia*.
- [7] <http://www.patentgenius.com/patent/5369974.html>.  
Suspension Tester and Method.
- [8] Dito Renadi Hendaro, ST. dan Indra Rizky Panigoro, ST., *Rancang Bangun Gearbox VERS Generasi I dan Studi Eksperimental Energi Bangkitan VERS Generasi I dan Pengaruhnya Terhadap Performa Suspensi Mobil Isuzu Panther Bak Terbuka*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [9] Wawan Hendrawan, ST. dan Satria Ugahari, ST., *Rancang Bangun Gearbox VERS Generasi II Energi Bangkitan VERS Generasi II dan Pengaruhnya Terhadap Performa Suspensi Mobil Isuzu Panter Bak Terbuka*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [10] Sareza Hafis, ST. 2013. *Studi Eksperimental Perbandingan Karakteristik Antara Konvensional Shock Absorber*



*Dengan Regenerative ShockAbsorber (RSA).*Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- [11] Zhigang Fang, dkk.2013. *Experimental Study of Damping and Energy Regeneration Characteristics of a Hydraulic Electromagnetic Shock Absorber.*Wuhan University of Technology.China
- [12] [http:// www.yefrichan.files.wordpress.com/2010/05/diktat-getaran-mekanik1.pdf](http://www.yefrichan.files.wordpress.com/2010/05/diktat-getaran-mekanik1.pdf)
- [13] Bart L.J, dkk 2010. *electromagnetic suspension system.*Eindhoven University of Technologi. Netherlands
- [14] <http://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211029ardinathasanjayaputra/2013/04/28/generator-ac-and-dc-miscellaneous-subjects-preparing-equipments-specifications/>
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/>
- [16] <http://bangunpane.blogspot.com/2010/09/transduser-getaran.html>

## RIWAYAT HIDUP



Amelya Putri dilahirkan di Kediri, 05 Agustus 1990. Merupakan putri keempat dari lima bersaudara, dari pasangan Sumadi dan Listoliah.

Memulai pendidikan dasar di SD N 1 NGADILUWIH, Kab Kediri, Jawa Timur dan lulus pada tahun 2002, kemudian melanjutkan studinya ke SMP N 1 NGADILUWIH, Kab Kediri lulus pada tahun 2005. Kemudian kembali melanjutkan ke SMA N 4 KEDIRI dan lulus pada tahun 2008. Setelah menamatkan SMA, penulis melanjutkan studi ke Universitas Gadjah Mada tepatnya pada jurusan Diploma Teknik Mesin UGM dan lulus pada tahun 2011, selanjutnya penulis meneruskan studi sarjana di Teknik Mesin ITS, kemudian fokus pada bidang studi DESAIN. Pada bulan November 2013 Penulis mengikuti seminar dan Ujian Tugas Akhir Mesin dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.