

**STUDI EXPERIMEN PERBEDAAN KARAKTERISTIK  
ELEKTROMAGNETIK REGENERATIVE SHOCK ABSORBER (ERSA)  
TIPE MAGNET RING NEODYMIUM DENGAN MAGNET BATANG  
ALNICO PADA SUSPENSI BELAKANG MOBIL TOYOTA AVANZA**

*Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan pada  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif FT UNP*

**SKRIPSI**



**Oleh:  
FERY HAGUSMAN  
NIM/BP: 17073137/2017**

**JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF  
PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

Judul : Studi Experimen Perbedaan Karakteristik  
Electromagnetik *Regenerative Shock Absorber*  
(*ERSA*) Tipe Magnet Ring Neodymium dengan Magnet  
Batang *Alnico* Pada *Suspensi* Belakang Toyota Avanza

Nama : Fery Hagusman

NIM/BP : 17073137/2017

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

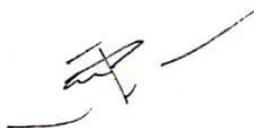
Padang, Februari 2019

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Dr. Hasan Maksun, MT  
NIP. 196608171991031007

Diketahui Oleh:  
Ketua Jurusan Teknik Otomotif



Drs. Martias, M.Pd  
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Fery Hagusman

NIM : 17073137/2017

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan Teknik Otomotif  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Dengan judul

Studi Experimen Perbedaan Karakteristik *Electromagnetik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)* Tipe Magnet Ring Neodymium dengan Magnet Batang *Alnico* Pada *Suspensi* Belakang Toyota Avanza

Padang, Februari 2019

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Hasan Maksum, MT

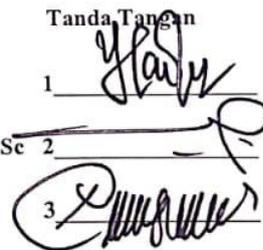
1

2. Sekretaris : Dr. Remon Lapisa, ST, MT, M.Sc

2

3. Anggota : Nuzul Hidayat, S.Pd, M.T

3



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, Puji dan syukur penulis ucapkan kepada kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Perlakuan Studi Experimen Perbedaan Karakteristik *Elektomagnetik Regenerativa Shock Absorber (ERSA)* Tipe Magnet Ring Neodymium dengan Magnet Batang Alnico Pada Mobil Toyota Avanza.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, Mpd, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd. Selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
3. Bapak Dr. Hasan Maksun, MT. Selaku Pembimbing dalam penyusunan proposal penelitian ini
4. Bapak Wanda Afnison, MT. Selaku Pembimbing dalam penyusunan proposal penelitian ini
5. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc. Selaku sekertais Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
6. Seluruh dosen, staf dan teknisi Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
7. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis baik berupa moril maupun materil.

8. Teman-teman seperjuangan yang telah meluangkan waktu dan tenaganya serta saran dan kritikan dalam penyusunan Skripsi ini.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun dari pembaca untuk menyempurnakan Skripsi ini.

Padang, Februari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Perumusan Masalah .....	5
D. Pembatasan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Asumsi Penelitian .....	6
G. Kegunaan Penelitian .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Medan Magnet .....	8
B. <i>Suspensi</i> Belakang Toyota Avanza .....	30
C. <i>Elektromenetik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)</i> .....	37
D. Hubungan <i>karakteristik energy</i> bangkitan dan Manfaat Penggunaan <i>Elektromagnetik Regenerative Shock Abshorber</i> ( <i>ERSA</i> ) pada kendaraan .....	40
E. Penelitian yang <i>Relevan</i> .....	40
F. Kerangka Berfikir .....	48
G. <i>Hipotesis</i> .....	50
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b>	
A. Desain Penelitian .....	51
B. <i>Definisi Operasional</i> dan <i>Variabel</i> Penelitian .....	51
C. Objek Penelitian .....	52
D. <i>Estimasi</i> Biaya .....	54
E. Jenis dan Sumber .....	55
F. <i>Instrument</i> Pengumpulan Data .....	56
G. Prosedur Penelitian .....	57
H. <i>Lay out</i> .....	59
I. Teknik Pengambilan Data .....	60
J. Teknik <i>Analisis</i> Data .....	61
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	62
Pembahasan <i>Analisis</i> Hubungan Karakter Energy Bangkitan <i>ERSA</i> dengan Magnet <i>Ring Neodymium</i> dan Magnet Batang <i>Alnico</i> .....	63

	B. Perbandingan <i>Efisiensi Suspensi</i> Dengan Magnet Ring <i>Neodymium</i> dan Magnet Batang <i>Alnico</i> .....	64
	C. Ukuran hasil pengukuran <i>sensor Ultra Sonic</i> .....	67
	D. Keterbatasan penelitian .....	68
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	
	A. Kesimpulan.....	69
	B. Saran .....	70

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

### Halaman Tabel

1. Badan Pusat Statistika, Jumlah kendaraan kota padang berdasarkan jenis.....	1
2. Cadanganenergyfosil.....	2
3. Tipe Magnet <i>Ring Neodymium</i> denagan standar Eropa .....	17
4. Tipe Magnet <i>Ring Neodymium</i> denagan standar Amerika.....	18
5. Kawat Tembaga .....	24
6. Spesifikasi Magnet <i>Ring Neodymium</i> .....	53
7. Spesifikasi Magnet Batang <i>Alnico</i> .....	53
8. Spesifikasi Tembaga .....	54
9. Estimasi Biaya pembuatan <i>Elektronik Magnetik Regenerative Shock</i> <i>Abshorber (ERSA)</i> dengan menggunakan <i>Neodymium Magnet</i> .....	55
10. Estimasi Biaya pembuatan <i>Elektronik Magnetik Regenerative Shock</i> <i>Abshorber (ERSA)</i> dengan menggunakan Magnet Batang .....	55
11. Gelombang arus sinus rata-rata .....	62
12. <i>Vibration Test</i> Magnet <i>Ring Neodymium</i> .....	65
13. <i>Vibration Test</i> Magnet Batang <i>Alnico</i> .....	65

## DAFTAR GAMBAR

### Gambar Halaman

1. Bentuk-bentuk magnet buatan.....	9
2. <i>Alnico Magnet</i> .....	10
3. <i>Magnet Ring Neodymium</i> .....	16
4. Garis gaya magnet di sekitar kawat berarus.....	25
5. Gerak muatan di dalam medan listrik .....	26
6. Gaya Lorentz antara dua kawat arus sejajar (a) gaya Lorentz antara dua kawat sejajar dengan arus searah, dan (b) gaya Lorentz antara dua kawat sejajar dengan arus berlawanan .....	27
7. Arus induksi dihasilkan karena ada perubahan <i>fluks</i> pada kawat <i>loop</i> .....	28
8. Perputaran kawat <i>loop</i> di dalam medan magnet menghasilkan tegangan/arus bolak-balik.....	29
9. <i>Suspensi</i> Belakang Toyota Avanza .....	31
10. <i>Pegas Suspensi</i> Belakang Toyota Avanza.....	31
11. <i>Regenerative shock absorber Hydraulic</i> .....	41
12. <i>linierelektromagnetik absorber</i> .....	42
13. <i>Power Generating shock Absorber (PGSA)</i> .....	44
14. <i>active electromagnetic suspension system</i> .....	44
15. <i>Desain hydraulic regenerative shock absorber</i> .....	45
16. <i>Desain regenerative Shock Absorber</i> .....	46
17. <i>Regenerative Shock Absorber</i> Toyota Avanza bagian depan .....	48
18. Kerangka Berfikir.....	49
19. Kontruksi <i>Magnet Ring Neodymium</i> .....	53
20. <i>Magnet Batang Alnico</i> .....	54
21. <i>Kawat Tembaga</i> .....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif di Indonesia maupun di kota padang sendiri saat ini meningkat dengan pesat, berdasarkan data yang diambil dari Badan Pusat Statistik Indonesia dan kota padang tentang perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenisnya yang terdiri dari mobil penumpang, bis, truk, dan sepeda motor dari tahun 2003-2016 terus meningkat.

Tabel 1 Badan Pusat Statistika, Jumlah kendaraan kota padang berdasarkan jenis  
Sumber: Padangkotabps.go.id.

Jenis	Tahun			
	2013	2014	2015	2016
Sedan	10.970	10.445	10.907	9.027
Jeep	7.534	7.572	8.515	7.526
Minibus	62.393	67.412	85.821	72.613
Microbus	506	507	643	547
Bus	145	143	139	141
Pick Up	1.568	16.279	20.053	13.823
Light Truck	7.890	7.542	8.412	6.516
Truck	6.924	6.650	6.767	5.968
SPMRD	295.037	310.685	388.791	278.944

Sementara itu data Badan Pusat Statistik Nasional menyatakan bahwa jumlah kendaraan yang beredar di jalanan Indonesia secara menyeluruh pada Tahun 2015 mencapai 121,39 Juta unit. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor ini berbanding terbalik dengan ketersediaan cadangan minyak bumi di Indonesia. Berdasarkan *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan

rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun.

Tabel 2 Cadangan energy fosil.

Jenis Energy Fossil	Rasio CAD/PROD (Tanpa Explorasi) Tahun
Minyak	18
Gas	61
Batu Bara	147

(DESDM, 2005)

Berdasarkan tabel jumlah kendaraan diatas dapat digambarkan berapa banyak kendaraan yang beredar dijalanan indonesia khususnya kota padang, total kendaraan dikota padang pada 2016 yaitu 395,106 unit, pada kendaraan bermotor tidak semuanya energi dapat termanfaatkan dengan baik, ada juga energi yang terbuang secara percuma, salah satu contohnya gerak naik turun suspensi akibat jalanan yang tidak rata, membuat gaya getaran pada suspensi yang terus menerus ada disaat mobil berjalan, berikut dapat digambarkan dengan seiring banyaknya kendaraan dikota padang menurut Padang (SP) jumlah kendaraan dikota akan terus meningkat sehingga akan berdampak juga pada kondisi udara kota padang, meskipun saat ini polusi gas buang kendaraan belum terlalu mangkhawatirkan meski sudah sepantanya kita memikirkan *energy alternatif* yang juga ramah lingkungan. Kualitas lingkungan hidup pada 2016, kota padang masih berada diatas target nasional yakni kualitas udara kota padang pada *indeks* 92% dari target nasional 82% dari uji emisi gas buang kendaraan yang digelar tampak juga kondisi dari 969 kendaraan berbahan bakar bensin yang melakukan uji emisi, 90% lolos sekitar 876 kendaraan, kemudian kendaraan kendaraan

berbahan bakar solar dari 135 kendaraan yang diuji secara random 110 kendaraan dinyatakan lolos atau sekitar 893.

Terlihat pada akhir pekan dilihat pada jumlah penduduk kota padang sesuai data pusat statistik kota padang terjadi peningkatan jumlah penduduk sebanyak 68,862 semenjak tahun 2003 tercatat sebanyak 68,862 semenjak tahun 2010 pada tahun 2003 tercatat sebanyak 764,700 jiwa dan pada tahun akhir tahun 2010 mencapai 833,562 jiwa, kondisi tersebut secara tidak langsung akan menambah sarana transportasi dalam mobilitas kehidupan yang membuat jumlah kendaraan meningkat. Penggunaan *energy fosil* yang mengakibatkan polusi lingkungan yang dapat membuat penurunan kualitas udara yang didalamnya terkandung jumlah Oksigen, terdiri dari campuran banyaknya gas, yang terdiri dari sekitar 78%, *Nitrogen* 20%, *Oksigen* 0,93%, *Argon* 0,03%, *Karbon Dioksida* (CO<sub>2</sub>) dan sisanya terdiri dari *neon* (NE), *Helium* (HE), *Metan* (CH<sub>4</sub>) dan *Hidrogen* (H<sub>2</sub>).

Jumlah kendaraan yang masuk kota padang ke wilayah Sumatra Barat dari Republika Sumatra Barat mengalami peningkatan kendaraan hingga 220%, catatan kepolisian daerah sumber (polda sumbar), jumlah kendaraan masuk dari pintu masuk utama lintasan sumatra *via* Dharmasraya rata-rata 1,860 kendaraan perjam lebih banyak dibandingkan rata-rata kendaraan, banyak 580 kendaraan perjam, dari semua hal ini banyak sekali energi dari kendaraan yang berjalan pada *suspensi* yang dapat dimanfaatkan dengan teknologi yang dapat membuat mobil hemat *energy* dan ramah lingkungan sehingga juga dapat mengurangi emisi kendaraan.

Dengan alasan ketersediaan *energy* yang berlipah tersebut, peneliti sangat tertarik untuk meneliti dengan menggunakan *teknologi VEH* (*Vibration Energy Harvesting*),

guna memanfaatkan energi yang terbuang tersebut menjadi *energy* listrik, teknologi *VEH (Vibration Energy Harvesting)* adalah suatu sistem sebagai salah satu alat pemanen sumber *energy alternatif* yang dikembangkan pada kendaraan dimana sistem kerja dari alat ini adalah memanfaatkan getaran kendaraan pada sistem *suspensi*, gerak tersebut merupakan gerak geser suatu titik objek atau ruang dengan jarak yang sama pada arah tertentu.

Juga gerak putar benda pada suatu sumbu yang tetap atau penggabungan dari kedua gerak tersebut sehingga dengan menambahkan *generator* dapat menghasilkan sumber *energi alternatif*, salah satu alat yang dibuat yaitu *Regenerative Shock Absorber (RSA)*, yang memanfaatkan gerak *relative* antara system *suspense* dengan *bodi* kendaraan untuk menghasilkan *energy* listrik, berdasarkan penelitian terdahulu, gerakan *translasi* pada *suspense* dirubah menjadi gerakan *rotasi* dengan memanfaatkan susunan *gearbox* yang terdiri dari *rack-pinion*, *bevel gear* serta untuk mekanisme *output* gerakan yang menghasilkan satu arah putaran menggunakan *one-way bearing* yang *outputnya* dihubungkan ke *generator* sehingga menghasilkan *energy* listrik yang dapat dimanfaatkan kembali pada *system elektronik* kendaraan.

Berdasarkan uraian dan data tabel diatas, penulis berminat melakukan penelitian pada suspensi belakang mobil Toyota Avanza, karena mobil tersebut sangat umum digunakan dan *suspensi* belakang tentu akan mendapatkan beban yang lebih maksimum pada gaya gerak naik turun *suspensi* tersebut. Pada pembuatan skripsi ini Penulis akan menambahkan *Teknologi VEH (Vibration Energy Harvesting)*, sehingga *suspensi* tersebut akan dapat menghasilkan *energy* listrik dan Penulis juga melakukan perbandingan dua *suspensi* yang berbeda dalam penggunaan magnet, yang

pertama menggunakan *Magnet Ring Neodymium* yang kedua menggunakan Magnet Batang, dengan cara tersebut Penulis dapat menemukan magnet mana yang lebih maksimal digunakan pada *teknologi Regenerative Shock Absorber (RSA)*, pada *VEH (Vibration Energy Harvesting)*.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Banyaknya energi terbuang pada kendaraan.
2. Energi yang terbuang pada kendaraan yang berpotensi menjadi sumber energi baru.
3. Rendahnya efisiensi energi pada kendaraan.

## **C. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan *identifikasi* masalah yang telah diuraikan di atas, maka bisa dirumuskan suatu permasalahan tentang bagaimana menganalisa kinerja *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan *Magnet Ring Neodymium* dan *Magnet Batang Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza.

## **D. Pembatasan Masalah**

Untuk mempermudah pengerjaan dalam penelitian ini, maka penulis memerlukan batasan-batasan masalah yang di bahas antara lain:

1. Bagaimanakah perbandingan karakteristik *energy* listrik bangkitan yang dihasilkan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan *Magnet Ring Neodymium* dan *Magnet Batang Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza ?

2. Bagaimanakah menganalisa bentuk *respon* kendaraan terhadap penggunaan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan Magnet Ring *Neodymium* dan Magnet Batang *Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza ?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana *karakteristik* perbandingan *energy* bangkitan dari *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan Magnet Ring *Neodymium* dan Magnet Batang *Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza.
2. Mengetahui bagaimana bentuk *respon* kendaraan terhadap penggunaan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan Magnet Ring *Neodymium* dan Magnet Batang *Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza.

### **F. Asumsi Penelitian**

Agar tujuan penelitian dapat dicapai sesuai dengan harapan, maka peneliti mengasumsikan beberapa keadaan sebagai berikut:

1. *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* sangat mungkin untuk dapat menghasilkan tenaga listrik.
2. *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* dengan mekanisme yang ada tidak akan mengganggu kinerja *suspensi*.

### **G. Kegunaan Penelitian**

Adapun kegunaan penelitian ini antara lain:

1. Menjadi *alternatif Alternator* baru terkait energi terbuang pada kendaraan.
2. Sebagai usaha untuk mencari *alternative* sumber *energy* listrik pada kendaraan..

3. Untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang otomotif mengenai pengaruh penggunaan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* pada kendaraan.
4. Sebagai *refrensi* bagi jurusan teknik otomotif untuk lebih mengembangkan penelitian seputar alat *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* pada kendaraan.
5. Menghasilkan *efisiensi energy* kendaraan.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Medan Magnet**

##### **1. Jenis-Jenis Magnet**

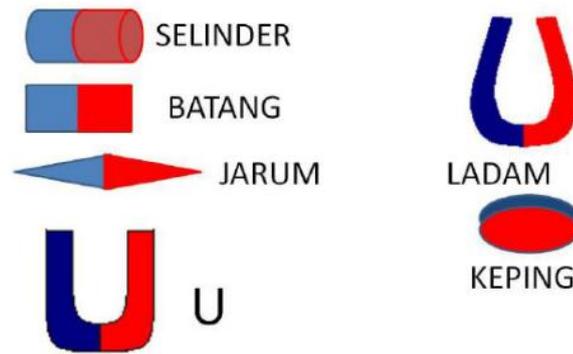
Magnet dapat dikelompokkan kepada beberapa jenis, seperti bentuk asal muasal dan sifat kemagnetannya, berikut magnet beserta dasar pengelompokannya, yang pertama jenis magnet berdasarkan asalnya:

###### **a. Magnet alam**

Magnet alam adalah magnet yang berasal dari alam, yang tidak di buat oleh manusia, magnet alam sudah bersifat magnet dari awal ditemukan di alam, batuan alam yang dapat menarik benda yang berbahan dasar besi, batuan tersebutlah yang disebut magnet alam. Magnet alam di kenal orang sejak zaman Yunani kuno, sejak zaman itu bahan magnet banyak ditemukan di daerah Magnesia Ibu kota Volos Yunani, ada juga magnet di gunung Ida, ditemukan oleh seorang penggembala, dia terheran dengan tongkat besi yang di bawanya, tongkat tersebut tertarik oleh tanah dan sulit (berat) sekali diangkat.

###### **b. Magnet buatan**

Magnet buatan adalah magnet yang sengaja dibuat manusia, magnet buatan terbuat dari besi atau baja, bentuk-bentuk magnet buatan bermacam-macam, seperti bentuk batang, silinder jarum, kepingan dan lamda (tapal kuda).



Gambar 1. Bentuk-bentuk magnet buatan  
 Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

## 2. Jenis magnet berdasarkan sifat:

### 1) Magnet permanen

Magnet permanen adalah suatu bahan yang dapat menghasilkan medan magnet, yang besarnya tetap tanpa adanya pengaruh dari luar atau disebut magnet alam, karena memiliki sifat kemagnetan yang tetap. Magnet permanen ini di buat orang dalam berbagai bentuk dan dapat dibedakan menurut bentuknya menjadi:

- a) *Neodymium* magnet yaitu magnet yang berbentuk kepingan bulat seperti uang logam.
- b) *Samarium – cobalt* magnet yang berbentuk setengah lingkaran dan lebar dibagian sisi lainnya.
- c) *Plastic* magnet atau magnet plastik (magnet non-logam) yang terbuat dari *polimer organik*.

## 2) Magnet tidak tetap

Magnet tidak tetap adalah suatu bahan yang hanya dapat menghasilkan medan magnet yang bersifat sementara, medan magnet dihasilkan dengan cara mengalirkan arus listrik, besarnya medan magnet yang dihasilkan tergantung pada arus listrik yang dialirkan.

Medan magnet yang digunakan dalam praktek kebanyakan dihasilkan oleh arus dalam kumparan, yang berinti besi agar medan magnet yang dihasilkan cukup kuat, kumparan diisi dengan besi atau bahan sejenis besi dan sistem ini dinamakan *elektro magnet*, keuntungan *elektro magnet* adalah bahwa kemagnetannya dapat dibuat sangat kuat, tergantung dengan arus yang dialirkan dan kemagnetannya dapat dihilangkan dengan memutuskan arus listriknya.

## 3. Magnet Batang *alnico*



Gambar 2, *Alnico Magnet*  
Sumber : duramag.com

*Alnico* adalah paduan besi yang bahan utamanya *Aluminium (AL)* *Nikel (NI)* dan *Colbat (CO)* maka disebut *Alnico* bahan ini bersifat feromagnetik sebelum pengembangan magnet lainnya pada tahun 1970, magnet ini adalah magnet permanen yang terkuat, magnet ini juga disebut yakni *Alni*, *Alcomax*,

*Hycomax, Colmax, dan Ticonal. Komposisi Alnico alloys biasanya 8-12% Al, 15-26% Co, hingga 6% Cu, hingga 1% Ti dan sisanya adalah Fe* pengembangan *Alnico* dari tahun 1931 ketika mishima di Jepang menemukan bahwa paduan besi, nikel dan aluminium memiliki koersitas 400 oersted (32 KA/m) dua kali lipat dari baja magnet terbaik saat itu magnet *Alnico* banyak digunakan dalam aplikasi industri dan konsumen dimana magnet yang lebih kuat ( Br ) dan produk energi yang lebih besar (BH max ) memungkinkan magnet ukuran lebih kecil untuk digunakan untuk aplikasi yang diberikan.

*Stabilitas* suhu yang sangat baik, *induksi residu* tinggi, dan *energy* yang *relatif* tinggi menjadi ciri material *Alnico*, terutama terdiri dari paduan *Aluminium, Nikel, dan Cobalt*. Mereka diproduksi baik melalui proses pengecoran atau sintering. Magnet cor dapat dibuat dalam bentuk yang kompleks, seperti sepatu kuda, tidak mungkin dengan bahan magnet lainnya, *Alnicos* yang *disinter* menawarkan sifat magnetik yang sedikit lebih rendah tetapi *karakteristik* mekanisnya lebih baik daripada *Alnicos* pemain *Alnico 5* adalah yang paling umum digunakan dari semua pemain *Alnicos*, bahan ini digunakan secara luas dalam memutar mesin, meter, instrumen, perangkat penginderaan dan memegang aplikasi, untuk beberapa nama, *Alnico* keras dan rapuh. Karena itu pemesinan atau pengeboran tidak dapat dilakukan dengan metode biasa. Lubang biasanya diintegrasikan ke dalam pengecoran, dan magnet dilemparkan mendekati ukuran akhir dan kemudian selesai mesin untuk *toleransi* yang lebih dekat.

*Alnico* memiliki kekuatan *koersif* rendah, dan mudah mengalami kerusakan magnetik jika tidak ditangani dengan hati-hati, untuk kinerja optimal *Alnico 5*, panjang magnet harus sekitar 5 kali diameter tiang atau diameter setara. Sebagai contoh, magnet berdiameter 0,250 (panjangnya harus sekitar 1,250).

Karena *koersivitasnya* yang lebih tinggi, *Alnico 8* dapat digunakan dalam ukuran yang lebih pendek dan dalam bentuk cakram.

a. Metode Pembuatan

Magnet *Alnico* diproduksi melalui proses *casting* atau *sintering*, magnet cor diproduksi dengan menuangkan paduan logam cair ke dalam cetakan dan kemudian memprosesnya lebih lanjut melalui berbagai siklus perlakuan panas, magnet yang dihasilkan memiliki tampilan *eksterior* abu-abu gelap, dan mungkin memiliki permukaan kasar, permukaan bermesin memiliki penampilan mengkilap yang mirip dengan baja, magnet yang disinter diproduksi dengan memadatkan bubuk *Alnico* yang halus dalam mesin cetak, dan kemudian menyinter bubuk yang dipadatkan menjadi magnet padat.

b. Perawatan

Ketahanan *korosi* dari *Alnico* dianggap sangat baik, dan tidak diperlukan perawatan permukaan namun, magnet *Alnico* mudah disepuh karena alasan kosmetik jika diperlukan.

c. Permesinan

*Alnico* keras dan rapuh dan mudah pecah dan pecah, teknik pemesinan khusus harus digunakan untuk mengolah bahan ini, lubang harus dibuat dengan metode EDM.

#### d. Magnetisasi dan Penanganan

Magnet *Alnico* membutuhkan medan magnet sekitar 3 kOe, karena koersivitasnya yang relatif rendah, perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa magnet-magnet ini tidak mengalami medan pengusiran balik yang merugikan, karena magnet-magnet ini sebagian dapat mendemagnetisasi magnet, magnet bermagnet harus disimpan dengan untuk mengurangi kemungkinan demagnetisasi parsial, jika *Alnicos* sebagian mengalami demagnetisasi, mereka mungkin dengan mudah diremagnetisasi.

#### e. Efek suhu

Hingga sekitar 1.000 F, perubahan magnetisasi sebagian besar dapat dibalik dan dapat dipagnetkan kembali, sedangkan perubahan di atas sebagian besar bersifat struktural dan tidak sepenuhnya reversibel atau dapat dipagnetkan kembali. Sekitar 90% dari magnetisasi suhu kamar dipertahankan pada suhu hingga 1.000 F.

#### f. Karakteristik Material

Bahan *Cast Alnico* umumnya mengandung void casting dan retakan garis rambut di dalam material, ini dapat diekspos dengan mesin selesai, berikut ini adalah kutipan dari standar MMPA mengenai ketidaksempurnaan tersebut, ini adalah bahan yang digunakan terutama untuk kemampuan magnetik mereka sebagai magnet permanen tanpa memperhatikan sifat mekanik bahan-bahan ini, disiapkan oleh praktik metalurgi yang baik, pada dasarnya tidak akan terhindarkan mengandung tingkat ketidaksempurnaan fisik, umumnya tidak direkomendasikan bahwa bahan-bahan ini dibuat digunakan untuk keperluan

struktural atau dekoratif kecuali persyaratan fisik dari magnet sebelumnya telah ditentukan secara tepat.

g. Memegang Kekuatan atau Menarik Data

Nilai tarik apa pun yang ditampilkan, merupakan perkiraan dan ditawarkan hanya untuk perbandingan. Mereka telah diukur ketika permukaan kutub bersentuhan dengan plat baja setebal 1/2 "tebal, tanah, ringan, karena sifat magnet, sangat sulit untuk membangun kekuatan penahan yang pasti agar sesuai dengan semua aplikasi, kami menyarankan agar masing-masing pelanggan membuat meja tarik sendiri pada model aktual.

h. Jenis-jenis *Alnico*

Berdasarkan proses persiapan, dan penggunaan yang berbeda, *alnico alloy* dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama.

1) *Cast Alnico*

2) *Alnico yang disinter*

3) *Bar Alnico*

i. Pengembangan *Alnico*

Pengembangan *Alnico* dimulai di Jepang pada tahun 1931. T. Mishima adalah orang pertama yang menemukan paduan aluminium, nikel, dan kobalt yang memiliki *feromagnetisme* tinggi. Paduan *Alnico* pertama memiliki *feromagnetisme* 400 Oe (unit *oersted* untuk medan magnet), itu adalah dua kali lipat dari kekuatan medan magnet dari baja magnet terbaik yang ada pada saat itu.

j. Persiapan *Alnico*

Secara umum, magnet *Alnico* disiapkan dalam proses sintering-menekan metalurgi atau proses pengecoran, perlakuan panas yang tepat sangat penting dalam proses persiapan *Alnico* agar produk memiliki sifat magnetik yang diinginkan, jika panas yang diterapkan tidak benar, produk akan memiliki *koersivitas* yang sama dengan besi, yaitu 10 Oe, proses pembuatan paduan *Alnico* terdiri dari pemanasan pada suhu kritis, dan kemudian pendinginan di hadapan medan magnet yang kuat, pertama, semua bahan baku dicampur bersama sebelum proses pemanasan dimulai, setelah besi, *aluminium*, *nikel*, *kobalt*, dan semua komponen lainnya ditambahkan dalam proporsi yang tepat, pencair ditambahkan, medan magnet *eksternal* diterapkan untuk mengarahkan *anisotropi Alnico* pada sumbu magnet yang diinginkan, hal ini dilakukan selama *nukleasi* partikel endapan (selama pendinginan dari 900 ° C hingga 800 ° C).

k. Properti dari *Alnico*

1. Semua paduan *Alnico* memiliki sifat magnetik yang kuat dan *ferromagnetisme* yang tinggi.
2. *Alnico alloys* adalah satu-satunya magnet yang memiliki kekuatan magnet yang berguna pada suhu panas merah (500 ° C - 800 ° C).
3. Magnet *Alnico* memiliki beberapa titik *curie* tertinggi di antara semua bahan *magnetik*, kisarannya sekitar 800 ° C.
4. Tidak seperti magnet keramik, magnet *Alnico* memiliki sifat *konduktivitas* listrik.

5. *Alnico alloy* memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap *korosi*.
6. Beberapa paduan *Alnico* dapat memiliki sifat *isotropik* sementara yang lain dapat memiliki sifat *anisotropik*.

i. Penggunaan *Alnico*

1. *Alnico alloys* digunakan sebagai magnet permanen yang kuat.
2. *Alnico alloys* dapat menghasilkan kerapatan *fluks* yang baik dengan harga yang sangat ekonomis.
3. *Alnico alloys* digunakan untuk memproduksi *Mikrofon*, *pickup* gitar listrik, motor listrik, penguat suara, tabung gelombang perjalanan, *sensor Hall Effect*.

#### 4. Magnet Ring Neodymium



Gambar 3. Magnet Ring Neodymium.  
Sumber : *Neodymium Iron Boron Magnets Datasheet*

Magnet Ring Neodymium juga dikenal dengan sebutan magnet NdFeB, NIB, *Super Strength* dan *Rare Earth magnet* (meskipun SMCO juga sebagai istilah lain magnet ini), dalam lembar data produksi magnet ini ada 55 jenis yang umum digunakan hampir disemua industri Otomotif, Dirgantara, Turbin angin, Militer, Penerangan, Persiapan makanan, Motor dan industri *generator* dan masih banyak pada industri lainnya.

Tabel 4. Tipe Magnet Ring Neodymium dengan standar Eropa  
 Sumber : *Neodymium Iron Boron Magnets Datasheet*

Material	Group oode	Br		Ho (Hob)		HoI (Hoj)		Bhmax	
		mT	kG	kA/m	kOg	kA/m	kOg	K.Mm3	MGOg
170/190	R7-1-1	980	9800	700	8795	1900	23875	170	21,4
210/130	R7-1-2	1060	10600	790	9925	1300	16335	210	26,4
260/120	R7-1-3	1130	11300	840	10555	1200	15080	250	31,4
290/80	R7-1-4	1230	12300	700	8795	800	10055	290	6,4
200/190	R7-1-5	1220	12200	760	9550	1900	23875	200	23,1
200/180	R7-1-6	1160	11600	840	10555	1800	22620	240	30,2
240/180	R7-1-7	1240	12400	900	11310	1200	15080	280	35,2
230/120	R7-1-8	1310	13100	800	10055	880	11060	320	40,2
320/88	R7-1-9	1060	10600	760	9550	2400	30160	210	26,4
210/240	R7-1-10	1160	11600	840	10555	2000	25130	240	30,2
240/200	R7-1-11	1300	13000	900	11310	1300	16335	310	39
310/120	R7-1-12	1200	12000	830	10430	2400	30160	250	31,4
260/240	R7-1-13	1210	12100	840	10555	2000	25130	260	32,7
240/120	R7-1-14	1330	12200	920	11560	1200	18225	340	42,7
180/80	R7-1-15	1250	13500	800	10055	900	11310	360	45,2

Tabel 5. Tipe Neodymium magnet dengan standar Amerika  
 Sumber : *Neodymium Iron Boron Magnets Datasheet*

Material	Br		Ho (Hob)		Hol (Hol)		HoI (HoI)		Bhmax	
	mT	G	Ka/m	On	kA/m	On	kA/m	On	K.Mm3	MGOg
24/41	1.000	10.000	764	9.600	3.262	41.000	3.263	41.000	150	24.0
28/22	1.050	10.500	803	10.090	2.507	31.500	2.507	31.500	205	28.0
28/22	1.050	10.500	820	10.300	1.830	23.000	1.830	23.000	225	28.0
28/32	1.073	10.730	835	10.450	2.507	31.000	2.507	31.500	225	28.0
30/19	1.130	11.300	859	10.800	1.512	19.000	1.512	19.000	240	30.0
30/27	1.130	11.300	859	10.800	2.149	27.000	2.149	27.000	240	30.0
32/16	1.180	11.800	891	11.200	1.273	16.000	1.273	16.000	255	22.0
32/31	1.160	11.600	883	11.100	2.467	31.000	2.467	31.000	255	32.0
34/22	1.196	11.960	915	11.500	1.771	22.250	1.771	22.250	270	32.0
36/19	1.231	12.310	917	11.520	1.522	19.140	1.523	19.140	285	34.0
36/28	1.220	12.200	931	11.700	2.069	26.000	2.069	26.000	285	36.0
38/15	1.250	12.500	955	12.000	1.194	15.000	1.194	15.000	300	38.0
38/23	1.240	12.400	955	12.000	1.830	23.000	1.830	23.000	300	38.0
40/15	1.280	12.800	955	12.000	1.194	15.000	1.194	15.000	320	40.0
40/23	1.290	12.900	987	12.400	1.130	23.000	1.830	23.000	320	40.0
42/15	1.310	13.100	1.011	12.700	1.194	15.000	1.194	15.000	335	42.0
44/15	1.350	13.500	1.035	13.000	1.194	15.000	1.194	15.000	350	44.0
48/11	1.375	13.750	820	10.300	875	11.000	875	11.000	350	42.0
50/11	1.410	14.100	820	10.300	875	11.000	875	11.000	400	50.0

Magnet *Ring Neodymium* diproduksi dengan standar kontrol kualitas ISO 9001 dan ISO 14001, Magnet *Ring Neodymium* dibuat dalam berbagai bentuk ada yang berbentuk Balok, Cakram, Cincin, Busur bola, Segitiga, Trapesium dan banyak bentuk lainnya. Kisaran paling umum Magnet *Ring Neodymium* dapat bekerja secara maksimum pada suhu 80 derajat C, ada juga magnet versi lain yang di pesan secara khusus oleh industri lasung ke pabrik pembuatannya ada yang dapat bekerja secara maksimum pada suhu 100 derajat C hingga maksimum 230 derajat C. Sirkuit magnet total (Bentuk magnet, Komponen lainnya, Kondisi lingkungan sekitar) yang mempengaruhi suhu juga dapat mempengaruhi kinerja Magnet *Ring Neodymium*, Magnet *Ring Neodymium* dapat melemah kemagnetannya jika berada pada suhu diatas atau dibawah suhu kerja magnet maksimum yang disarankan.

a. Arah Magnetisasi

Magnet *Ring Neodymium* adalah bahan *anisotropik* yang *disinter* mereka memiliki arah magnetisasi yang banyak disukai industri karena kemampuan kekuatan kemagnetannya tersebut dipengaruhi strukturnya, jadi magnet hanya dapat dimagnetisasi dalam satu sumbu, jika ada dua magnet dalam sumbu yang berbeda maka akan menghasilkan kinerja magnetisasi yang lebih lemah setiap Magnet *Ring Neodymium* memiliki *direction of magnetisation (Dom)*. *Neodymium magnet* diberi lebel kutub (Dengan utara dan selatan) atau bentuk magnet memiliki tanda panah didalamnya panah ini menunjukan ke arah kutub utara dan bagian ujung lainnya merupakan arah kutub selatan, terkadang satu dimensi terukur dengan lambang huruf "A", A yaitu *Aligment* atau *Axis* menunjukan

sumbu *Dom* yang dimagnetisasi, nilai yang berakhiran mmA atau InchA adalah jarak antara wajah kutub utara dan selatan contoh: D 10 mm x 2 mmA adalah magnet yang *Aksial Magnetis* 40 mm x 20 mm x 10 mmA memiliki 10 mm jarak antara wajah kutub utara dan selatan, wajah kutub utara dari magnet ini adalah kutub yang mencari utara (mencari utara *geografis*), dengan *definisi* ilmiah yang di gunakan untuk *Dom*.

b. Lapisan magnet

Semua Magnet *Ring Neodymium* harus memiliki lapisan pelindung, ada beberapa bentuk lapisan yang mana semuanya berfungsi untuk meminimalkan dan mencegah *karosi*, lapisan pelindung yang umum digunakan adalah Ni-Cu-Ni dan juga jenis pelapis yang lainnya ada sekitar 40 jenis pelapis yang umum digunakan pada Magnet *Ring Neodymium* berikut beberapa jenis pelapis pada Magnet *Ring Neodymium*:

1. Lapisan standar *Nikel-Tembaga-Nikel* (Ni-Cu-Ni)
2. Ada juga jenis pelapis yang dipesan langsung ke pabrik pembuatan Magnet *Ring Neodymium* yaitu seperti *Zinc (Zn)* terkadang digunakan untuk *alternatif* Ni-Cu-Ni, lapisan ini tidak mengkilap seperti lapisan *Nikel* dan tidak bagus soal ketahanan terhadap *Karosi*.
3. Sebenarnya lapisan emas atau perak merupakan diatas standar Ni-Cu-Ni, *Finishing Nikel* hitam adalah warna abu-abu atau hitam kusam.

Pelapis yang tidak rusak akan memperpanjang lama pemakaian magnet tetapi hanya jika magnet digunakan dalam kondisi lingkungan seperti hangat, kering, tidak ada kelembaban.

## 5. Kawat Tembaga.

Kawat tembaga sering digunakan untuk mengalirkan arus listrik, kawat tembaga juga dibedakan dengan *isolasi* dilampirkan luar tembaga tersebut, setiap merek memiliki kode huruf “p” (kawat), kemudian kode penandaan diikuti dengan jenis *isolasi* berserat, *enamel* dan gabungan.

- a. *Isolasi* berserat yaitu dilapisi serat seperti nilai, polyester dan lain-lain, kabel semacam ini digunakan untuk membuat gulungan seperti *transformator* minyak.
- b. *Isolasi enamel* terbuat dari campuran *submityaet* yaitu *lacquer sintetis* dengan pemanas pada lapisan tipis kawat, digunakan untuk perangkat yang tidak memiliki masalah pada ketebalan *isolasi* kawat.
- c. *Isolasi* gabungan terdiri beberapa lapisan *enamel* dan *eksternal*, *isolasi* ini digunakan pada kawat tembaga motor listrik juga *crane*.

Pemilihan kawat :

- a. Kelas ketahanan panas yang diperlukan, untuk gulungan dengan kecepatan putaran tinggi, karena suhu diatas 160-170 *derajat celsius* mampu merusak lapisan pelindung.
- b. Persyaratan untuk tingkat persaratan mekanis yang diperlukan ketahanan pada kelembabban, tahan beku dan perlindungan terhadap paparan bahan kimia.

Kriteria kualitas kawat gulungan tergantung pada ukuran dan mereka kabel, pada gulungan kawat tembaga harus seragam, padat tanpa ada patahan pada bagian sudut dan bagian luarnya harus dibungkus kertas, sebagian besar kawat gulungan terbuat tidak hanya tembaga ada juga *aluminium*. Untuk penentuan

kawat dengan penandaannya untuk kawat tembaga diawali dengan lambang huruf “P” dengan, jika terbuat dari bahan campuran tembaga misalnya NH-*Nichrome*, M-*Manganin*, K-*Constan* untuk melambangkan *konduktor* ditentukan dengan simbol “M”.

Persyaratan untuk sebuah kawat gulungan

- a. Kawat gulungan ditutup dengan *isolasi* seragam, pada beberapa titik pembesaran masing-masing tanda dan ukuran kawat diperbolehkan.
- b. Kawat digulung pada ukuran dan merek dengan *konduktor* yang harus dilubangi dan kekencang jumlah segmen kawat koil harus sesuai dengan ukuran dan merek kawat.
- c. Gulungan tembaga harus dikemas dengan kertas yang dapat melindungi *isolasi* kawat seharusnya tidak lebih berat dari 80 kg

Pemilihan kawat yang diperlukan untuk memutar ulang motor listrik dilakukan dengan mempertimbangkan kelas ketahanan panas, lapisan *isolasi* yang diizinkan dan persyaratan lainnya, *konduktor enamel* memiliki ketebalan minimum lapisan *isolasi*, mereka digunakan dengan persentase peningkatan mengisi alur selama berliku permukaan *isolasi* yang halus memudahkan peletakannya dialur dan ketebalannya yang kecil, dengan perpindahan panas yang meningkat, memberikan perlindungan terhadap pemanasan berlebih, penggunaan kabel *diemail* harus sesuai dengan jenis lak dan pelarut tertentu yang digunakan pada perusahaan tertentu, atau tingkatan *pernis* yang dapat disediakan oleh perusahaan, ada pelarut dan pernis yang dapat memecah enamel dan juga, ketika

dipanaskan hingga 170 derajat, isolasi ini menjadi plastik, yang mencegahnya digunakan untuk gulungan rotor berputar pada kecepatan sudut yang tinggi.

Ketebalan maksimum lapisan terisolasi memiliki kawat untuk gulungan dengan lapisan gabungan dan berserat, penggunaannya dilarang untuk gulungan kondisi agresif atau lembab, untuk tujuan seperti itu, disarankan untuk menggunakan kabel kumparan yang dilengkapi dengan insulasi kaca, tetapi kekuatan isolasi yang kecil membebaskan batasan tertentu pada penggunaan kabel tersebut, meskipun ketahanan termal dari kawat yang diisolasi dengan kaca cocok untuk kelas-kelas yang berkelok-kelok, ketika membeli kawat berkelok-kelok perlu untuk mempertimbangkan bahwa biaya kawat satu ukuran tergantung pada merek, dalam produksi perbaikan mesin-mesin listrik bertegangan rendah, harga kawat akan mencakup sebagian besar biaya keuangan dari biaya perbaikan penuh. Dalam hubungan ini, perlu mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomi pilihan, yaitu, harga dan parameter teknis, cara penggunaan tabel kawat tembaga sesuai satuan dengan kebutuhan Amper Pertama pilih berapa amper pada tabel kawat yang diperlukan, lalu temukan ukuran kawat pada kolom yang pertama.

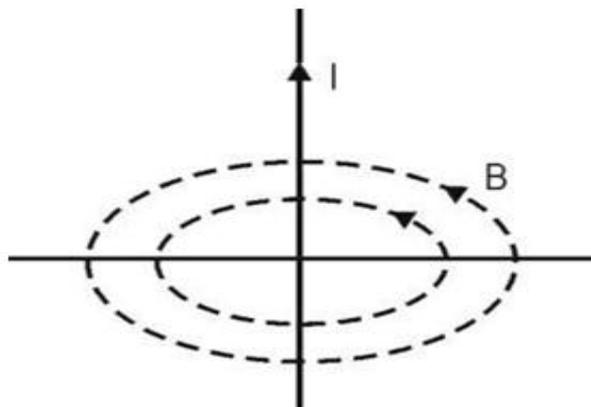
Contoh : pemilihan ukuran kawat aluminium : Arus yang diperlukan untuk kawat aluminium 10 Amper harus menggunakan kawat 1,8 mm, jika menggunakan tembaga kita hanya memerlukan ukuran 1,4 mm, tabel ukuran diameter kawat terhadap Amper harus juga menyertakan ukuran diameter kawat aluminium sebagai bahan pengganti tembaga.

Tabel 6. Kawat Tembaga  
 Sumber : Calvin Liang

Ukuran kawat (mm)	Luas P (mm <sup>2</sup> )	Amper	
		Tembaga	Aluminium
0,12	0,011	0,075	0,05
0,15	0,018	0,117	0,07
0,2	0,031	0,207	0,13
0,3	0,071	0,466	0,29
0,4	0,126	0,829	0,52
0,5	0,196	1,295	0,81
0,6	0,283	1,865	1,17
0,7	0,386	2,539	1,59
0,8	0,502	3,316	2,07
0,9	0,636	4,197	2,62
1	0,785	5,181	3,24
1,1	0,95	6,269	3,92
1,2	1,13	7,461	4,66
1,3	1,327	8,756	5,47
1,4	1,539	10,155	6,35
1,5	1,766	11,657	7,29
1,6	2,01	13,263	8,29
1,7	2,269	14,973	9,36
1,8	2,543	16,786	10,49
1,9	2,834	18,703	11,69
2	3,14	20,724	12,96
2,1	3,462	22,848	14,28
2,2	3,799	25,076	15,67
2,3	4,153	27,407	17,13
2,4	4,522	29,843	18,65
2,5	4,906	32,381	20,24
2,6	5,307	35,024	21,89
2,7	5,723	37,769	23,39
2,8	6,154	40,619	25,29
2,9	6,602	43,572	27,23
3	7,065	46,629	29,14

## 6. Medan Magnet Disekitar Arus Listrik.

Adanya hubungan antara sifat listrik dan sifat magnet mula-mula diketahui dari percobaan seorang fisikawan Denmark, yaitu Hans Christian Oersted (1777-1851). Pada Tahun 1820 Oersted melakukan percobaan mendekatkan sebuah jarum kompas ke sebuah kawat berarus listrik, ternyata jarum kompas mengalami penyimpangan arah, dari pengamatannya ini dapat disimpulkan bahwa di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet (yang dapat mempengaruhi posisi jarum kompas). Pada penelitian-penelitian berikutnya dapat diketahui bentuk garis-garis gaya magnetik disekitar kawat berarus, jika kita menggambarkan sebuah garis gaya magnetik disekitar kawat berarus, maka bentuk garis gaya tersebut adalah sebuah lingkaran yang berpusat dikawat. Lingkaran ini merepresentasikan titik-titik disekitar kawat berarus yang mempunyai medan magnet yang sama besarnya

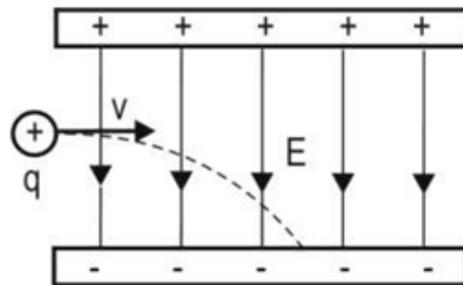


Gambar 4. Garis gaya magnet disekitar kawat berarus.

Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

## 7. Gerak Muatan Di Dalam Medan Listrik Dan Medan Magnet.

Jika sebuah muatan berada di dalam medan listrik, maka muatan tersebut akan mendapatkan gaya listrik, jika muatan tersebut adalah muatan positif yang besarnya  $q$  dan besar medan listriknya adalah  $E$ , maka besarnya gaya listrik pada muatan adalah jika muatan  $q$  dilewatkan di antara dua plat kapasitor yang kuat medannya  $E$  maka gaya listrik yang timbul pada muatan  $q$  menyebabkan muatan tersebut akan membelok ke arah plat kapasitor yang bermuatan negatif.

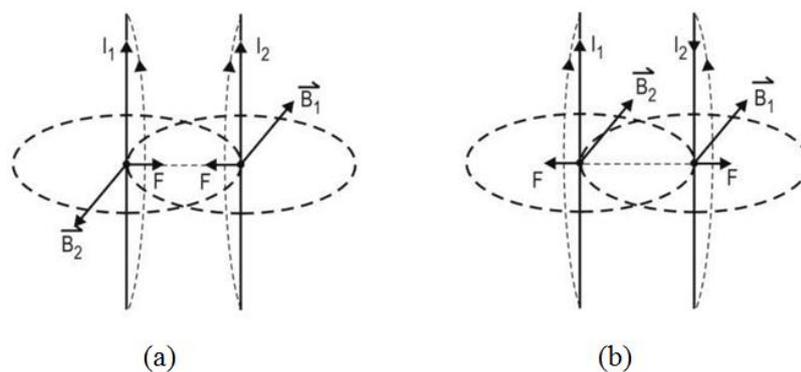


Gambar 5. Gerak muatan di dalam medan listrik  
Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

Seperti halnya didalam medan listrik, didalam medan magnet muatannya akan mendapatkan gaya magnetik, jika gaya listrik juga dapat timbul pada muatan yang diam, maka gaya magnetik hanya timbul pada muatan yang bergerak di dalam medan magnet, gaya magnetik pada muatan yang bergerak didalam medan magnet dikenal sebagai gaya Lorentz, yang mempunyai sifat yang agak berbeda dengan gaya listrik, gaya Lorentz merupakan *produk vektor*, yaitu hasil perkalian silang.

## 8. Gaya Lorentz Pada Dua Buah Kawat Arus Yang Sejajar

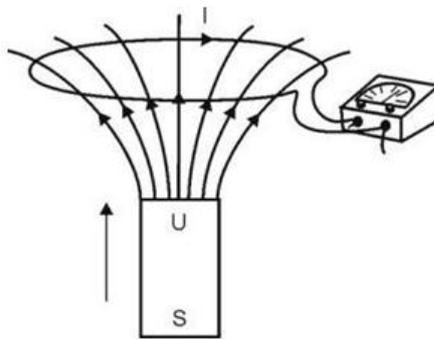
Seperti yang telah kita diketahui arus listrik adalah muatan yang bergerak, jika sebuah kawat arus diletakkan didalam medan magnet maka kawat arus juga akan mengalami gaya Lorentz, disamping itu kawat arus juga menimbulkan medan magnet disekitarnya, apabila dua buah kawat arus diletakkan sejajar, maka masing-masing kawat akan menghasilkan medan magnet yang mempengaruhi satu sama lain, sehingga masing-masing kawat akan mengalami gaya Lorentz, jika dua buah kawat arus sejajar yang sangat panjang dialiri arus listrik dengan arah yang sama, maka arah medan magnet pada masing-masing kawat, sehingga gaya Lorentz yang dihasilkan pada kedua kawat tersebut seolah-olah bersifat tarik-menarik, akibatnya kedua kawat akan melengkung ke dalam, jika arah arus pada kedua kawat sejajar tersebut berlawanan arah, sehingga pada masing-masing kawat bekerja gaya Lorentz yang arahnya seolah-olah tolak-menolak, akibatnya kedua kawat akan melengkung ke luar.



Gambar 6. Gaya Lorentz antara dua kawat arus sejajar (a) gaya Lorentz antara dua kawat sejajar dengan arus searah, dan (b) gaya Lorentz antara dua kawat sejajar dengan arus berlawanan. Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

## 9. Induksi Magnetik

Gejala *induksi* magnetik pertama kali ditemukan didalam *eksperimen* Michael Faraday (1791-1867), pada mulanya Faraday melakukan percobaan dengan menggunakan sebatang magnet dan seutas kawat yang dibentuk bulat dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan sebuah amperemeter (alat pengukur arus).



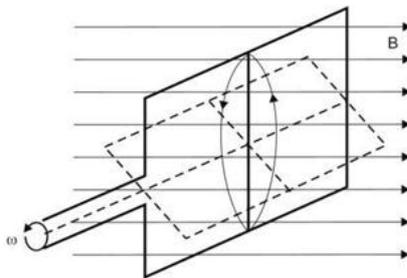
Gambar 7. Arus induksi dihasilkan karena ada perubahan *fluks* pada kawat bulat  
Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

Jika batang magnet dalam keadaan diam, *amperemeter* menunjuk angka nol, artinya tidak ada arus listrik yang mengalir pada kawat, jika batang magnet digerakkan mendekati bulat maka jarum *amperemeter* bergerak yang menunjukkan adanya arus yang mengalir pada kawat, demikian pula halnya jika batang magnet digerakkan menjauhi bulat, pada kawat terjadi arus listrik, Faraday menyimpulkan bahwa terjadinya arus listrik pada kawat bulat disebabkan terjadinya perubahan *fluks*, yaitu perubahan jumlah garis-garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi oleh bulat, jika batang magnet didekatkan ke bulat maka terjadi penambahan garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi bulat, sehingga terjadi arus listrik. Demikian pula jika batang magnet dijauhkan dari bulat maka terjadi pengurangan garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi bulat, dan mengakibatkan terjadinya

arus pula, arus yang terjadi karena induksi magnetik ini dikenal sebagai arus induksi.

## 10. Arus Bolak-Balik

Jika sebuah kawat bulat diputar didalam medan magnet, dengan sumbu putarnya tegak lurus arah medan, maka akan terjadi perubahan fluks yang menembus penampang bulat, perubahan *fluks* ini membesar-mengecil secara periodik, dimana *fluks* terbesar adalah pada saat posisi penampang tegak lurus arah medan dan *fluks* terkecil adalah pada saat posisi penampang sejajar dengan arah medan. Perubahan *fluks* ini menyebabkan timbulnya garis gaya listrik atau arus *induksi* yang berubah secara periodik pula, garis gaya listrik dan arus yang timbul ini dikenal sebagai garis gaya listrik dan arus bolak-balik.



Gambar 8. Perputaran kawat bulat didalam medan magnet menghasilkan tegangan/arus bolak-balik Sumber : Mulyanto Modul *Elektrodinamika*

## 11. Pengertian Garis Gaya Listrik *Induksi*

Gaya gerak listrik *induksi* adalah beda potensial yang timbul pada ujung-ujung kumparan karena pengaruh induksi *elektromagnetik*, ada empat cara untuk membangkitkan Garis Gaya Listrik *induksi*.

a. Disekitar magnet keluar masuk kumparan

- b. Memutar magnet didekat kumparan
- c. Memutar kumparan dalam medan magnet
- d. Memutus-sambungkan arus listrik searah yang melalui kumparan untuk menginduksi kumparan yang ada di dekatnya.

## **B. Suspensi Belakang Toyota Avanza.**

### **1. Fungsi Suspensi**

Sistem *suspensi* terpasang antara *bodi* kendaraan dengan roda, sistem ini berfungsi untuk:

- a. Menyerap getaran, guncangan, maupun kejutan pada kendaraan akibat permukaan jalan yang rusak (berlubang-lubang, miring, maupun bergelombang) dan tentunya akan melindungi penumpang ataupun barang yang akan diangkutnya.
- b. Menopang badan kendaraan diatas sumbu roda.
- c. Menjaga keseimbangan *geometris* badan kendaraan terhadap roda.
- d. Menahan dan meneruskan gaya gesekan yang timbul dari pergesekan antara roda dan jalan sebagai akibat pengereman ke chassis dan badan kendaraan.

### **2. Suspensi Belakang Toyota Avanza**

*Suspensi* belakang toyota Avanza merupakan *suspensi* tipe rigid 4 link, *suspensi* ini adalah *suspensi* belakang dengan pegasnya yang lembut dan *axle* ditahan oleh *linkage* pada posisinya.



Gambar 9. *Suspensi* Belakang Toyota Avanza  
Sumber : (Sugeng 2017)

Sifat-sifat suspensi tipe *4 link*, yaitu:

- a. Nyaman dikendarai karena menggunakan pegas yang lembut.
- b. Mengurangi kecenderungan badan mobil bergerak ke depan saat terjadi pengereman, *rear and squat* tidak akan menukik ke belakang.
- c. Gesekan pada mobil lebih kecil karena penggunaan pegas koil.
- d. Ruang bagasi lebih lapang karena pemasangan *linkage* didepan poros.

### 3. Pegas



Gambar 10. Pegas *Suspensi* Belakang Toyota Avanza  
Sumber : (Sugeng 2017)

## 1. Sifat-sifat pegas

Terdapat beberapa sifat yang dimiliki pegas, perhatikan penjelasan berikut.

### a. Sifat *elastis*

Sifat elastis dapat digambarkan dengan sebuah bola karet yang dikenai sebagai beban, jika dikenai beban atau tekanan, bola karet tersebut akan mengalami perubahan bentuk dan akan kembali pada bentuk semula bila tekanan atau beban dihilangkan, sifat *elastis* pada pegas kendaraan diwujudkan dengan cara membengkok (pada pegas daun) atau memuntir (pada pegas *spiral* atau pegas batang torsi), dalam keadaan membengkok atau memuntir, pegas sekaligus menyimpan *energy* (disebut energi potensial pegas), *energy* tersebut akan keluar (berubah menjadi *energy* dalam bentuk lain) apabila pegas kembali pada bentuk semula.

### b. Sifat konstan

Pegas selalu mengalami perubahan panjang sebanding dengan beban yang diterima pegas, sifat ini disebut sebagai sifat konstan, konstan pegas adalah besar beban yang diberikan pada pegas.

### c. Sifat ayun (*oskilasi*)

Apabila pegas diberikan beban kejut (misalnya mobil yang melintasi polisi tidur), maka pegas mobil tersebut akan tertekan dan mengatut, sehingga panjangnya berkurang, dalam keadaan ini, dikatakan pegas menyimpan *energy* (*energy potensial* pegas), setelah pegas terlepas dari beban, *energy* yang tersimpan tersebut akan keluar sehingga pegas akan memanjang bahkan bisa melebihi panjang ukuran standar, oleh berat beban kendaraan yang ada

diatasnya, pegas akan kembali tertekan sehingga terjadi gerak ayunan yang berulang-ulang hingga *energy potensial* pegas habis (sebenarnya *energy* tidak habis namun berubah menjadi bentuk *energy* lain).

## 2. Pegas *Spiral (coil spring)*

Pegas *spiral* dibuat dari batang baja khusus yang dibentuk melengkung berputar seperti *spiral*, pembebanan pada pegas spiral ini akan menyebabkan seluruh batang terpuntir dan pada saat itulah *energy potensial* tersimpan. Sifat-sifat *pegas spiral* antara lain:

- a. Tingkat penyerapan *energy* perunitnya lebih besar dari pada pegas daun.
- b. Dapat dibuat lebih lembut dengan *variasi* bentuk dan luas penampang batang bajanya.
- c. Tidak terjadi gesekan
- d. Tidak ada kontrol *osilasi* akibat gesekan.
- e. Tidak ada penahan gaya lateral sehingga diperlukan mekanisme *linkage* untuk menopang poros.
- f. Untuk menghilangkan *osilasi* diperlukan peralatan lain, misalnya *shock absorber* atau peredam kejut.

## 4. Peredam kejut

Berbagai jenis dan fungsi pegas, dalam penggunaannya pada kendaraan, pegas menyebabkan timbulnya ayunan (*osilasi*), hal ini membuat pengemudi ataupun penumpang merasa tidak nyaman, untuk itu, diperlukan satu alat yang mampu mengurangi dan bahkan meredam sifat ayunan pegas tersebut, alat ini adalah alat peredam kejut atau yang disebut *shock absorber*, peredam kejut

dipasang pada atau bersebelahan dengan pegas sedemikian rupa sehingga *osilasi* pada pegas dapat segera diredam selain itu, peredam kejut juga mempunyai fungsi lain, yaitu mampu memberikan daya cengkeram ban pada permukaan jalan sehingga meningkatkan kestabilan pada sistem kemudi kendaraan.

Kemampuan redam (*damping force*) adalah kemampuan peredam kejut untuk meredam terjadinya *osilasi* pada kendaraan, makin besar kemampuan redam suatu peredam kejut untuk meredam terjadinya *osilasi* pada kendaraan, makin besar kemampuan redam suatu peredam kejut, makin cepat pula hilangnya oskilasi yang terjadi pada kendaraan, kemampuan redam juga sangat tergantung dari kecepatan gerak piston, diagram berikut menunjukkan tipe pengaruh kemampuan redam peredam kejut terhadap kecepatan gerak piston.

## **5. Osiloskop Owon**

*Osiloskop owon* adalah 25 MHz, dua *channel osiloskop* digital portabel dengan *sample rate real-time* maksimum 100 MS / s, panjang *record* dari 5 Kpts *per channel*, tepi dan video yang memicu, dua fungsi matematika dasar dan FFT, 20 otomatis pengukuran, fungsi *auto* skala dan *konektivitas* USB untuk aplikasi *elektronik* seperti pengujian sirkuit, pendidikan teknik *elektro* dan proyek hobi, antara lain, *osiloskop* memiliki saluran *eksternal* yang dapat memicu dari sumber ketiga sementara memperoleh data dari saluran 1 dan 2, ujung dan video yang memicu memungkinkan *isolasi* sinyal tertentu dan memicu terus, off fungsi stabil memicu pada bentuk gelombang yang kompleks, menambah dan mengurangi fungsi matematika ditambah *FFT (fast Fourier transform)* bersama dengan

pengukuran *otomatis* seperti periode, *frekuensi* dan *puncak-ke puncak* memungkinkan analisis mendalam tentang bentuk gelombang .

Fungsi *auto* skala memilih pengaturan *optimal* untuk menampilkan bentuk gelombang dan dapat dinonaktifkan untuk latihan pendidikan. sampai empat bentuk gelombang dapat disimpan dalam *memori internal*, unit ini memiliki *port USB* untuk menghubungkan ke PC dan termasuk *Microsoft Windows* perangkat lunak yang cocok untuk *transmisi* data dan *operasi remote*, spesifikasi tambahan termasuk waktu naik dari 14.0ns dan berbagai fitur memicu, *oscilloscope* ini memiliki 8 warna *TFT ( thin film transistor ) LCD* dengan *resolusi* 640 x 480 piksel untuk melihat bentuk gelombang ini memiliki Eropa Kesesuaian ( CE ) menandai muncul dengan dua *probe* tegangan pasif, CD ROM perangkat lunak PC , sebuah USB kabel antarmuka , kabel listrik untuk 100 sampai 240VAC , 50 / 60Hz, CAT II dan instruksi.

spesifikasi

1. Tampilan: 8 warna *TFT LCD*.
2. *Bandwidth* : 25 MHz.
3. Saluran : Dua + satu *eksternal*.
4. Maksimum *real-time* sample rate : 100 MS / s.
5. Panjang *Record*: 5 Kpts per *channel*.
6. Sumber daya: 100 sampai 240VAC , 50 / 60Hz , CAT II atau baterai ion lithium yang dapat diisi ulang ( dijual terpisah ).
7. Dimensi ( H x W x D ) : 157 x 350 x 103 mm.
8. Berat: 1,7 kg.

Tinggi , jarak *vertikal* dari terendah ke titik tertinggi ; W adalah lebar , jarak *horizontal* dari kiri ke kanan ; D adalah kedalaman, jarak *horizontal* dari depan ke belakang, *oscilloscope* adalah alat pengujian listrik yang digunakan untuk memverifikasi fungsi peralatan yang menghasilkan sinyal listrik, *osiloskop* mengukur tegangan dari sinyal listrik dari waktu ke waktu dan menampilkan pengukuran sebagai gelombang dalam grafik *visual*, gelombang ini menunjukkan menyapu (atau refresh) tegangan pada *vertikal* (Y) *axis* dan waktu pada *horizontal* (X) *axis*, rincian gelombang yang menunjukkan sinyal dari waktu ke waktu, kebanyakan *osiloskop* memiliki dua atau empat saluran untuk memasukkan sinyal, beberapa *osiloskop* digital menawarkan lebih dari empat saluran , yang memungkinkan saluran yang akan didedikasikan untuk sinyal tertentu dan aplikasi .

Bandwidth adalah *frekuensi* maksimum sinyal bahwa sebuah *osiloskop* dapat menangkap, sebuah gambar yang konstan akan ditampilkan jika sinyal ditunjukkan pada *frekuensi* tinggi, *osiloskop* mungkin *analog*, digital, atau sinyal campuran, sebuah *osiloskop analog* langsung menampilkan sinyal input sebagai gelombang terus menerus, biasanya dalam *fosfor* bercahaya pada tabung sinar *katoda* (CRT), sebuah *osiloskop digital* mengubah sinyal masukan ke dalam *format digital* dan *reassembles* gelombang untuk tampilan, biasanya pada LCD, sebuah *osiloskop* sinyal campuran (MSO) menampilkan kedua *format analog* dan digital, beberapa *osiloskop* dapat menampilkan lebih dari satu saluran dan jenis pengukuran secara bersamaan, beberapa *osiloskop* dapat menangkap sinyal gelombang ke *memori* dan mengingat mereka.

Mereka dapat memberikan *real-time intensitas grading* dan mungkin memiliki kemampuan untuk mengatur *frekuensi layar*, *osiloskop* dapat diaktifkan dengan baterai atau listrik, atau mungkin memiliki *generator built-in*, mereka umumnya digunakan untuk pengujian, pengukuran dan pemeriksaan di bidang ilmu pengetahuan, teknik, *telekomunikasi*, otomotif dan aplikasi *elektronik*. Fujian Lilliput Optoelektronik Technology memproduksi peralatan elektronik seperti *monitor LCD*, sistem *navigasi* dan *osiloskop* bawah merek *Owon* dan *Lilliput*. Perusahaan, didirikan pada tahun 1993 di Cina, memiliki kantor AS di *City of Industry, CA* dan memenuhi *International Organization for Standardization (ISO)* standar 9001.

## **6. Vibration test**

Alat ini berfungsi untuk menguji *suspensi* kendaraan, melihat apakah *efisiensi* dari kendaraan tersebut dalam kondisi yang baik atau tidak, alat ini memiliki komputer yang mengendalikan dari kinerja efek *vibrasi* yang dihasilkan alat tersebut yang dihubungkan pada roda, agar dapat memberikan efek getaran pada roda tersebut, setelah itu akan didapatkan nilai *efisiensi* getaran yang ditampilkan pada monitor dalam bentuk % juga yang dapat ditemukan nilai dari *Vibration test suspensi* ini adalah *disability* jika perbedaan *disability* nya melampaui 15% artinya suspensi tersebut bermasalah.

## **C. Elektrik Regenerative Shock Absorber (ERSA)**

### **1. Elektrik Regenerative Shock Absorber (ERSA)**

*Elektrik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* merupakan pengembangan dari sistem suspensi, yang pada awalnya digunakan hanya untuk memenuhi dari kenyamanan suatu kendaraan dan agar kendaraan juga tidak mudah rusak saat menghantam lubang atau jalan yang tidak rata, banyak sekali para ahli yang mengembangkan *suspensi* hingga dapat disebut *Elektronik Regenerative shock absorber* yakni bisa juga diartikan *regenerasi shock absorber* dengan sistem *elektronik* atau *suspensi* tipe terbaru pada pengembangannya. banyak para pengembang memandang ada *energy* yang terbuang dari gerakan naik turun *suspensi* yang tanpa henti, saat kendaraan melaju dijalanan apalagi jika kendaraan melintasi dijalan yang tidak rata, *energy* terbuang inilah yang banyak dimanfaatkan dalam bentuk *Elektronik Regenerative Shock Absorber (ERSA)*, dirubah menjadi *energy* listrik yang dapat dimanfaatkan untuk sistem pengisian *energy* listrik pada kendaraan, ada juga pengembang yang menginginkan kenyamanan dari kerja *suspensi*, sehingga menambah mekanisme dengan memasang dua buah magnet buatan dan menghadapkan dua kutub yang sama sehingga setiap medannya saling tolak menolak, kekuatan magnet buatan ini dipengaruhi dengan menggunakan *energy* listrik, sehingga sistem ini tidak menghasilkan *energy* listrik tetapi menggunakan *energy* listrik untuk menimbulkan medan magnet yang dibutuhkan.

## **2. Prinsip Kerja *Elektrik Regenerative Shock Absorber (ERSA)*.**

Mekanisme tambahan *Elektrik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* umumnya terpasang langsung ditengah *Shock Absorber* ada juga beberapa yang mekanismenya terpasang diluar dengan memanfaatkan gerakan naik turun *Shock*

*Abshorber* sehingga mendorong *fluida* dan tekanan *fluida* tersebut diubah menjadi gerak putar dan gerak putar itu yang memutar *generator* sehingga menghasilkan *energy* listrik dan jika mekanisme yang terpasang langsung di tengah suspensi juga bisa digunakan untuk menghasilkan *energy* listrik dengan konstruksi yang lebih sederhana dan mekanisme yang tidak terlalu rumit namun tetap cukup efektif, pada intinya *Elektrik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)* bekerja dengan memanfaatkan gerak naik turun *shock abshorber* untuk diubah menjadi *energy* bangkitan listrik yang kedepannya diharapkan bisa menjadi sumber *energy* listrik *alternatif* pada kendaraan yang berdampak baik dan membuat kendaraan bisa menjadi irit bahan bakar.

### **3. Pemasangan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)*.**

- a. Melepas *Houssing* luar *Shock abshorber* dengan menggunakan gerinda.
- b. Memotong dudukan *suspensi* bagian atas dan dilakukan pengelasan untuk pemasangan batang dengan drat dan menggunakan mur agar dudukan kembali bisa terpasang pada *As shock abshorber*.
- c. Pembuatan dudukan Magnet *Ring Neodymium* dan Magnet Batang *Alnico* dengan menggunakan *akrilik*.
- d. Dilakukan penempelan dan pemasangan antara magnet dengan dudukan *akrilik*.
- e. Magnet yang telah terpasang dengan *akrilik* dipasang pada *As* tengah *shock abshorber*.
- f. Dilakukan penggulungan tembaga pada dudukan yang terbuat dari bahan plastik, lalu dipasang pada bagian luar magnet dan *akrilik*.

## **D. Hubungan Karakteristik *energy* bangkitan dan Manfaat Penggunaan *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* pada Mobil Toyota Avanza**

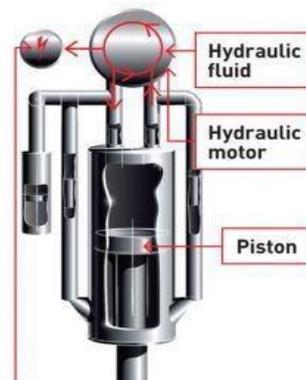
*Karakter energy* listrik bangkitan akan dapat terlihat dengan perbedaan *kontruksi* dan komponen pembuatan *ERSA*, maka akan didapatkan gambaran *karakteristik energy* bangkitan akibat perbedaan komponen dan *kontruksi* ini sehingga mempengaruhi *energy* bangkitan yang dihasilkan, dengan menggunakan *ERSA* pada *suspensi* ini dapat menghasilkan *energy* listrik bangkitan tersendiri yang mana *energy* listrik ini untuk kedepannya dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan *energy* listrik pada kendaraan sehingga juga dapat mengurangi penggunaan sumber listrik dari *Alternator* yang mengandalkan gerak putar langsung dari putaran mesin sehingga dapat memakan *energy* dari langsung putaran mesin dan membebani mesin kendaraan jika kinerja *Alternator* tersebut dapat dikurangi hal itu tentu juga akan mengurangi tenaga mesin yang termakan oleh *Alternator* karena *Alternator* dapat dibuat lebih kecil dan ringan karena sumber *energy* listrik bangkitan dapat dibantu dengan penggunaan *ERSA*, sehingga tentunya untuk kedepannya *teknologi* ini dapat membuat lebih iritnya penggunaan bahan bakar.

## **E. Penelitian yang *Relevan***

### **1. *Regenerative Shock Absorber MIT***

*Massachutes Institute of Technology* telah menciptakan *shock absorber* yang mampu menghasilkan *energy* listrik dengan menggunakan prinsip kerja *hidrolik*. Prinsip kerja sistem *hidrolik* ini adalah ketika terjadi gerakan *translasi* naik turun

akibat dari jalan yang bergelombang dapat mengakibatkan *rod* terdorong dan mendorong piston yang bekerja memaksa *fluida* untuk memutar sudu turbin. Putaran dari sudu *turbin* ini dihubungkan ke *generator* yang menghasilkan listrik, sistem pada *shock absorber* ini diklaim lebih nyaman untuk pengendara jika dibandingkan dengan sistem *shock absorber konvensional* karena pada sistem *shock absorber* ini dikontrol oleh sebuah rangkaian *elektronik* aktif yang berfungsi untuk mengoptimalkan redaman, berdasarkan hasil dari pengujian *regenerative shock absorber* ini mampu menghasilkan daya sebesar 200 watt, kelebihan dari sistem ini adalah menggunakan aliran mampat dimana dengan menggunakan cairan pada sistem *hidrolik* menghasilkan tekanan yang besar untuk memutar sudu *turbin* sehingga *energy* yang dihasilkan juga besar, putaran tersebutlah yang dimanfaatkan untuk memutar *elektronik motor generator* yang didalamnya terdapat gulungan kumparan dan magnet yang berfungsi untuk memberika arus listrik bangkitan dari komponen *suspensi* tersebut.

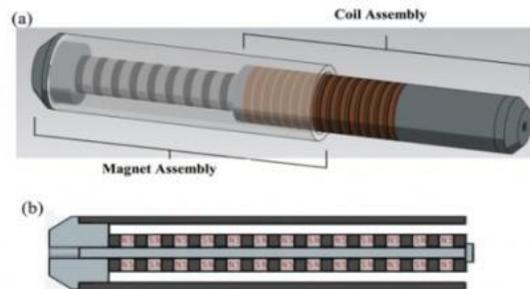


Gambar 11. Rangkaian Hydraulic  
Sumber : (MUII, 2000)

## 2. Regenerative Shock Absorber oleh Lei Zuo

Pada tahun 2010, tim yang berasal dari *Stoony Brook University* terdiri atas Prof Lei Zuo dan Pei Sheng-Zang telah mendesain sekaligus menguji temuan

mereka tentang *permanen energi* dari *suspensi* pada kendaraan, mereka memanfaatkan getaran yang terjadi pada *suspensi* untuk menghasilkan listrik, pada kali terdapat dua metode yang dapat digunakan, yaitu gerak lurus *electromagnetic absorber* dan gerak putar *absorber*.



Gambar 12. *linier elektromagnetik absorber*  
Sumber : (Lei Zuo, 2010)

Pada *Linier electromagnetic absorber* prinsip kerjanya dengan menggunakan 2 tipe magnet yang berbeda yaitu aksial yang menggunakan dua buah magnet yang terletak diantara dua buah tempat lingkaran sehingga bahan *stator* bukan bahan *non magnetik* dan *radial* yaitu magnet yang berbentuk *ring* cincin, magnet bergerak pergeseran dengan bentuk dan lintasan yang sama mengikuti gerakan pada *suspensi*, kemudian dari sisi lain terdapat kumparan, seperti halnya prinsip *elektromagnetik*, bila kumparan berputar kemudian disisinya diberikan magnet, maka menimbulkan gaya gerak listrik yang nantinya menghasilkan listrik, *linier electromagnetic absorber* ini didesain untuk kendaraan berat yang mempunyai *vibrasi* yang besar seperti, truk, bus, dan lain sebagainya.

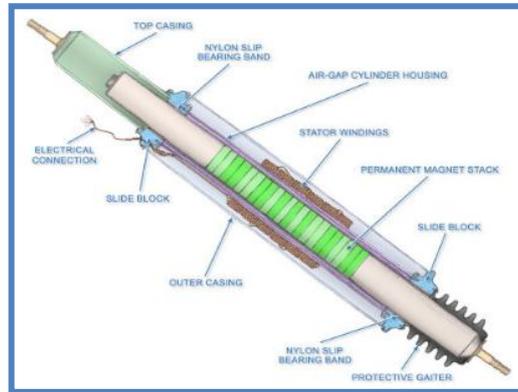
Kelebihan dari sistem *linier elektromagnetik absorber* ini adalah desainnya yang ramping dan tidak memakan banyak tempat, selanjutnya pada *Rotational Absorber*, prinsip kerjanya adalah memanfaatkan roda gigi pada sistem *suspensi*,

sehingga menghasilkan listrik, yaitu dengan mengubah pergerakan pergeseran dengan bentuk dan lintasan yang sama menjadi gerakan putar, pada gerakan pergeseran dengan bentuk dan lintasan yang sama roda gigi *rack* dihubungkan dengan spur gear, kemudian *spur gear* dihubungkan dengan *bevel gear* yang mengubah bergerak pergeseran dengan bentuk dan lintasan yang sama menjadi gerak putar, selanjutnya gerakan *putart* tersebut berputar menggerakkan *generato*, 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 didalam mengembangkan alat pemanen *energy* (*energy harvesting*).

### **3. The Power-Generating Shock Absorber (PGSA) oleh Ronald B. Goldner**

Pada tahun 2005, *Electromagnetic linear generator and shock absorber* alat yang yang ditemukan oleh Ronald B. Goldner dan Peter Zerigian, penemuan alat tersebut sudah dipatenkan diAmerika Serikat dengan *registrasi* U.S. 6.952.060. Pada *Shock absorber konvensional* kendaraan yang mengubah *energy kinetik* menjadi *energy* panas yang dilakukan oleh gerakan suspensi yang melintasi tanah, prinsip kerja dari tenaga yang dihasilkan *Shock Absorber* (PGSA) adalah dengan merubah *energy* gerak menjadi *energy* listrik dengan menggunakan gerak lurus, pada *suspensi* tersebut terdapat serangkaian tumpukan magnet permanen yang ditanam pada piston utama, *lilitan kumparan stator* yang dapat diatur

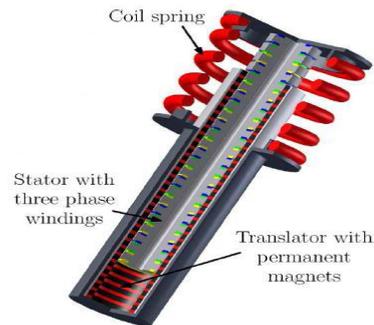
(switchable), penyearah dan kontrol elektronik, sistem tersebut dapat mengatur output listrik sesuai dengan beban redaman (*damping load*).



Gambar 13. *Power Generating shock Absorber (PGSA)*  
Sumber : (Ronald B. Goldner, 2005)

#### 4. *Active electromagnetic suspension system* oleh Bart L.J.Gysen dkk

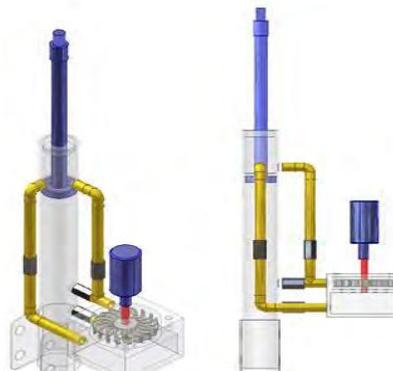
Pada tahun 2010, tim dari *Eindhoven University of Technology* membuat suatu alat yaitu *active electromagnetic suspension system*, tim ini bekerjasama dengan BMW dan SKF untuk membuat alat tersebut, prinsip kerja dari alat ini sama halnya dengan prinsip kerja dari *linier electromagnetic absorber* yang menggunakan magnet dan kumparan yang bergerak translasi sehingga menghasilkan listrik, suspensi ini termasuk dalam kategori suspensi 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 14. *active electromagnetic suspension system*  
 Sumber : (Bart L.J.Gysen, 2010).

## 5. Pengembangan *Hydraulic Regenerative Shock Absorber* oleh Muchamad Eko Jayadilaga

*VERS* adalah suatu peralatan yang digunakan sebagai pemanen *energy* yang terbuang dari gerak pergeseran dengan bentuk dan lintasan yang sama *shockabsorber* kendaraan roda empat, pada tahun 2014 Muchamad Eko Jayadilaga dan Harus Laksana Guntur melakukan pengembangan *Hydraulic Regenerative Shock Absorber*, prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan *hidrolik* sebagai peredam yang kuat, *suspensi* bergerak naik turun yang mengakibatkan menekan cairan yang berada dalam tabung kemudian dengan tekanan menggerakkan *turbin* yang digunakan untuk memutar *generator*.



Gambar 15. *Desain hydraulic regenerative shock absorber*  
 Sumber : (Eko, 2014)

## 6. *Development and Analysis of Regenerative Shock Absorber for Vehicle Suspension* oleh Harus Laksana Guntur

Pada tahun 2013, Harus Laksana Guntur, Wiwiek Hendrowati dan Rahman Roy Lubis melakukan pengembangan dan pengujian *prototype RSA Prototype* dari RSA terdiri dari system transmisi gigi, satu arah *bearing* dan sebuah generator *elektro magnetic*, *mekanisme* yang digunakan adalah dengan memasang *suspensi* secara bergantian ke tes *suspensi*, kemudian diuji dengan massa yang sudah di hitung, hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah dengan menggunakan bentuk awal 1:5 dihasilkan daya sebesar 15 sampai 18,6 yang berarti jika dalam kondisi nyata dapat dihasilkan daya sebesar 75 s/d 100 watt sehingga jika diaplikasikan keempat roda dapat dihasilkan daya sebesar 400 watt.



Gambar 16. *Desain regenerative Shock Absorber*  
Sumber : (Harus L G, 2013)

## 7. *Regenerative shock absorber Suspensi depan Toyota Avanza menggunakan magnet batang* Hasan Maksum Universitas Negeri Padang

Penelitian yang dibuat oleh Hasan Maksum, Wawan Purwanto dan Wanda Afnison dari Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang pada tahun 2018 ini menerangkan, bagaimana *energy* getaran pada *shock absorber* kendaraan yang *dikonversi* menjadi *energy* listrik dengan menggunakan magnet dan koil, pada

prinsipnya, penelitian ini memanfaatkan *energy* getaran yang mana pada sebelumnya *energy* pada peredam kejut hanya akan terbuang menjadi bentuk gesekan dan panas, namun, dalam penelitian ini mampu merubah *energy* getaran dan memanfaatkannya sebagai sumber *energy* listrik bangkitan baru untuk kendaraan dengan menambahkan mekanisme pemanen *energy* jenis *elektromagnetik*, gerakan lurus naik turun peredam kejut ditangkap oleh mekanisme *generator elektromagnetik* yang terdiri dari koil dan magnet permanen, *suspensi* ini dibuat dengan memasang magnet batang dias tengah suspensi tersebut sebanyak empat batang lalu dibagian luar magnet tersebut dipasang koker yang dililit tembaga setebal 1 cm dengan panjang koker 7 cm *Output* yang dihasilkan dari *generator elektromagnetik* dapat digunakan sebagai sumber *energy* baru untuk kendaraan.

Mekanisme pemanenan *energy* menggunakan *generator elektromagnetik* dipilih karena penelitian ini melihat *studi literatur* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya tentang *Regenerative Shock Absorber* yang telah ada. Selain itu, *generator elektromagnetik* memperoleh kehilangan *energy* terkecil, pengukuran *eksperimental* menggunakan *galvanometer*, dinyatakan bahwa energi listrik bangkitan yang diperoleh dari suspensi ini adalah 2,5 mV pada 1,5 Hz, 4,24 mV pada 2,0 Hz, dan 5,6 mV pada 2,5 Hz pada *frekuensi eksitasi*, juga tentu jika penelitian *suspensi* ini dapat dilanjutkan terus kelak pasti akan lahir produk sistem pemanen *energy* yang lebih maksimal dengan daya *Output* yang lebih besar yang dapat dihasilkan oleh *Regenerative Shock Absorber* yang dibuat oleh Fakultas

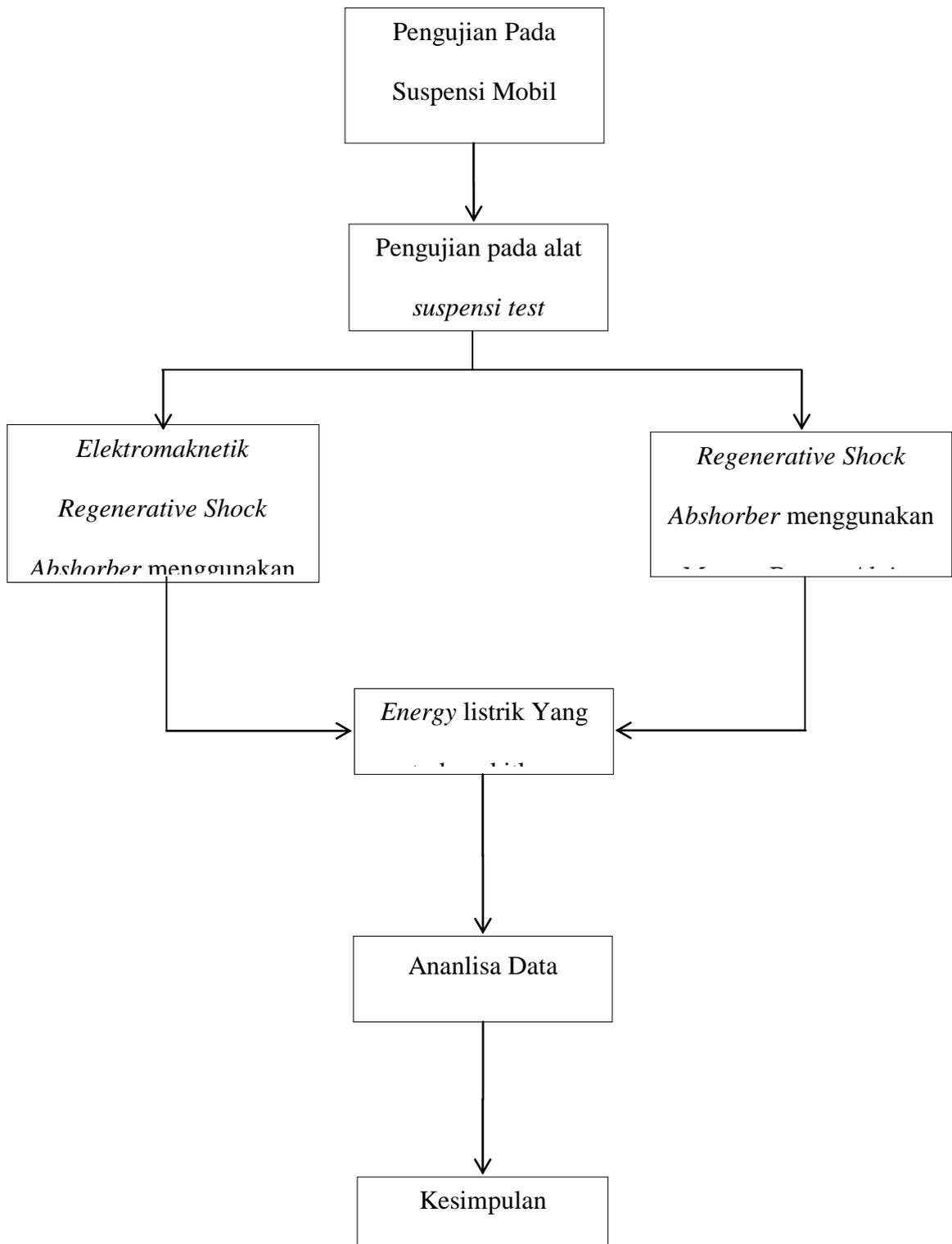
Teknik Universita Negeri Padang dan tentunya diharapkan kelak penelitian ini dapat bersaing dikancah nasional bahkan Internasional.



Gambar 17. *Regenerative Shock Absorber* Toyota Avanza bagian depan.  
Sumber : (Jurnal Hasan Maksum Geomate)

#### **F. Kerangka Berfikir**

Berdasarkan kajian teori dan penelitian yang *relevan* yang telah dipaparkan diatas, maka penulis berasumsi bahwa dengan menggunakan *Elektronikmagnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)* akan dapat menghasilkan energi listrik yang dapat dibangkitkan dan memaksimalkannya dengan melakukan perbandingan antara penggunaan *Magnet Ring Neodymium* dan Batang *Alnico*. Dalam penelitian ini penulis berharap dapat di temukan penggunaan komponen yang terbaik untuk *optimasi* pembuatan *Elektronikmagnetik Regenerative Shock Absorber (ERSA)*.



Gambar.18. Kerangka Berfikir

## **G. Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan uraian masalah tujuan penelitian dan landasan teori diatas, maka berdasarkan pertanyaan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perbandingan *energy* bangkitan dari *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)* dengan *Magnet Ring Neodymium* dan *Magnet Batang Alnico* pada *suspensi* belakang Toyota Avanza.
2. Bagaimana menganalisa respon kendaraan terhadap penggunaan *energy* bangkitan dari *Elektronik Magnetik Regenerative Shock Abshorber (ERSA)* dengan *Magnet Ring Neodymium* dan *Magnet Batang Alnico* pada suspensi belakang Toyota Avanza.

## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Magnet *Ring Neodymium* pada *ERSA* setelah dianalisa, secara umum dapat meningkatkan kinerja *ERSA* sampai pada 57,74 %. Pada *ERSA* yang menggunakan 3 Magnet Batang *Alnico* yang total berat magnet 66,6 gram dengan diameter koker 4 cm, panjang lilitan tembaga 16,458 meter dapat menghasilkan arus listrik rata-rata 124,023 mV, sementara *ERSA* yang menggunakan 9 Magnet *Ring Neodymium* yang total berat magnet setara dengan 3 Magnet Batang *Alnico* yaitu 66,6 Gram dapat menghasilkan arus listrik rata-rata 195,638 mV.
2. Setelah dilakukannya analisa data secara keseluruhan, dengan menggunakan data angka rata-rata gelombang sinus yang terbaca dari alat *osiloskop*, maka hipotesis yang penulis ajukan diterima, terhadap Arus listrik bangkitan yang mana, dengan penggunaan Magnet *Ring Neodymium* pada *ERSA* memberikan dampak yang *signifikan* terhadap Arus listrik bangkitan yang dihasilkan, dibandingkan dengan penggunaan Magnet Batang *Alnico* pada *ERSA*.

## B. Saran

- a. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :
  1. Penelitian ini masih terbatas penggunaan panjang, ketebalan, merek tembaga yang tepat untuk digunakan, juga ukuran diameter dan panjang koker, sehingga biasa ditentukan kontruksi yang tepat dan maksimal dalam penelitian lanjutan agar dapat menghasilkan arus listrik yang lebih maksimal.
  2. Untuk pengguna suspensi agar dapat memanfaatkan kinerja suspensi, tidak seharusnya kontruksi hanya terpaku, pada media yang ada *dishock absorber* saja, bisa juga dimanfaatkan seluruh luas lantai mobil sebagai media, dipasangkan plat dengan mekanisme *ERSA* sebanyak dan seluas media yang dimanfaatkan dibawah lantai mobil tersebut sejajar dengan *diferensial*, lalu plat tersebut terhubung dengan *cover diferensial* dan as roda untuk mendapatkan efek naik turun kinerja *suspensi, otomatis* jika media sebesar itu dimanfaatkan maka akan didapatkan juga arus listrik yang semakin besar.
  3. Bagi penelitian yang akan membuat kontruksi pemanfaatan *energy* listrik *alternatif* pada kendaraan, peneliti berharap kelak juga ada pengembangan pada bagian sumber lain, seperti panel surya, aerodinamika dan seperti energi kinetik pada rem kendaraan, yang juga dapat dimanfaatkan dengan membuat *kontruksi as* khusus, yang terhubung pada sistem kopling tambahan, lalu kopling tersebut terhubung pada pedal rem, yang berfungsi

jika disaat pengemudi menekan pedal rem, maka kopling tambahan pada sistem *kinetik* ini bisa juga bekerja, hingga dapat memaksimalkan kinerja rem, karena *out put* putaran kopling tersebut dapat dihubungkan pada generator, yang mana jika dilakukan pengereman akan dapat menghasilkan arus listrik, karena putaran roda yang terhubung pada *generator* pembangkit arus listrik hanya pada saat mobil direm.

b. Judul yang disarankan untuk penelitian lanjutan

1. Pengaruh Panjang Gulungan Tembaga yang Digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
2. Pengaruh Jumlah Gulungan Tembaga yang digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
3. Perbandingan Ketebalan Tembaga yang Digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
4. Pengaruh Jarak Diameter Koker Gulungan Tembaga terhadap magnet pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
5. Pengaruh Panjang Koker Gulungan Tembaga pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
6. Rancang Bangun *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* diluar mekanisme *Shock Absorber*.

## BAB V PENUTUP

### C. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

3. Penggunaan Magnet *Ring Neodymium* pada *ERSA* setelah dianalisa, secara umum dapat meningkatkan kinarjan *ERSA* sampai pada 57,74 %. Pada *ERSA* yang menggunakan 3 Magnet Batang *Alnico* yang total berat magnet 66,6 gram dengan diameter koker 4 cm, panjang lilitan tembaga 16,458 meter dapat menghasilkan arus listrik rata-rata 124,023 mV, sementara *ERSA* yang menggunakan 9 Magnet *Ring Neodymium* yang total berat magnet setara dengan 3 Magnet Batang *Alnico* yaitu 66,6 Gram dapat menghasilkan arus listrik rata-rata 195,638 mV.
4. Setelah dilakukannya analisa data secara keseluruhan, dengan menggunakan data angka rata-rata gelombang sinus yang terbaca dari alat *osiloskop*, maka hipotesis yang penulis ajukan diterima, terhadap Arus listrik bangkitan yang mana, dengan penggunaan Magnet *Ring Neodymium* pada *ERSA* memberikan dampak yang *signifikan* terhadap Arus listrik bangkitan yang dihasilkan, dibandingkan dengan penggunaan Magnet Batang *Alnico* pada *ERSA*.

## D. Saran

- b. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :
  4. Penelitian ini masih terbatas penggunaan panjang, ketebalan, merek tembaga yang tepat untuk digunakan, juga ukuran diameter dan panjang koker, sehingga biasa ditentukan konstruksi yang tepat dan maksimal dalam penelitian lanjutan agar dapat menghasilkan arus listrik yang lebih maksimal.
  5. Untuk pengguna suspensi agar dapat memanfaatkan kinerja suspensi, tidak seharusnya konstruksi hanya terpaku, pada media yang ada *dishock absorber* saja, bisa juga dimanfaatkan seluruh luas lantai mobil sebagai media, dipasangkan plat dengan mekanisme *ERSA* sebanyak dan seluas media yang dimanfaatkan dibawah lantai mobil tersebut sejajar dengan *diferensial*, lalu plat tersebut terhubung dengan *cover diferensial* dan as roda untuk mendapatkan efek naik turun kinerja *suspensi, otomatis* jika media sebesar itu dimanfaatkan maka akan didapatkan juga arus listrik yang semakin besar.
  6. Bagi penelitian yang akan membuat konstruksi pemanfaatan *energy* listrik *alternatif* pada kendaraan, peneliti berharap kelak juga ada pengembangan pada bagian sumber lain, seperti panel surya, aerodinamika dan seperti energi kinetik pada rem kendaraan, yang juga dapat dimanfaatkan dengan membuat *kontruksi as* khusus, yang terhubung pada sistem kopling tambahan, lalu kopling tersebut terhubung pada pedal rem, yang berfungsi

jika disaat pengemudi menekan pedal rem, maka kopling tambahan pada sistem *kinetik* ini bisa juga bekerja, hingga dapat memaksimalkan kinerja rem, karena *out put* putaran kopling tersebut dapat dihubungkan pada generator, yang mana jika dilakukan pengereman akan dapat menghasilkan arus listrik, karena putaran roda yang terhubung pada *generator* pembangkit arus listrik hanya pada saat mobil direm.

b. Judul yang disarankan untuk penelitian lanjutan

7. Pengaruh Panjang Gulungan Tembaga yang Digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
8. Pengaruh Jumlah Gulungan Tembaga yang digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
9. Perbandingan Ketebalan Tembaga yang Digunakan pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
10. Pengaruh Jarak Diameter Koker Gulungan Tembaga terhadap magnet pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
11. Pengaruh Panjang Koker Gulungan Tembaga pada *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* terhadap arus listrik bangkitan.
12. Rancang Bangun *Elektromagnetik Regeneratif Shock Absorber (ERSA)* diluar mekanisme *Shock Absorber*.