



**UJI KINERJA DINAMIS SISTEM SUSPENSI DAN ANALISIS
STABILITAS MICRO CAR**

Skripsi

**Diajukan Dalam Rangka Menyelesaikan Studi Strata 1
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Pendidikan**

Oleh :

Nama : Mulyono
NIM : 5201403034
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Jurusan : Teknik Mesin

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2007

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi. 2007. Uji Kinerja Dinamis Sistem Suspensi serta Analisis Stabilitas Micro Car.

Telah dipertahankan dihadapan sidang panitia ujian pada :

Hari :

Tanggal :

Panitia Ujian

Ketua

Drs. Pramono
NIP. 131474226

Pembimbing I

Widya Aryadi, S.T, M.T.
NIP. 132232515

Pembimbing II

Drs. Suprpto, M.Pd.
NIP. 131125645

Sekretaris

Drs. Suprpto, M.Pd.
NIP. 131125645

Penguji I

Drs. Wirawan S, M.T.
NIP. 131876223

Penguji II

Widya Aryadi, S.T, M.T.
NIP. 132232151

Penguji III

Drs. Suprpto, M.Pd.
NIP. 131125645

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Soesanto
NIP. 130875753

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Semua pekerjaan yang sangat sulit akan dapat diselesaikan dengan niat yang tulus, kerja keras yang sungguh-sungguh dan do'a yang ikhlas.
2. Tidak ada kata terlambat bagi orang-orang yang tidak pernah putus asa, karena kegagalan merupakan awal dari keberhasilan.
3. Jangan pernah menatap dan meratapi masa lalu, tataplah dan berjuanglah untuk masa depan karena penyesalan itu tidak ada gunanya.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

1. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu mendoakanku.
2. Kakak dan Adik tercinta
3. Sayangku Rita Rani dan keluarganya

ABSTRAK

Mulyono. 2007. Uji Kinerja Dinamis Sistem Suspensi serta Analisis Stabilitas Micro Car. Skripsi. Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Mobil merupakan salah satu sarana transportasi yang banyak digunakan pada masa sekarang ini. Kenyamanan dan kestabilan dari sebuah mobil salah satunya ditentukan oleh desain konstruksi sistem suspensi yang digunakan pada kendaraan tersebut. Micro Car merupakan salah satu mobil mini yang dituntut untuk memberikan kenyamanan dan kestabilan pada waktu dikendarai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kenyamanan dan kestabilan dari Micro Car pada waktu dikendarai di berbagai medan lintasan yang berbeda. Kenyamanan dan kestabilan tersebut dideskripsikan berdasarkan kinerja sistem suspensi yang diketahui melalui besarnya frekuensi natural yang ditimbulkan pada saat Micro Car melewati medan lintasan yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan desain penelitian eksperimental dengan pendekatan *one-shot* model. Variabel bebas pada penelitian ini adalah perbedaan medan lintasan yang dilewati dan keadaan keterkendalian Micro Car. Variabel terikat pada penelitian ini adalah besarnya frekuensi natural yang ditimbulkan pada saat Micro Car melewati medan lintasan yang berbeda. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah besarnya frekuensi natural yang paling ideal sampai dengan batasan maksimal yang diijinkan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil perhitungan frekuensi natural pada masing sistem suspensi Micro Car. Perbedaan yang sangat besar terlihat pada sistem suspensi depan dan belakang. Pada Sistem suspensi depan semua hasil perhitungan masih dalam batas yang ideal yaitu tidak melebihi 300 cpm, dimana angka yang paling tinggi 215,4 cpm dan angka yang paling rendah 136 cpm. Sedangkan pada sistem suspensi belakang, hasil perhitungannya banyak yang melebihi batas maksimal, dimana angka yang paling tinggi 425,4 cpm dan angka yang paling rendah 218,4 cpm. Batas maksimal besarnya frekuensi natural yang diijinkan untuk menciptakan rasa nyaman bagi pengemudi dan penumpangnya adalah 300 cpm, sedangkan besarnya frekuensi natural yang paling ideal dan sekaligus batas minimalnya yaitu 60 cpm.

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah bahwa kinerja sistem suspensi depan Micro Car efektif dan kinerja sistem suspensi belakang Micro Car tidak efektif. Penelitian ini menyarankan sebaiknya dalam memilih komponen yang digunakan dalam sistem suspensi harus disesuaikan dengan bentuk konstruksi dari sistem suspensi yang digunakan dan beban yang akan ditopangnya. Sistem suspensi yang paling bersesuaian tersebut nantinya dapat menghasilkan kinerja yang optimal, sehingga didapatkan sistem suspensi yang benar-benar sempurna untuk Micro Car.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Uji Kinerja Dinamis Sistem Suspensi serta Analisis Stabilitas Micro Car*”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik. Hal tersebutlah yang mendorong penulis dengan ketulusan dan kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

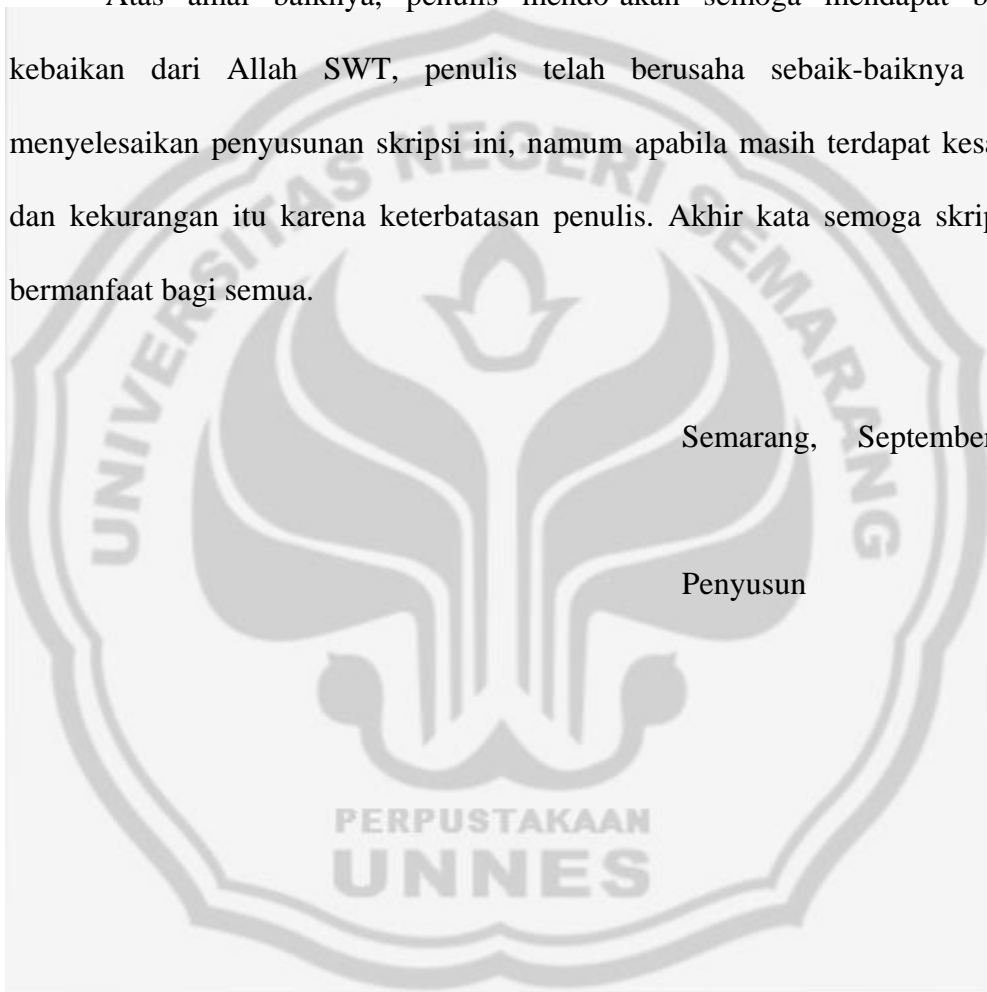
1. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
3. Widya Aryadi, S.T, M.T. Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Drs. Suprpto, M.Pd. Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Drs. Wirawan S, M.T. Dosen Penguji Netral yang telah banyak memberikan saran dan masukan.
6. Hadromi, S.Pd, M.T Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ijin penggunaan laboratorium dengan segala fasilitasnya.

7. Keluarga besar HIMPRO dan CRC Jurusan Teknik Mesin yang selalu semangat dalam kebersamaan tim.
8. Semua pihak yang telah membantu terlaksanannya penyusunan skripsi ini. dari awal sampai akhir tanpa terkecuali.

Atas amal baiknya, penulis mendo'akan semoga mendapat balasan kebaikan dari Allah SWT, penulis telah berusaha sebaik-baiknya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini, namun apabila masih terdapat kesalahan dan kekurangan itu karena keterbatasan penulis. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua.

Semarang, September 2007

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Penegasan Istilah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Skripsi.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
A. Landasan Teori.....	7
1. Desain Sistem Suspensi Micro Car.....	7
2. Kestabilan Micro Car.....	24
B. Kerangka Berpikir.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
A. Desain Penelitian.....	35
B. Variabel Penelitian.....	36
C. Tempat dan Waktu Penelitian.....	36
D. Metode Pengumpulan Data.....	37
E. Teknik Analisis Data.....	43

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil Penelitian	45
B. Pembahasan	47
C. Analisis Hasil Penelitian	53
D. Keterbatasan Penelitian.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 01. Ke epektifan dari <i>shock absorber</i>	11
Gambar 02. <i>Shock absorber</i> kerja tunggal (<i>single action</i>).....	12
Gambar 03. <i>Shock absorber</i> kerja ganda (<i>multiple action</i>).....	12
Gambar 04. <i>Shock absorber</i> tipe <i>twin tube</i>	13
Gambar 05. <i>Shock absorber</i> tipe <i>mono tube</i>	13
Gambar 06. <i>Shock absorber</i> berisi gas.....	14
Gambar 07. Prinsip kerja peredam kejut (<i>shock absorber</i>).....	16
Gambar 08. Hubungan lengan ayun dengan rangka	20
Gambar 09. Pergerakan lengan ayun ketika kendaraan dipercepat.....	20
Gambar 10. Pergerakan lengan ayun ketika kendaraan diperlambat	21
Gambar 11. Bentuk tipe dari kedudukan peredam kejut.....	23
Gambar 12. Bentuk-bentuk dari busing karet (<i>rubber bushing</i>).....	24
Gambar 13. Ketika terjadi <i>pitching</i> pada kendaraan.....	27
Gambar 14. Ketika terjadinya <i>bouncing</i> pada kendaraan	28
Gambar 15. Ketika terjadinya <i>rolling</i> pada kendaraan	28
Gambar 16. Ketika terjadinya <i>yawing</i> pada kendaraan.....	29
Gambar 17. Jenis-jenis gerakan osilasi body kendaraan.....	29
Gambar 18. Konstruksi sistem suspensi depan Micro Car	53
Gambar 19. Konstruksi sistem suspensi belakang Mico Car kanan	56
Gambar 20. Konstruksi sistem suspensi belakang Mico Car.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 01. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi depan Micro Car	46
Tabel 02. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan	46
Tabel 03. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri	47
Tabel 04. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi depan.....	48
Tabel 05. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kanan	50
Tabel 06. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kiri	52

DAFTAR GRAFIK

Grafik 01. Hasil kinerja sistem suspensi depan Micro Car	54
Grafik 02. Hasil kinerja sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan	57
Grafik 03. Hasil kinerja sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri	61



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil keseluruhan pengujian besarnya defleksi pegas...	70
Lampiran 2. Rata-rata hasil pengujian besarnya defleksi pegas.....	72
Lampiran 3. Data hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi Micro Car	75
Lampiran 4. Perhitungan frekuensi natural sistem suspensi Micro Car.....	77
Lampiran 5. Dokumentasi hasil pengukuran besarnya defleksi pegas sistem suspensi Micro Car	122
Lampiran 6. Dokumentasi tata cara urutan pengambilan data.....	134
Lampiran 7. Data spesifikasi teknik kendaraan bermotor (Micro Car)	141

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia industri di bidang *science and technology* dapat dirasakan pada saat-saat sekarang ini. Perkembangan yang sangat pesat terlihat di dunia otomotif yang menampilkan banyak sekali jenis dan bentuk dari sebuah mobil yang digunakan untuk membantu dalam menyelesaikan tugas para penggunanya. Bentuk dari desain mobil-mobil yang berkembang saat ini dirancang dalam bentuk yang sangat besar sehingga dapat merepotkan dari penggunanya. Mobil-mobil tersebut kurang memperhatikan tingkat kenyamanan dan keamanan dari para penggunanya sehingga tidak jarang terjadi kecelakaan yang diakibatkan oleh kerusakan mobil-mobil yang digunakan tersebut. Selain itu, mobil-mobil yang berkembang saat ini memiliki konstruksi yang relatif lebih besar sehingga bila digunakan dalam jumlah yang sangat banyak dapat mengakibatkan kemacetan yang cukup berarti di kota-kota yang padat akan penduduknya.

Micro Car mobil mini masa depan dirancang untuk memenuhi kebutuhan bagi para pengguna alat transportasi khususnya mobil hemat bahan bakar, penuh kenyamanan dan keamanan yang disajikan oleh Micro Car. Desain Micro Car yang begitu aerodinamis dapat memberikan kepuasan tersendiri bagi para pengguna yang sangat memperhatikan kenyamanan dan keamanan diri.

Kenyamanan dan keamanan dari pengemudinya dapat ditentukan dari kestabilan dari laju Micro Car tersebut. Kestabilan dari laju Micro Car salah satunya ditentukan oleh ketepatan dari pemilihan dan perancangan sistem suspensi yang dipasang pada roda depan dan roda belakang. Sistem suspensi merupakan suatu rangkaian komponen yang dipasang di antara bodi kendaraan dan roda-roda, dan di rancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas dalam berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan. Selain itu fungsi dari sistem suspensi adalah memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke bodi melalui gesekan antara jalan dengan roda-roda serta menopang bodi pada aksel dan memelihara letak geometris antara bodi dan roda-roda.

Suspensi digolongkan menjadi suspensi tipe *rigid (rigid axle suspension)* dan tipe bebas (*independent suspension*). Suspensi tipe *rigid*, aksel roda kiri dan kanan dihubungkan oleh aksel tunggal. Aksel dihubungkan ke bodi dan *frame* melalui pegas (pegas daun atau pegas koil). Sedangkan suspensi tipe bebas (*independent suspension*), roda-roda kiri dan kanan tidak dihubungkan secara langsung pada aksel tunggal. Kedua roda dapat bergerak secara bebas tanpa saling mempengaruhi. Suspensi terdiri dari beberapa komponen, diantaranya Pegas, *Shock absorber*, *Suspension arm*, *Ball joint*, *Bushing* karet, *Strut bar*, *Stabilizer bar*, *Lateral contro rod*, *Control arm* dan *Bumper*.

Konstruksi suspensi dari Micro Car menggunakan *swing arm monoshock* pada roda belakang, sedangkan pada roda depan menggunakan *swing arm dobleshock*. Suspensi tersebut merupakan suspensi yang paling sesuai dan

dapat diaplikasikan pada sistem roda-roda Micro Car. Roda pada Micro Car terdiri dari dua roda belakang dan satu roda depan yang sekaligus sebagai penggerak.

B. Perumusan Masalah

Bagaimana kinerja dinamis sistem suspensi yang digunakan pada Micro Car apabila melewati berbagai medan dan bagaimana hasil dari analisis kestabilannya.

C. Penegasan Istilah

Penegasan istilah dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan agar terdapat kesatuan pengertian dari beberapa istilah yang terdapat dalam skripsi dengan judul Uji Kinerja Dinamis Sistem Suspensi dan Analisis Stabilitas Micro Car. Istilah-istilah tersebut yaitu :

1. Uji Kinerja

Uji kinerja adalah suatu tindakan yang sengaja dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh kerja dari suatu sistem (sistem suspensi) yang diketahui melalui data-data yang diambil apabila sistem tersebut digunakan atau diaplikasikan sesuai dengan fungsinya.

2. Dinamis

Dinamis adalah suatu keadaan benda atau yang lainnya dalam keadaan bergerak (berubah-ubah) dan berpindah tempat.

3. Sistem Suspensi

Sistem suspensi adalah merupakan suatu sistem atau rangkaian komponen yang dipasang di antara bodi kendaraan dan roda-roda, dan di rancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas dalam berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan. Dalam hal ini sistem suspensi yang dimaksudkan adalah sitem suspensi pada Micro Car.

4. Analisis

Analisis adalah mengupas atau pembahasan yang berupa penilaian dari suatu komunikasi yang berupa kejadian, akibat maupun hasil dari perlakuan yang diberikan pada suatu hal atau benda sehingga menjadi bagian organisasi idea yang lebih jelas. Analisis yang dilakukan disini yaitu pada *design* konstruksi sistem suspensi dan kestabilan pada Micro Car.

5. Stabilitas

Stabilitas adalah suatu keadaan atau perasaan yang benar-benar nyaman dan seimbang atau dengan kata lain keadaan maupun perasaan tersebut dalam kesesuaian dan pas dengan suatu sistem yang ada sehingga dapat menciptakan rasa nyaman dan aman. Stabilitas yang dilihat atau dirasakan dalam hal ini adalah kestabilan dari Micro Car apabila kendaraan tersebut dikendarai.

6. Micro Car

Micro Car adalah kendaraan atau mobil mini masa depan di rancang untuk memenuhi kebutuhan bagi para pengguna alat transportasi khususnya mobil hemat bahan bakar, murah, lincah, penuh kenyamanan dan keamanan. Micro Car

merupakan suatu mobil yang di rancang dengan *basic* sepeda motor yang memiliki tiga roda, dengan dua roda belakang dan satu roda depan yang sekaligus sebagai roda penggerak.

D. Tujuan penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja sistem suspensi yang digunakan pada Micro Car apabila dikendarai melewati berbagai medan yang berbeda dan bagaimana kestabilan dari Micro Car tersebut.

E. Manfaat Penelitian

Skripsi ini nantinya diharapkan akan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

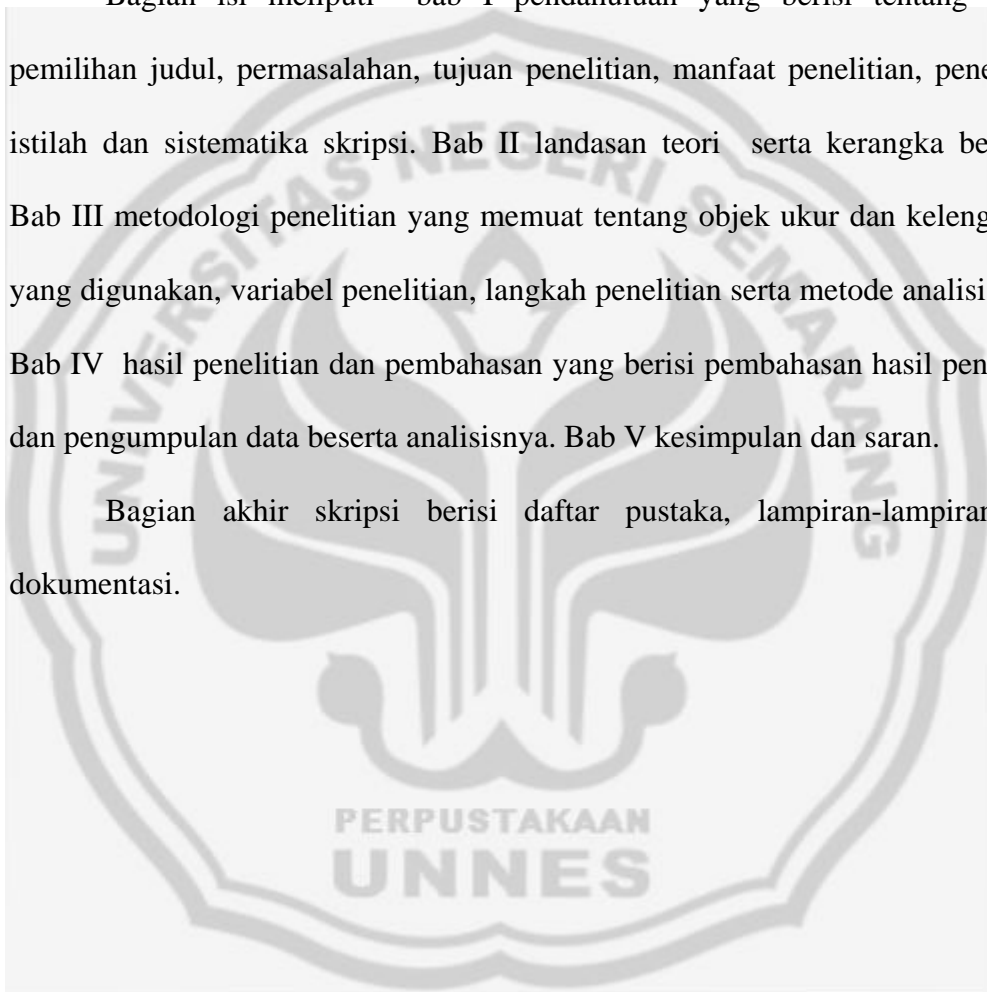
1. Mendapatkan hasil kinerja dinamis sistem suspensi Micro Car, yang nantinya digunakan sebagai acuan dasar pembuatan Micro Car dalam taraf produksi.
2. Memberikan analisis mengenai kestabilan Micro Car pada saat dikendarai
3. Memberi masukan kepada peneliti lain yang akan mengadakan penelitian sejenis di masa yang akan datang

F. Sistematika Skripsi

Bagian pendahuluan berisi : halaman judul, abstrak penelitian, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar dan daftar lampiran.

Bagian isi meliputi bab I pendahuluan yang berisi tentang alasan pemilihan judul, permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah dan sistematika skripsi. Bab II landasan teori serta kerangka berpikir. Bab III metodologi penelitian yang memuat tentang objek ukur dan kelengkapan yang digunakan, variabel penelitian, langkah penelitian serta metode analisis data. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan yang berisi pembahasan hasil penelitian dan pengumpulan data beserta analisisnya. Bab V kesimpulan dan saran.

Bagian akhir skripsi berisi daftar pustaka, lampiran-lampiran dan dokumentasi.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Landasan Teori

Landasan teori merupakan suatu telaah kepustakaan yang menjadi kerangka acuan penelitian sehingga memberi arah untuk menjawab permasalahan dalam penelitian. Pada penelitian ini yang dibahas antara lain; *design* konstruksi sistem suspensi Micro Car, kestabilan Micro Car dan kerangka berpikir.

1. Desain Sistem Suspensi Micro Car

Perancangan sistem suspensi yang di pasang baik pada roda depan maupun belakang pada suatu kendaraan sangat mempengaruhi kestabilan dari kendaraan tersebut. Sistem suspensi merupakan suatu rangkaian komponen yang di pasang diantara bodi kendaraan dan roda-roda dan di rancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas dalam berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan. Selain itu fungsi dari sistem suspensi adalah memindahkan daya pengereman dan gaya gerak ke bodi melalui gesekan antara jalan dengan roda-roda serta menopang bodi dan memelihara letak geometris antara bodi dan roda-roda.

Suspensi digolongkan menjadi suspensi tipe *rigid (rigid axle suspension)* dan tipe bebas (*independent suspension*). Suspensi tipe *rigid*, aksel roda kiri dan kanan dihubungkan oleh aksel tunggal. Aksel dihubungkan ke bodi dan *frame* melalui pegas (pegas daun atau pegas koil). Sedangkan suspensi tipe

bebas (*independent suspension*), roda-roda kiri dan kanan tidak dihubungkan secara langsung pada aksel tunggal. Kedua roda dapat bergerak secara bebas tanpa saling mempengaruhi. Suspensi terdiri dari beberapa komponen, diantaranya Pegas, *Shock absorber*, *Suspension arm*, *Ball joint*, *Bushing* karet, *Strut bar*, *Stabilizer bar*, *Lateral contro rod*, *Control arm* dan *Bumper*.

Konstruksi suspensi dari Micro Car menggunakan *swing arm monoshock* pada roda belakang, sedangkan pada roda depan menggunakan *swing arm dobleshock*. Suspensi tersebut merupakan suspensi yang paling sesuai dan dapat diaplikasikan pada sistem roda-roda Micro Car. Roda pada Micro Car terdiri dari dua roda belakang dan satu roda depan yang sekaligus sebagai penggerak.

Roda belakang Micro Car menggunakan sistem suspensi jenis *swing arm monoshock* yang tersusun dari beberapa komponen. Pada sistem ini menggunakan *coil spring* dan *shock absorber* milik suzuki satria, sedangkan *swing arm* menggunakan *swing arm* roda belakang honda supra yang di modifikasi. Komponen-komponen utama dari sistem suspensi yang digunakan pada roda belakang Micro Car adalah sebagai berikut :

a) Pegas coil (*coil spring*)

Pegas mempunyai fungsi yang sangat penting pada sistem suspensi yaitu sebagai bantalan penyerap guncangan yang ditimbulkan oleh keadaan permukaan jalan. Dengan kata lain pegas berfungsi sebagai penyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara

langsung serta untuk menambah kemampuan cengkram ban terhadap permukaan jalan.

Pegas pada sistem suspensi menurut bentuknya dapat digolongkan menjadi beberapa macam antara lain : pegas coil (*coil spring*), pegas daun, pegas torsi, suspensi udara dan pegas berlubang (*hollow spring*). Namun dalam penelitian ini Micro Car menggunakan jenis pegas coil.

Pegas coil dibuat dari sebuah batang baja panjang yang di gulung. Dibandingkan dengan pegas daun, pegas coil lebih panjang sehingga mempunyai tahanan yang lebih baik terhadap kejutan dan tidak terdapat gesekan bila terjadi defleksi, dengan demikian memberikan kenikmatan yang lebih baik. Sebaliknya pegas coil tidak memiliki sifat menyerap kejutan yang cukup sehingga peredam kejut (*shock absorber*) harus selalu digunakan bersamaan. Di samping itu mempunyai kerugian tidak dapat menjamin poros dengan sendirinya, karena itu jika pegas ulir digunakan pada system suspensi, maka diperlukan adanya dudukan-dudukan pegas yang dipasangkan di kedua ujung pegas ulir, sehingga beban bekerja vertikal pada dudukan-dudukannya.

Konstanta Pegas

Sifat bahan berubah bentuk apabila mendapat beban dan kembali ke bentuk semula bila beban di lepas, peristiwa tersebut diatas disebut elastis. Besarnya defleksi sebanding dengan gaya yang bekerja, sedangkan perbandingan antara gaya yang bekerja dengan defleksi disebut konstanta pegas.

- 1) Apabila besarnya gaya (beban) yang bekerja : F
- 2) Besarnya defleksi pegas : x
- 3) Konstanta pegas : k

Maka konstanta pegas dapat dicari berdasarkan hukum Hooke dengan persamaan :

$$k = \frac{F}{x}$$

Keterangan :

k : Konstanta pegas (N/m)

F : Gaya (N)

x : Defleksi (m)

b) Peredam kejut (*shock absorber*)

Sistem suspensi apabila hanya terdapat pegas, kendaraan akan cenderung beroskilasi naik turun pada waktu menerima kejutan dari jalan. Akibatnya kendaraan menjadi tidak nyaman. Untuk itu *shock absorber* di pasang sebagai peredam oskilasi dengan cepat agar memperoleh kenikmatan berkendara dan kemampuan cengkram ban terhadap jalan. Peredam kejut digunakan juga untuk menyerap atau meredam kelebihan elastisitas pegas yang cenderung berayun-ayun setelah roda-roda menerima tumbukan. Berikut ini merupakan persamaan dan gambar dari getaran yang teredam.

Persamaan pada getaran yang teredam :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + m\omega_0^2 x = F_0 \cos \omega t$$

Keterangan :

m : Massa (kg)

$\frac{d^2x}{dt^2}$: Percepatan (m/s^2)

b : Konstanta redaman (kg.Hz)

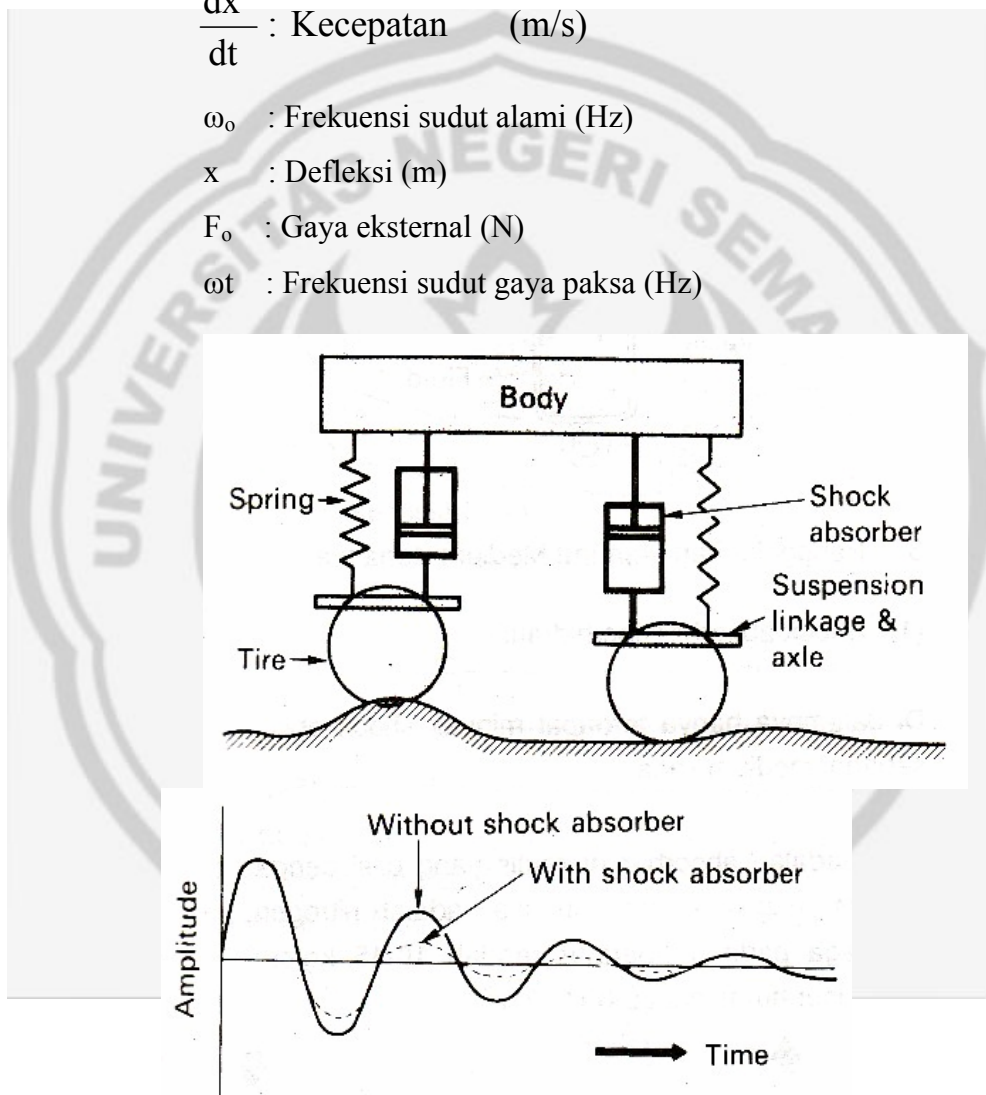
$\frac{dx}{dt}$: Kecepatan (m/s)

ω_0 : Frekuensi sudut alami (Hz)

x : Defleksi (m)

F_0 : Gaya eksternal (N)

ωt : Frekuensi sudut gaya paksa (Hz)



Gambar 01. Ke eektifan dari *shock absorber*

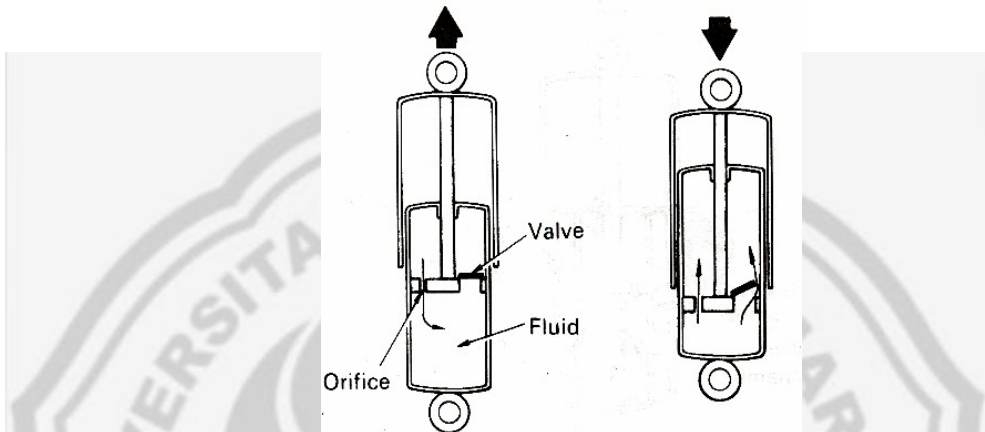
Tipe *shock absorber*

Shock absorber dapat digolongkan menurut cara kerja, konstruksi dan medium kerjanya. Berikut ini merupakan penggolongan dari *shock absorber* :

1) Menurut cara kerjanya

a) *shock absorber* kerja tunggal (*single action*)

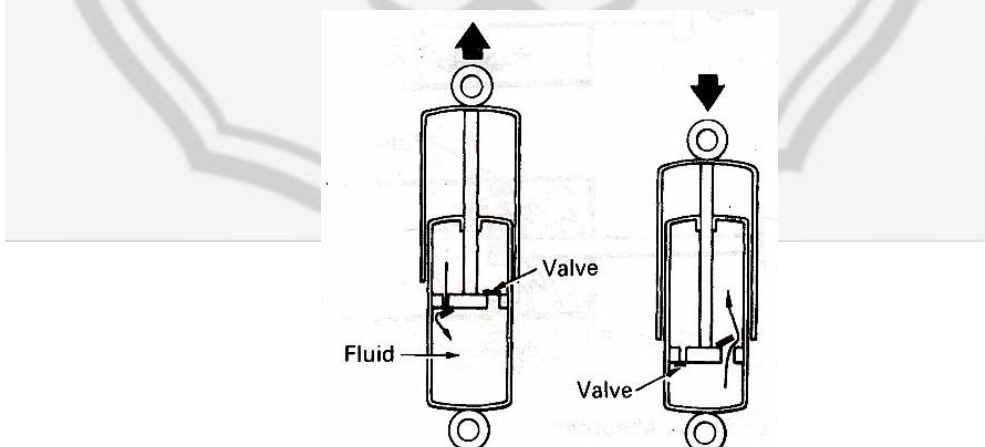
Efek meredamnya hanya terjadi pada waktu *shock absorber* berekspansi. Sebaliknya pada saat kompresi tidak terjadi efek meredam.



Gambar 02. *Shock absorber* kerja tunggal (*single action*)

b) *shock absorber* kerja ganda (*multiple action*)

Shock absorber tipe ini baik saat ekspansi maupun kompresi *absorber* selalu bekerja meredam. Pada umumnya kendaraan-kendaraan yang berkembang sekarang menggunakan tipe ini.

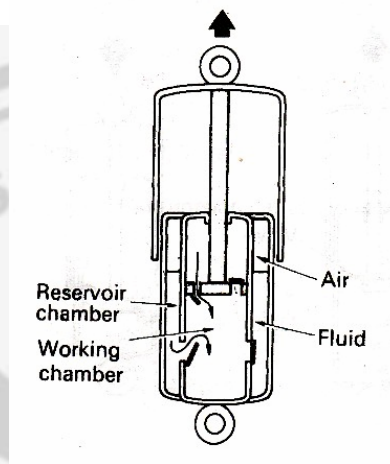


Gambar 03. *Shock absorber* kerja ganda (*multiple action*)

2) Menurut konstruksinya

a) *shock absorber tipe twin tube*

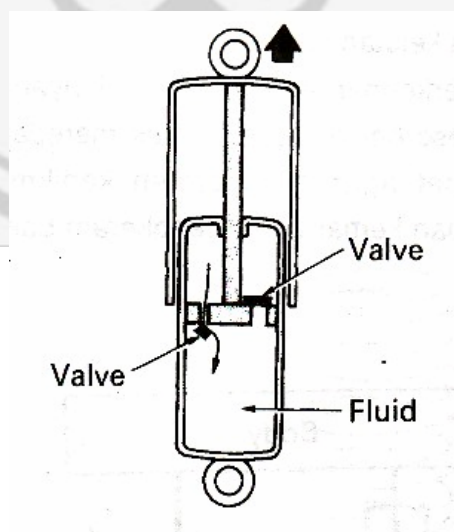
Shock absorber tipe ini terdapat *pressure tube* dan *outer tube* yang membatasi *working chamber* (silinder dalam) dan *reservoir chamber* (silinder luar).



Gambar 04. *Shock absorber* tipe *twin tube*

b) *shock absorber* tipe *mono tube*

Shock absorber tipe ini hanya terdapat satu silinder saja, tanpa adanya adanya *reservoir*.



Gambar 05. *Shock absorber* tipe *mono tube*

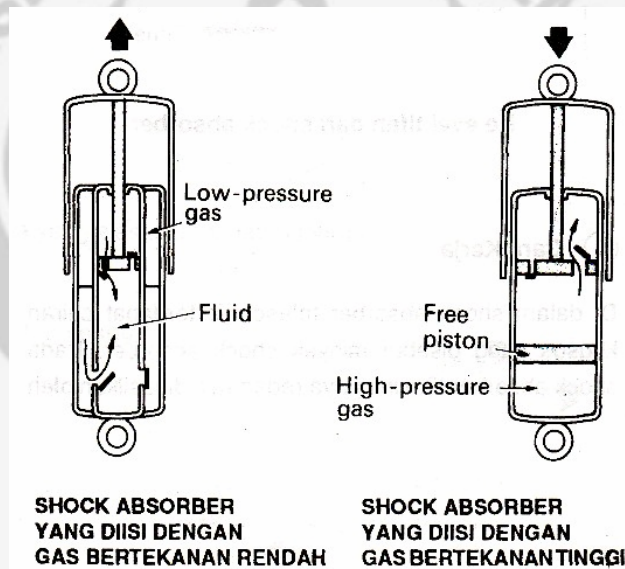
3) Menurut medium kerjanya

a) *shock absorber* tipe hidraulis

Shock absorber tipe ini hanya terdapat minyak *shock absorber* sebagai medium kerjanya.

b) *shock absorber* berisi gas

Shock absorber tipe ini adalah hidraulis yang di isi dengan gas. Gas yang biasa digunakan adalah nitrogen yang di jaga pada temperatur rendah 10-15 kg/cm² atau temperatur tinggi 20-30 kg/cm².



Gambar 06. *Shock absorber* berisi gas

Prinsip kerja peredam kejut (*shock absorber*)

Peredam kejut umumnya jenis hidraulik yang didalamnya terdapat cairan khusus yang di sebut minyak *shock absorber*. Minyak *shock absorber* memiliki kerapatan (*density*) dan berat jenis (*specific gravity*) tertentu, sehingga mampu memaksimalkan kerja dari *shock absorber*. Kerapatan (*density*) dan berat

jenis (*specific gravity*) dari fluida atau minyak yang digunakan dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

Persamaan untuk mencari kerapatan (*density*) yaitu :

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

Keterangan :

ρ : Kerapatan atau *density* (Kg/m³)

m : Massa zat cair (kg)

V : Volume zat cair (m³)

Persamaan untuk mencari berat jenis (*specific gravity*) yaitu :

$$Spgr = \frac{\rho}{\rho_{baku}}$$

Ketrangan :

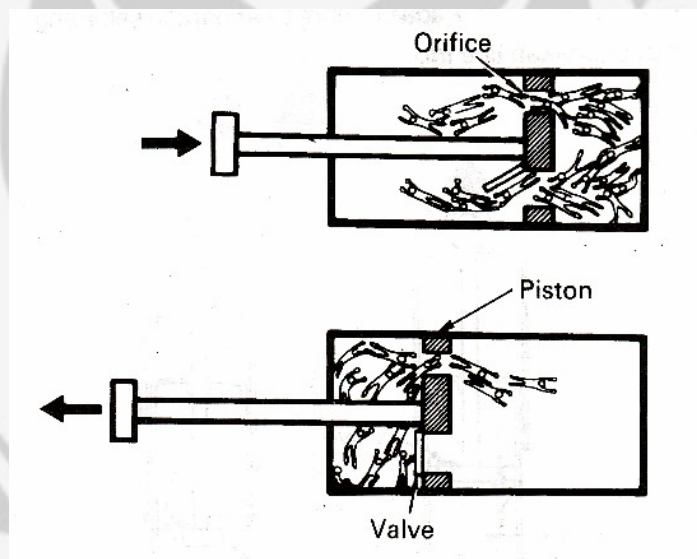
$Spgr$: Berat jenis atau *specific gravity*

ρ : Kerapatan (Kg/m³)

ρ_{baku} : Kerapatan yang ditetapkan yaitu air (Kg/m³)

Kerja dari peredam kejut intinya yaitu menahan gerakan dari pegas dengan menggunakan tahanan yang ditimbulkan oleh cairan minyak yang melewati lubang kecil (*orifice*). Pada *shock absorber* bagian utamanya terdiri dari: silinder yang terisi minyak, piston dan cover. Piston dilengkapi dengan lubang-lubang kecil (*orifice*) untuk saluran cairan bila pegas mulai melambung ke atas, peredam kejut akan mengerut sehingga piston meluncur turun di dalam silinder dan mendorong minyak pada ujung bawah dari piston ke atas menuju ujung atas

piston melalui lubang-lubang kecil. Karena tahanan dari lubang-lubang maka akan mengakibatkan pegas tertahan. Sebaliknya bila pegas mengembang, minyak yang ada di atas piston tertekan dan mengalir ke bagian bawah dari piston melalui lubang-lubang kecil. Dalam hal ini gerakan pegas juga tertahan dengan sebab yang sama seperti saat peredam kejut mengkerut. Aliran atau tekanan yang terjadi pada minyak *shock absorber* tersebut sesuai dengan hukum pascal, bahwa zat cair mempunyai sifat dapat memindahkan tekanan ke segala arah dengan sama besarnya. Namun tekanan tersebut dalam hal ini dilewatkan pada lubang-lubang kecil (*orifice*) yang berfungsi untuk menahan tekanan tersebut.



Gambar 07. Prinsip kerja peredam kejut (*shock absorber*)

Untuk menyatakan hukum pascal dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$P_1 = P_2$$

$$P = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

P : Tekanan (N/m^2)

F : Gaya (N)

A : Luas penampang (m^2)

Menyatakan debit aliran dari fluida menggunakan persamaan :

$$Q = A \cdot V$$

Keterangan :

Q : Debit aliran (m^3/s)

A : Luas penampang (m^2)

V : Kecepatan aliran (m/s)

Menyatakan hubungan antara kecepatan dari aliran fluida dan tekanannya dapat menggunakan hukum bernoulli. Dimana kecepatan fluida tinggi, tekanan rendah dan dimana kecepatan rendah, tekanan tinggi. Hukum bernoulli tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g y_2$$

Keterangan :

P_1 : Tekanan pada tabung pertama (N/m^2)

ρ : Rapat massa (Kg/m^3)

V_1^2 : Kecepatan aliran pada tabung pertama (m/s)

g : Gaya gravitasi (m/s^2)

y_1 : Ketinggian pusat tabung pertama diatas acuan tertentu (m)

P_2 : Tekanan pada tabung kedua (N/m^2)

V_2^2 : Kecepatan aliran pada tabung kedua (m/s)

y_2 : Ketinggian pusat tabung kedua diatas acuan tertentu (m)

c) Lengan ayun (*swing arm*)

Lengan ayun (*swing arm*) merupakan jenis suspensi yang biasa digunakan pada sepeda motor, khususnya pada suspensi belakang. Suspensi jenis ini mempergunakan garpu yang dipasang pada poros mendatar di belakang mesin dan dihubungkan pada bagian atas rangka belakang dengan sistem suspensi belakang yang biasanya menggunakan suspensi ganda atau *twin shock*. Sesuai namanya suspensi belakang ini jumlahnya sepasang yang masing-masing terpasang di sebelah kanan dan kiri dari lengan ayun.

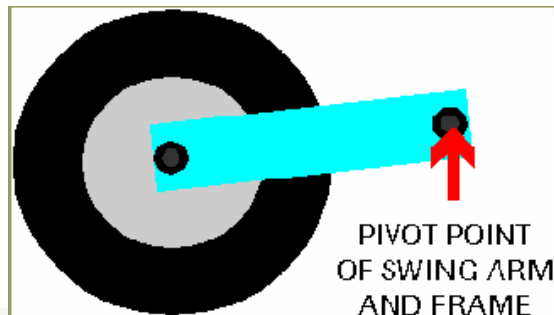
Tipe suspensi belakang dengan lengan ayun ada juga yang hanya mempergunakan satu *shock* yang biasa di sebut tipe suspensi *monoshock*, suspensi tipe ini umumnya digunakan pada kendaraan model *sport*. Ciri utama dari suspensi *monoshock* ini yaitu hanya memiliki satu peredam kejut yang dipasang di rangka tengah, bagian depan dari lengan ayun. Keunggulan tipe ini bila dibandingkan

dengan tipe *twin shock* adalah lebih lembut, stabil dan nyaman untuk manuver. Namun suspensi tipe ini memiliki keterbatasan dalam daya angkutnya.

Prinsip kerja lengan ayun (*swing arm*)

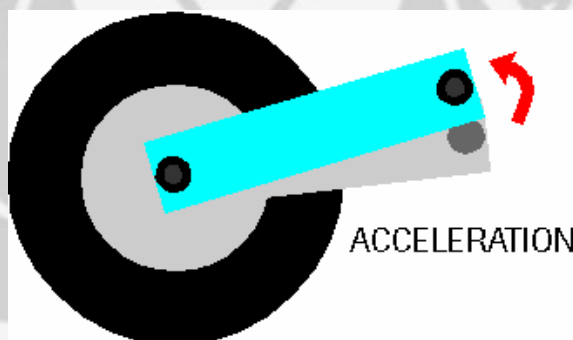
Lengan ayun (*swing arm*) merupakan jenis suspensi yang biasa digunakan pada kendaraan, khususnya pada suspensi belakang sepeda motor. Lengan ayun ini mempergunakan garpu yang dipasang pada poros mendatar di belakang mesin dan dihubungkan dengan bagian atas rangka belakang dengan sistem suspensi, sistem suspensi belakang ini biasanya mempergunakan suspensi ganda atau *twin shock*. Sesuai namanya, suspensi belakang ini jumlahnya sepasang yang masing-masing terpasang disebelah kanan dan kiri pada lengan ayun. Namun ada juga tipe suspensi belakang yang mempergunakan lengan ayun dengan satu suspensi atau *mono shock*, dimana suspensi dipasang di rangka tengah pada bagian depan dari lengan ayun.

Lengan ayun adalah salah satu komponen dari sistem suspensi yang biasanya terpasang atau dihubungkan langsung dengan roda dan rangka. Pada roda, lengan ayun dihubungkan menggunakan poros (*shaft*) yang diikat menjadi satu kesatuan dengan menggunakan mur. Sedangkan pada rangka, lengan ayun dihubungkan dengan menggunakan poros (*shaft*) yang mampu bergerak membentuk gerakan sudut yang biasanya kita lihat dalam bentuk gerakan naik turun. Hubungan lengan ayun dengan rangka ini biasa disebut *pivot point of swing arm and frame*, hubungan antara lengan ayun dan rangka tersebut dapat di lihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 08. Hubungan lengan ayun dengan rangka

Lengan ayun umumnya di pasang dengan *pivot point of swing arm and frame* lebih tinggi dari poros yang mengikat *swing arm* dengan roda dan berada di belakang titik berat dari kendaraan.

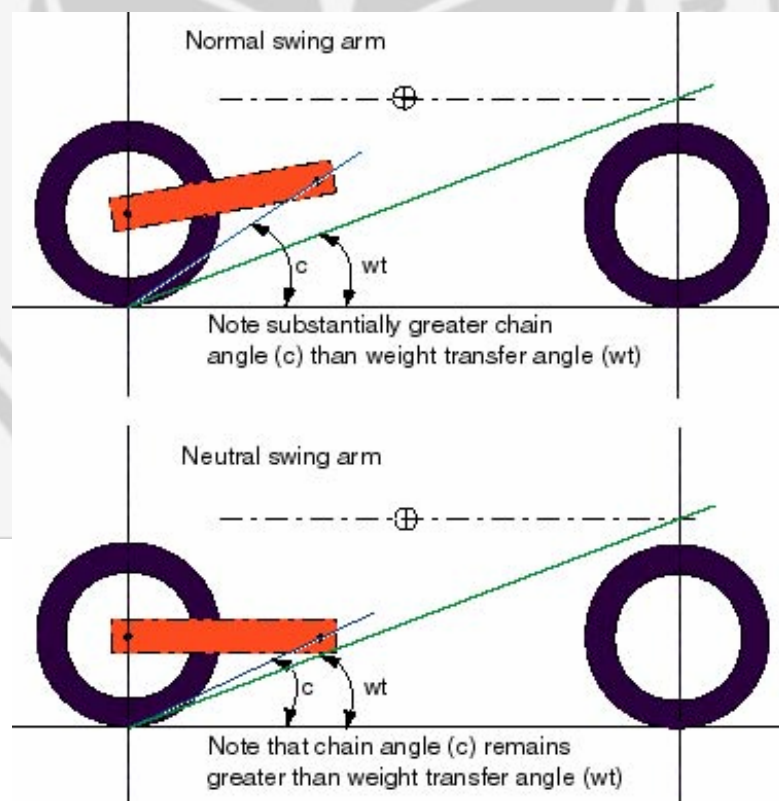


Gambar 09. Pergerakan lengan ayun ketika kendaraan dipercepat

Prinsip kerja lengan ayun yaitu apabila kendaraan melaju kedepan dan kecepatannya ditambah maka roda akan berputar searah jarum jam, roda akan menimbulkan gaya tekan ke rangka yang diteruskan ke lengan ayun. Karena lengan ayun mempunyai gerak sudut keatas dan gaya keatas tersebut berada di belakang titik berat kendaraan maka pada *pivot point of swing arm and frame* tersebut naik. Dengan naiknya *pivot point of swing arm and frame* maka sudut dari lengan ayun akan bertambah besar dan jarak antara roda (*wheelbase*) berkurang.

Gerakan yang lain dari lengan ayun terjadi pada saat kendaraan diperlambat dengan cara menggunakan rem belakang maka *pivot point of swing arm and frame* akan turun. Hal ini disebabkan karena sudut rantai lebih besar dari pada sudut perpindahan beban. Kejadian tersebut menyebabkan titik berat akan semakin rendah atau turun sehingga jarak antara roda (*wheelbase*) akan semakin panjang.

Gerakan naik dan turunnya *pivot point of swing arm and frame* pada saat kendaraan dipercepat ataupun diperlambat itu bertujuan agar kendaraan mampu dikendarai dengan nyaman dan stabil. Jadi dengan kata lain bahwa fungsi dari lengan ayun untuk menjadikan kendaraan lebih stabil apabila dikendarai tersebut dikendarai, baik kendaraan itu dipercepat maupun diperlambat.



Gambar 10. Pergerakan lengan ayun ketika kendaraan diperlambat

d) Dudukan (*mounting*)

Komponen lain yang terdapat pada sistem suspensi adalah dudukan (*mounting*) peredam kejut. Dudukan peredam kejut ini berfungsi sebagai tempat mengikatnya peredam kejut pada rangka kendaraan dan *swing arm* yang berhubungan dengan poros roda. Dudukan peredam kejut ini biasanya dibuat dengan cara pengecoran logam yang menggunakan cetakan pasir untuk proses pembentukan benda kerja. Setelah benda kerja terbentuk, selanjutnya dikerjakan lagi melalui proses pembubutan. Proses pembubutan dilakukan pada semua bagian, termasuk pembubutan dalam yang bertujuan untuk mendapatkan diameter dalam yang diinginkan. Dengan tujuan itulah mengapa dudukan peredam kejut dibuat dengan cara pengecoran logam, karena benda coran mengalami tambahan pengerjaan permesinan sehingga memerlukan suatu penyelesaian akhir (*finishing*) dengan menggunakan alat-alat permesinan.

Dudukan peredam kejut juga dapat dibuat dengan menggunakan pelat dengan ukuran tertentu yang dibentuk seperti huruf U dan dipasangkan pada rangka kendaraan. Dudukan peredam kejut ini idealnya di pasang permanen yang dilas langsung ke rangka, sehingga dapat ditentukan terlebih dahulu sudutnya dan sudut tersebut selalu tetap atau tidak berubah.

Dudukan peredam kejut terbagi menjadi dua tipe, yaitu dudukan peredam kejut tipe O dan dudukan peredam kejut tipe U. Bentuk dari masing-masing tipe dapat ditunjukkan pada gambar dan berikut ini :



Gambar 11. Bentuk tipe dariudukan peredam kejut

e) Busing karet (*rubber bushing*)

Busing karet (*rubber bushing*) merupakan salah satu komponen dari sistem suspensi yang mungkin jarang sekali diperhitungkan. Karena komponen ini juga letaknya tidak begitu terlihat, dan cenderung hanya sebagai bantalan saja. Fungsi yang sebenarnya dari busing karet (*rubber bushing*) ini adalah untuk menyerap atau mengurangi getaran yang terjadi pada kendaraan, hal itu dilakukan dengan cara menghindari kontak langsung hubungan antara dua logam atau pelat besi dengan memasang karet pada sambungan tersebut. Efek penyerapan getaran itu sendiri terjadi karena sifat elastisitas dan kekenyalan bahan karet yang digunakan sebagai bantalan tersebut.

Bantalan karet tersebut terpasang hampir disetiap sambungan pada masing-masing komponen sistem suspensi. Seperti pada dudukan-dudukan peredam kejut dan pada lengan ayun, yaitu pada hubungan antara lengan ayun dengan rangka (*pivot point of swing arm frame*). Karet-karet tersebut dipasang pada tiap-tiap hubungan komponen-komponen sistem suspensi., sehingga diharapkan getaran yang terjadi pada kendaraan yang diakibatkan oleh permukaan jalan yang kurang baik ataupun dari keadaan lainnya, dapat dikurangi pada titik-

titik dimana busing karet (*rubber bushing*) tersebut dipasang. Berikut ini merupakan bentuk-bentuk busing karet (*rubber bushing*) yang biasa digunakan pada sistem suspensi :



Gambar 12. Bentuk-bentuk dari busing karet (*rubber bushing*)

2. Kestabilan Micro Car

a) Getaran benda

Gerakan dari suatu benda yang berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Gerak periodik ini selalu dapat dinyatakan dalam fungsi *sinus* dan *cosinus*, oleh sebab itu gerak periodik disebut gerak harmonik. Jika gerak yang periodik ini bergerak bolak balik melalui lintasan yang sama, maka gerakan tersebut dinamakan getaran. Gerakan semacam itu juga sering disebut dengan gerakan osilasi.

Benda yang mempunyai massa dan elastisitas selalu dimungkinkan dapat bergetar. Jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan perancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat getarannya. Ada dua kelompok getaran yang

umum yaitu getaran bebas dan getaran paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem beresilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (*inherent*), dan jika tidak ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya. Sedangkan getaran paksa terjadi karena rangsangan gaya luar. Jika rangsangan tersebut beresilasi, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangannya. Jika frekuensi rangsangannya sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Jadi perhitungan frekuensi natural merupakan hal penting yang paling utama untuk diperhatikan dalam perancangan suatu sistem yang bergetar.

Sistem yang bergetar akan mengalami redaman sampai derajat tertentu karena energi didisipasi oleh gesekan dan tahanan lain. Jika redaman itu kecil, maka pengaruhnya sangat kecil pada frekuensi natural sistem, dan perhitungan frekuensi natural biasanya dilaksanakan atas dasar tidak ada redaman. Sebaliknya, redaman akan sangat penting sekali untuk membatasi amplitudo osilasi pada waktu resonansi. Frekuensi sendiri yaitu jumlah getaran yang dilakukan dalam waktu satu detik, sedangkan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran disebut periode. Frekuensi dan periode tersebut dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

Keterangan :

f : Frekuensi (Hz)

T : Periode (s)

Getaran juga terjadi pada setiap kendaraan, baik itu sepeda motor maupun mobil. Getaran yang terjadi pada kendaraan tersebut mempengaruhi kenyamanan dari pengemudi dan penumpangnya. Untuk penumpang, riset menyatakan bahwa frekuensi nyaman untuk manusia adalah sekitar 1 Hz atau 60 cpm (*cycles per minute*). Asal-usul angka ini diperoleh dengan mengamati frekuensi yang dialami manusia saat berjalan santai. Di luar angka ini, pada frekuensi rendah sekitar 30-50 cpm, penumpang justru akan merasa mual. Di atas frekuensi ini, antara 300-500 cpm, organ-organ tubuh mulai tidak nyaman. Kemudian rentang frekuensi antara 1000-1200 cpm, kepala dan leher mulai merasa tidak nyaman. Dengan adanya data riset tersebut, maka frekuensi yang terjadi pada kendaraan yang biasa disebut frekuensi natural (*natural frequency*) diupayakan dicapai dengan menentukan konstanta pegas. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk mencari frekuensi natural (*natural frequency*) :

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

Keterangan :

f_n : Frekuensi natural (Hz)

k : Konstanta pegas (N/m)

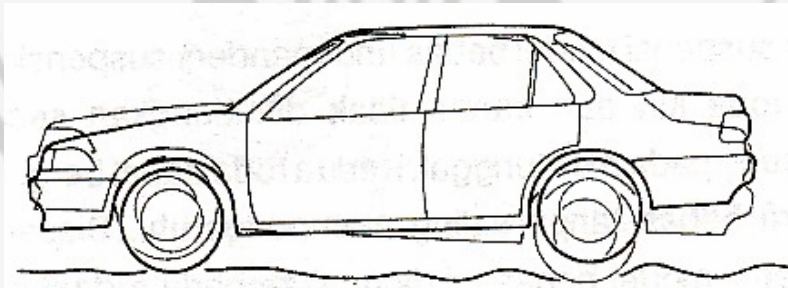
m : Massa (Kg)

b) Gerakan osilasi body kendaraan

Kestabilan dalam sebuah kendaraan merupakan suatu hal yang mutlak harus diciptakan, karena kestabilan dalam sebuah kendaraan akan memberikan kenyamanan bagi pengemudi dan penumpangnya. Kenyamanan dari pengemudi dapat terganggu oleh gerakan-gerakan yang terjadi pada kendaraan, khususnya gerakan yang terjadi pada body kendaraan saat kendaraan tersebut melalui medan atau jalan yang berbeda. Gerakan yang terjadi pada body kendaraan tersebut biasa disebut dengan gerakan osilasi body. Berikut ini merupakan jenis-jenis beserta penjelasan mengenai osilasi body kendaraan :

1) *Pitching*

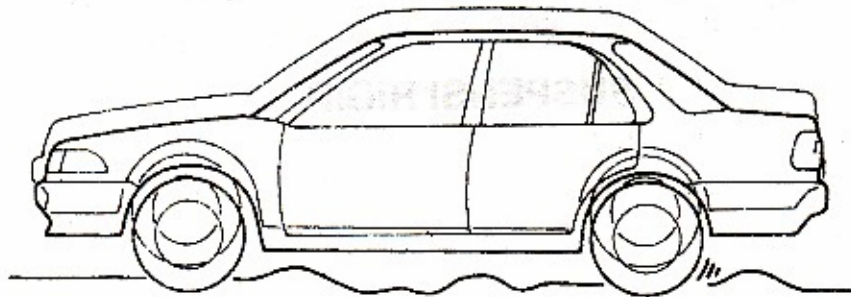
Pitching adalah gerakan atau bergoyangnya bagian depan dan belakang dari kendaraan yaitu ke atas dan ke bawah terhadap titik pusat gravitasi kendaraan. Gejala ini terjadi ketika kendaraan melalui jalan yang terjal atau berlubang. Disamping itu *pitching* mudah terjadi pada kendaraan yang pegasnya lemah.



Gambar 13. Ketika terjadi *pitching* pada kendaraan

2) *Bouncing*

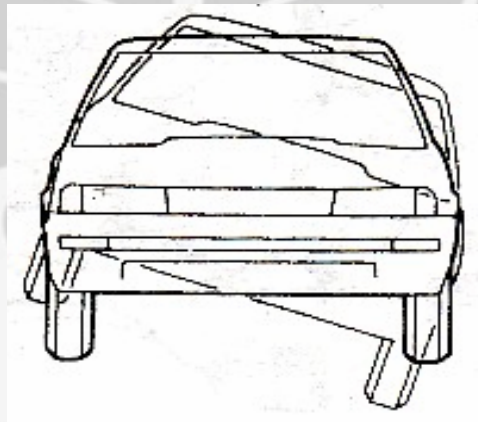
Bouncing adalah gerakan naik turun dari body kendaraan secara keseluruhan. Gejala ini mungkin terjadi pada saat kecepatan tinggi dan pada jalan yang bergelombang, demikian pula bila pegas suspensi lemah.



Gambar 14. Ketika terjadinya *bouncing* pada kendaraan

3) *Rolling*

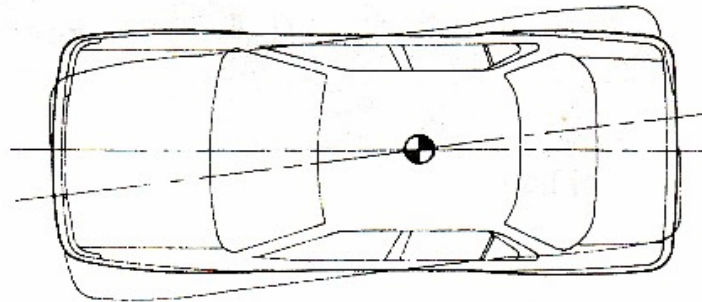
Apabila kendaraan membelok atau melalui jalan yang terjal, maka pegas pada satu sisi lainnya mengerut. Keadaan ini mengakibatkan body *rolling* pada arah samping (sisi ke sisi)



Gambar 15. Ketika terjadinya *rolling* pada kendaraan

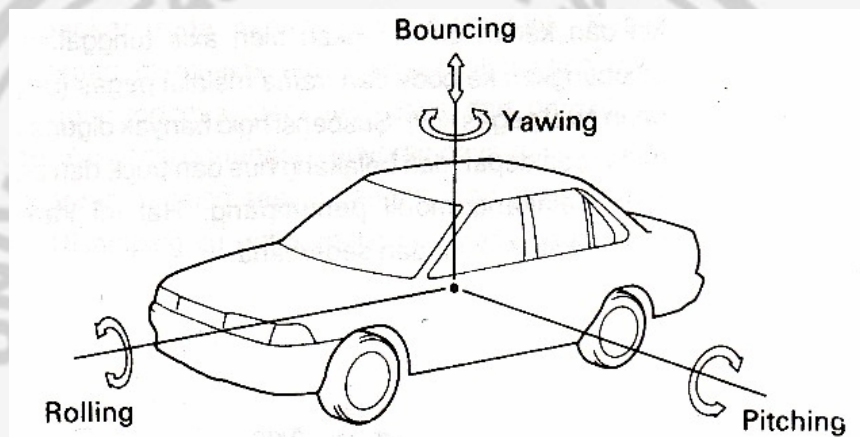
4) *Yawing*

Yawing adalah gerakan body kendaraan mengarah memanjang ke kanan dan ke kiri terhadap titik berat kendaraan. *Yawing* kemungkinan terjadi pada jalan yang menyebabkan *pitching*.



Gambar 16. Ketika terjadinya *yawing* pada kendaraan

Berikut ini merupakan gambar dari jenis-jenis gerakan osilasi body kendaraan :



Gambar 17. Jenis-jenis gerakan osilasi body pada kendaraan

c) Keterkendalian Kendaraan

Faktor lain yang mempengaruhi kestabilan dari kendaraan yaitu keterkendalian yang melibatkan lebih banyak hal, seperti pada saat kendaraan diperlambat atau dipercepat maupun pada saat kendaraan membelok. Pada saat kendaraan diperlambat (di rem), dinamika kendaraan akibat perlambatan (sesuai hukum Newton) membuat sebagian beban di roda belakang beralih ke roda depan. Akibatnya kendaraan merunduk ke depan. Fenomena ini di kenal sebagai *dive*. Sebaliknya, pada saat kendaraan dipercepat (di gas) sebagian beban di roda depan

beralih ke roda belakang, sehingga bagian depan dari kendaraan cenderung mengangkat. Fenomena ini di kenal sebagai *squat*. Kedua fenomena ini mengubah karakteristik kontak antara roda dan jalan. Akibatnya, penguji mengalami masalah dalam mengendalikan kendaraan sehingga kendaraan tidak stabil dalam lajunya. Hukum Newton yang dipakai dalam permasalahan ini dapat dimuskan dengan :

$$F = m.a$$

Keterangan :

F : Gaya (N)

m : Massa (Kg)

a : Percepatan (m/s^2)

Ketidakstabilan kendaraan akibat dari fenomena-fenomena tersebut diatas dapat diatasi dengan adanya sistem suspensi. Peran suspensi dalam hal ini adalah untuk menjamin bahwa peralihan beban tidak mengurangi cengkaman roda, sehingga laju kendaraan dapat berjalan dengan stabil. Selain itu, hal lain yang terkait dengan keterkendalian kendaraan adalah saat kendaraan membelok. Tergantung dari arah tikungannya, berat kendaraan bisa beralih dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Efek terburuk dari hal tersebut adalah kendaraan sama sekali terangkat sehingga roda tak lagi menyentuh jalan. Hal ini bisa berujung pada tergulingnya kendaraan. Sama dengan saat mempercepat atau memperlambat, selama roda belum terangkat, peran suspensi diharapkan dapat menjamin cengkaman roda ke jalan.

Peranan sistem suspensi yang terkait dengan kestabilan melibatkan analisis dinamika kendaraan yang lebih kompleks. Meskipun demikian, dari beberapa faktor atau fenomena yang telah disebutkan diatas menegaskan bahwa fungsi utama dari sistem suspensi adalah untuk membatasi peralihan beban (*transfer of wight*) saat kendaraan mengalami osilasi body, dipercepat, diperlambat maupun bermanuver baik saat pindah jalur maupun berbelok. Peralihan beban akan mengurangi cengkraman roda ke jalan, yang berarti mempengaruhi pengemudi untuk mengendalikan kendaraan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka pada konstruksi peredam yang ada dikendaraan dibuat sedemikian rupa, sehingga pada saat langkah tekan (*kompresion*), gaya peredaman dibuat minimal sedangkan pada saat langkah tarik (*tension*), gaya peredaman dibuat maksimal. Alasannya, pada saat langkah tekan, *sprung mass* menghantam bumi. Sesuai hukum Newton, gaya reaksi yang diterima badan kendaraan akan sepadan dengan aksi. Oleh sebab itu, diupayakan gaya peredaman minimal saat kendaraan bergerak kebawah supaya gaya yang diterima penumpang juga minimal. Sebaliknya, saat langkah tarik, kendaraan hanya menghantam udara. Oleh sebab itu, tak akan ada reaksi berlebihan yang diterima penumpang. Gaya aksi reaksi tersebut sesuai dengan hukum Newton yang ketiga dan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$W = N$$

Keterangan :

W : Gaya aksi (N)

N : Gaya reaksi (N)

Kestabilan kendaraan sangat mempengaruhi kenyamanan bagi pengemudi maupun penumpangnya. Untuk pencapaian kestabilan dari kendaraan maka diperlukan desain sistem suspensi yang ideal. Pencapaian desain sistem suspensi yang ideal disini berarti harus memenuhi kriteria kenyamanan dan keterkendalian. Ternyata, secara teoritis dapat ditunjukkan bahwa Kenyamanan (*ride*) senantiasa kontradiktif dengan keamanan (*safety*). Dengan kata lain, apabila kendaraan diharapkan mempunyai faktor kenyamanan yang baik, maka faktor keamanannya meski sedikit dikorbankan dan demikian juga sebaliknya. Fenomena semacam itu terjadi pada sistem suspensi konvensional yang juga dikenal dengan sistem suspensi pasif, dimana sistem suspensi tipe ini mempunyai dua komponen utama yaitu pegas (*spring*) dan peredam kejut (*shock absorber*).

B. Kerangka Berpikir

Sistem suspensi merupakan rangkaian beberapa komponen yang diharapkan mampu memberikan kenyamanan dan kestabilan bagi pengemudi ataupun penumpang pada kendaraan. Kenyamanan pada kendaraan diciptakan melalui penyerapan kejutan yang dilakukan oleh sistem suspensi apabila kendaraan tersebut melewati jalan yang tidak rata ataupun keadaan lainnya yang menyebabkan getaran pada kendaraan yang sering disebut dengan gerakan osilasi bodi.

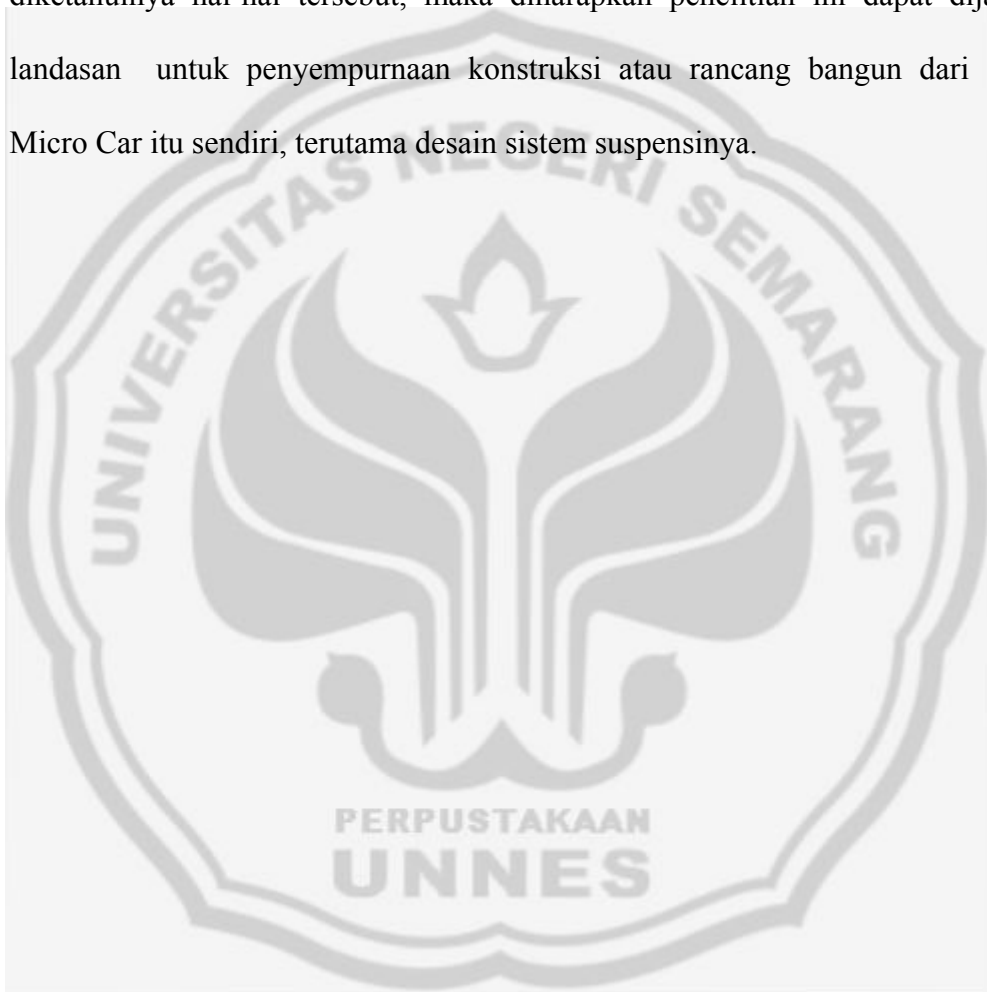
Micro Car yang merupakan mobil mini masa depan, diharapkan mampu meningkatkan keefisienan bagi para penggunanya juga dituntut untuk dapat dikendarai dengan nyaman dan stabil. Dengan tuntutan itulah maka

rancangan sistem suspensi pada Micro Car harus benar-benar ideal dan efisien sehingga mampu terciptanya kenyamanan dan kestabilan yang seimbang. Sistem suspensi yang diterapkan pada Micro Car tergolong sistem suspensi pasif, karena hanya mempunyai beberapa komponen utama saja, yaitu pegas coil (*coil spring*), peredam kejut (*shock absorber*), dan lengan ayun (*swing arm*). Komponen-komponen tersebut di desain dan diterapkan pada semua roda pada Micro Car, baik itu roda depan maupun roda belakang. Desain pada masing-masing roda dirancang sedemikian rupa, sehingga kerja dari sistem suspensi diharapkan bisa optimal.

Penelitian pada sistem suspensi Micro Car ini akan membahas dan menganalisis kinerja dari sistem suspensi yang diterapkan pada Micro car dan juga menganalisis kestabilan pada laju dari Micro Car itu sendiri. Penelitian ini dilakukan pada saat Micro Car melaju atau berjalan pada medan yang berbeda, yaitu pada jalan aspal, jalan rumput dan terjal (*off road*). Sedangkan penganalisaan ditekankan pada pencarian frekuensi natural (*natural frequency*) pada saat Micro Car tersebut berjalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan.

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengetahui kinerja dari desain sistem suspensi pada Micro Car, karena desain sistem suspensi maupun rancangan keseluruhan dari Micro Car itu sendiri merupakan suatu desain kendaraan baru dan belum ada sebelumnya. Penelitian ini nantinya juga digunakan sebagai bahan acuan dalam upaya penyempurnaan dari desain Micro Car, terutama pada desain sistem suspensinya. Jadi secara fungsional

penelitian ini akan memberikan manfaat yang cukup besar, karena disamping akan diketahui kinerja dari sistem suspensi yang diterapkan pada Micro Car juga nantinya diharapkan akan diketahui kekurangan-kekurangan dari rancangan desain sistem suspensi yang diterapkan pada Micro Car tersebut. Dengan diketahuinya hal-hal tersebut, maka diharapkan penelitian ini dapat dijadikan landasan untuk penyempurnaan konstruksi atau rancang bangun dari desain Micro Car itu sendiri, terutama desain sistem suspensinya.



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu rancangan penelitian yang memberikan arah bagi pelaksana penelitian sehingga data yang diperlukan dapat terkumpul.

A. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan pendekatan *one-shot* model yaitu model pendekatan yang menggunakan satu kali pengumpulan data pada “suatu saat” (Suharsimi, 1983:66). Khusus dalam penelitian ini menggunakan Micro Car sebagai objek penelitian, terutama pada kinerja desain sistem suspensinya. Penelitian ini ditekankan pada pengukuran defleksi dari pegas suspensi yang digunakan pada saat Micro Car melaju pada jalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan. Dalam penelitian ini, jalan yang dilewati adalah jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal (*off road*).

Defleksi pegas-pegas suspensi yang ada pada Micro Car itu diukur pada saat melewati berbagai jalan tersebut dan pada keadaan yang telah disebutkan diatas. Setelah data pengukuran diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan frekuensi naturalnya (*natural frequency*) dan selanjutnya dari hasil-hasil tersebut dilakukan analisis.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi keadaan pada saat Micro Car melaju pada berbagai medan. Keadaan tersebut adalah pada saat Micro Car dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan.

2. Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kinerja dari sistem suspensi dengan melihat besarnya frekuensi natural (*natural frequency*) pada saat Micro Car dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan. Dengan catatan Micro Car melaju pada medan yang berbeda, yaitu pada jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal (*off road*).

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah besarnya frekuensi natural yang paling ideal dan batas maksimal dari besarnya frekuensi natural yang diijinkan.

C. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 30 Mei 2007

Waktu : 07.00- selesai

Tempat : Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNNES.

D. Metode Pengumpulan Data.

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu metode eksperimen, yang mana pengambilan data didasarkan pada hasil pengujian dari uji jalan Micro Car pada keadaan berjalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri, dan membelok ke kanan. Data akhir yang diambil adalah besarnya frekuensi natural (*natural frequency*) pada masing-masing keadaan tersebut dan data diambil pada saat Micro Car melaju pada berbagai medan, yaitu pada jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal (*off road*).

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah rancang bangun dari desain Micro Car yang dimiliki oleh Jurusan Teknik Mesin UNNES, terutama pada desain sistem suspensinya dengan komponen-komponen utamanya :

a. Pegas coil (*coil spring*) :

- Pegas coil (*coil spring*) sistem suspensi belakang :

Diameter batang pegas (d) : 11,50 mm

Jumlah lilitan (n) : 6 lilitan

Panjang pegas (L) : 120,75 mm

Diameter colom pegas (D) : 72,50 mm

- Pegas coil (*coil spring*) sistem suspensi depan :

Diameter batang pegas (d) : 6 mm

Jumlah lilitan (n) : 20 lilitan

Panjang pegas (L) : 222,50 mm

Diameter colom pegas (D) : 43,75 mm

b. Peredam kejut (*shock absorber*) :

- Peredam kejut (*shock absorber*) sistem suspensi belakang :

Panjang peredam kejut : 230 mm

Diameter batang peredam kejut : 12,50 mm

Diameter tabung peredam kejut : 38,25 mm

- Peredam kejut (*shock absorber*) sistem suspensi depan :

Panjang peredam kejut : 305 mm

Diameter batang peredam kejut : 8 mm

Diameter tabung peredam kejut : 24 mm

c. Lengan ayun (*swing arm*) :

- Lengan ayun (*swing arm*) sistem suspensi belakang :

Panjang lengan ayun : 393 mm

Lebar lengan ayun bagian belakang : 190 mm

Lebar lengan ayun bagian depan : 186 mm

- Lengan ayun (*swing arm*) sistem suspensi belakang :

Panjang lengan ayun : 380 mm

Lebar lengan ayun bagian belakang : 208 mm

Lebar lengan ayun bagian depan : 275 mm

d. Dudukan peredam kejut (*mounting*) :

- Peredam kejut sistem suspensi belakang :

Panjang dudukan peredam kejut : 30 mm

Lebar dudukan peredam kejut : 36 mm

Tinggi dudukan peredam kejut : 42 mm

- Peredam kejut sistem suspensi depan :

Panjang dudukan peredam kejut : 152 mm

Diameter dudukan peredam kejut : 29,10 mm

Lebar dudukan peredam kejut : 88, 10 mm

- e. Busing karet (*rubber bushing*) :

- Busing karet lengan ayun :

Diameter dalam : 12,30 mm

Diameter luar : 21, 85 mm

Panjang : 34,85 mm

- Busing karet peredam kejut sistem suspensi belakang :

Diameter dalam : 13, 15 mm

Diameter luar : 23,90 mm

Panjang : 27,30 mm

- Busing karet peredam kejut sistem suspensi depan :

Diameter dalam : 14,85 mm

Diameter luar : 25,60 mm

Panjang : 18,95 mm

2. Peralatan Penelitian

Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Alat pengukur berat kendaraan dan berat penumpangnya (massa keseluruhan), dalam hal ini penguykuran menggunakan timbangan.
- Alat pengukur panjang medan atau jalan yang akan dilalui untuk pengujian. Alat yang digunakan adalah meteran.

- c. Alat pengukur besarnya defleksi pegas, alat yang digunakan adalah jangka sorong dan mistar penggaris.
- d. Alat pemberitanda besarnya defleksi dan alat yang digunakan untuk mencatat data yang diambil. Alat yang digunakan adalah *bolt point* atau spidol.
- e. Alat yang digunakan sebagai media untuk pemberian tanda besarnya defleksi, alat yang digunakan yaitu kertas atau media lain yang bisa digunakan untuk tatakan pemberi tanda.
- f. Alat bantu pengukur besarnya defleksi pegas suspensi. Alat ini merupakan rangkaian alat-alat yang digunakan untuk membantu mengukur besarnya defleksi pada saat melakukan pengujian.
- g. Alat pengukur kecepatan laju dari Micro Car, yaitu speedometer.
- h. Alat pengukur besarnya sudut belok pada saat Micro Car melakukan pengujian membelok ke kiri dan ke kanan. Alat yang digunakan disini adalah busur derajat yang dilengkapi dengan alat bantu lainnya.
- i. *Tool set*.

3. Langkah penelitian

- a. Persiapan sebelum pengujian (Pra pengujian)

Persiapan pengujian ini dilakukan sebelum diadakan pengambilan data tentang besarnya defleksi pada keadaan Micro Car melaju pada jalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan, yaitu meliputi :

1) Persiapan pada benda uji meliputi :

- a) Memeriksa dan memperbaiki Micro Car secara keseluruhan supaya dapat melakukan pengambilan data secara baik
- b) Memeriksa dan menyetel sistem suspensi pada Micro Car
- c) Melakukan penggantian komponen yang sudah rusak atau yang sudah tidak berfungsi dengan baik, seperti busung karet, sil peredam kejut ataupun as roda. Hal tersebut dilakukan apabila memang diperlukan.
- d) Memastikan kembali bahwa Micro Car sudah siap, baik secara keseluruhan maupun bagian sistem suspensinya untuk diambil datanya melalui uji jalan.

2) Persiapan pada alat-alat uji meliputi :

- a) Menyiapkan alat pengukur massa Micro Car dan penumpangnya (timbangan) serta memeriksa alat tersebut apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak.
- b) Menyiapkan alat pengukur panjang lintasan jalan yang akan dilalui untuk pengujian, dalam hal ini menggunakan meteran.
- c) Menyiapkan dan memeriksa speedometer untuk persiapan pengukuran kecepatan Micro Car pada saat pengujian.
- d) Menyiapkan dan memasang alat bantu pengukur defleksi pegas suspensi dengan cara merangkainya pada masing-masing pegas suspensi.

e) Menyiapkan dan memasang alat bantu pengukur besarnya sudut belok dengan cara merangkainya pada sistem kemudi. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk membatasi sudut belok pada saat melakukan pengujian membelok, baik itu membelok ke kiri ataupun ke kanan.

f) Menyiapkan *tool set*

g) Menyiapkan alat tulis untuk mencatat hasil-hasil dari pengujian.

b. Langkah Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

- 1) Mengukur atau menimbang Micro Car dan penumpangnya terlebih dahulu, sehingga diketahui massa yang akan bekerja pada saat pengujian.
- 2) Memposisikan Micro Car pada medan atau jalan tertentu yang akan dilalui untuk pengujian
- 3) Menghidupkan dan memanaskan Micro Car hingga mencapai suhu kerja
- 4) Menjalankan atau mengemudikan Micro Car pada jalan yang ditentukan, dengan kecepatan tertentu dan jarak lintasan yang tertentu.
- 5) Lakukanlah pengujian pada semua keadaan, yaitu pada keadaan Micro Car berjalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan.

- 6) Lakukan pula pengujian pada semua medan yang akan dilalui pada saat pengujian, yaitu pada jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal (*off road*).
- 7) Melakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada masing-masing pengujian untuk memastikan validitas hasil pengukuran.
- 8) Mencatat hasil pengukuran yang didapatkan dari alat-alat pengukuran, kemudian menganalisa hasil pengukuran tersebut.
- 9) Membuat kesimpulan hasil penelitian.

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dari hasil penelitian menggunakan teknik analisis deskriptif. Analisis deskriptif ini berarti bahwa data yang telah didapatkan kemudian dipaparkan dan dideskriptifkan secara terperinci untuk menjelaskan kinerja dari sistem suspensi Micro Car yang kemudian dianalisis kestabilannya berdasarkan frekuensi naturalnya (*natural frequency*).

Frekuensi natural (*natural frequency*) sendiri dapat dicari dengan terlebih dahulu mengetahui konstanta dari pegas suspensi (k) dan juga massa yang bekerja atau massa yang membebani dari sistem suspensi Micro Car (m). Untuk mencari besarnya frekuensi natural (*natural frequency*) dapat menggunakan persamaan berikut ; $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ (Hz). Konstanta pegas (k) sendiri dapat dicari dengan terlebih dahulu mengetahui gaya yang bekerja sistem suspensi Micro Car (F) dan juga besarnya defleksi pada pegas sistem suspensinya (x). Besarnya konstanta pegas dapat dicari dengan persamaan ; $k = \frac{F}{x}$ (N/m). Sedangkan gaya yang bekerja pada sistem suspensi Micro Car (F) dapat dicari

dengan terlebih dahulu mengetahui massa yang bekerja pada sistem suspensi Micro Car (m) dan besarnya percepatan, dalam hal ini menggunakan percepatan gravitasi bumi (g). Besarnya gaya yang bekerja pada Micro Car dapat dinyatakan dengan persamaan : $F = m \cdot a \dots\dots(N)$.

Analisis data ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja dari sistem suspensi pada Micro Car berdasarkan besarnya frekuensi naturalnya (*natural frequency*) pada masing-masing keadaan (jalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke kanan) dan medan yang berbeda (jalan aspal, jalan berumput, jalan terjal atau *off road*).

Hasil analisis data yang didapatkan nantinya akan menunjukkan kelemahan dan kelebihan dari rancangan desain sistem suspensi yang diterapkan pada Micro car. Analisa data yang dilakukan nantinya juga dapat digunakan sebagai landasan atau acuan untuk penyempurnaan dari desain Micro Car, khususnya pada desain sistem suspensinya. Sehingga nantinya diharapkan dapat terciptanya suatu rancangan desain Micro Car yang benar-benar sempurna dan siap untuk diproduksi.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Data hasil penelitian uji kinerja dinamis sistem suspensi Micro Car dengan uji jalan diperoleh berupa data numerik dari besarnya defleksi pada pegas sistem suspensi Micro Car yang masih menggunakan satuan panjang yaitu millimeter. Data yang diperoleh tersebut kemudian diolah menggunakan beberapa persamaan sehingga diperoleh besarnya frekuensi natural pada masing-masing medan lintasan dan keadaan dari Micro Car tersebut.

Pengujian dilakukan dengan uji jalan pada berbagai medan lintasan yaitu jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal serta dinaiki oleh dua orang penumpang yang masing-masing berbobot 60 kg. Pengujian juga dilakukan pada berbagai keadaan Micro Car yaitu berjalan lurus biasa, dipercepat, diperlambat, membelok ke kiri dan membelok ke ke kanan, dimana pada masing-masing keadaan tersebut di uji dengan kecepatan yang sama tetapi medan lintasannya berbeda.

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan dengan mengambil rata-rata dari beberapa hasil pengujian yang kemudian dikonversikan ke dalam satuan yang disesuaikan. Satuan yang digunakan untuk defleksi pada pegas yaitu meter, setelah semuanya diketahui kemudian data-data tersebut dimasukan ke beberapa persamaan yang akhirnya didapatkan besarnya frekuensi natural pada masing-masing medan lintasan dan keadaan dari

Micro Car. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dianalisis berdasarkan besarnya frekuensi natural yang didapatkan sehingga diketahui tingkat kestabilan dan kenyamanan dari Micro Car.

Tabel 01. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi roda depan Micro Car

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		X (mm)	X (mm)	X (mm)
1	Berjalan lurus biasa	29,5	37	43,5
2	Dipercepat	31,5	39,5	46
3	Diperlambat	34,5	41,5	48,5
4	Membelok ke kiri	20	29	39
5	Membelok ke kanan	19,5	28,5	37,5

Tabel 02. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		X (mm)	X (mm)	X (mm)
1	Berjalan lurus biasa	9	11	13
2	Dipercepat	10	13	18
3	Diperlambat	12	15	19
4	Membelok ke kiri	6	8	11
5	Membelok ke kanan	7	9	11,5

Tabel 03. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		X (mm)	X (mm)	X (mm)
1	Berjalan lurus biasa	6	8	10
2	Dipercepat	7	10	14
3	Diperlambat	9	13	17
4	Membelok ke kiri	5,5	8	9
5	Membelok ke kanan	5	7	8

B. Pembahasan

Data yang didapatkan pada penelitian uji kinerja dinamis sistem suspensi Micro Car berupa besarnya defleksi pegas yang ditunjukkan melalui alat bantu yang dipasang pada saat Micro Car. Besarnya angka tersebut diperoleh dari gerakan spidol yang merupakan alat bantu yang dipasang pada sistem pegas kemudian gerakan tersebut terlukis atau membekas di kertas putih yang terpasang padaudukan yang telah disiapkan.

Hasil dari goresan spidol tadi diukur panjangnya menggunakan jangka sorong sehingga didapatkan besarnya defleksi pegas dari sistem suspensi Micro Car pada saat pengujian. Data yang didapatkan berupa numerik tersebut dapat dilihat pada tabel diatas.

Data yang didapatkan dari hasil penelitian uji kinerja sistem suspensi Micro Car yang masih berupa data numerik yang ditunjukkan dari beberapa tabel di atas merupakan besarnya defleksi pegas dari masing-masing pegas

yang terpasang pada sistem suspensi Micro Car. Besarnya defleksi pegas sistem suspensi tersebut dikonversikan terlebih dahulu ke dalam satuan meter. Besarnya defleksi pegas yang sudah menggunakan satuan meter kemudian dimasukan ke beberapa persamaan yang akhirnya di dapatkan besarnya frekuensi natural di setiap pengujian.

1) Frekuensi natural sistem suspensi depan

Frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi depan Micro Car baik pada berbagai medan lintasan maupun keadaan dari Micro Car tersebut didapatkan dalam satuan cpm (*cycles per minute*). Frekuensi natural sendiri sangat mempengaruhi kenyamanan dari penumpangnya dan kestabilan dari Micro Car. Penelitian ini menghasilkan perhitungan pada setiap medan lintasan yang berbeda dan keadaan Micro Car yang berbeda pula.

Tabel 04. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi depan

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		f_n (cpm)	f_n (cpm)	f_n (cpm)
1	Berjalan lurus biasa	175,2	156	144
2	Dipercepat	169,2	151,2	140,4
3	Diperlambat	162	147,6	136
4	Membelok ke kiri	212,4	176,4	152,4
5	Membelok ke kanan	215,4	178,2	155,4

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural pada setiap medan lintasan yang berbeda juga menunjukkan perbedaan hasilnya. Data diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural yang paling rendah yaitu 136 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan terjal pada saat Micro Car diperlambat, sedangkan frekuensi natural yang paling tinggi yaitu 215,4 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan aspal pada saat Micro Car membelok ke kanan.

Data penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan frekuensi natural yang cukup besar pada setiap lintasan yang berbeda. Perbedaan dari hasil perhitungan tersebut menggambarkan tingkat kestabilan dan kenyamanan dari Micro Car juga berbeda pada setiap medan lintasan. Perbedaan tersebut juga dipengaruhi oleh kinerja dari sistem suspensi yang diterapkan pada Micro Car, dimana kinerja dari sistem suspensi Micro Car akan dibahas dalam analisis dari hasil penelitian. Tujuan dari analisis hasil penelitian tersebut yaitu supaya diketahui keefektifan kinerja dari sistem suspensi Micro Car baik pada medan lintasan yang berbeda maupun pada berbagai keadaan.

2) Frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kanan

Frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan di berbagai medan lintasan yang berbeda maupun dalam berbagai keadaan juga terdapat banyak perbedaan. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang sangat besar apabila di dibandingkan dengan hasil yang ditunjukkan pada sistem

suspensi depan. Perbedaan juga ditunjukkan pada setiap medan lintasan yang berbeda dan pada berbagai keadaan.

Tabel 05. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kanan

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		f_n (cpm)	f_n (cpm)	f_n (cpm)
1	Berjalan lurus biasa	316,8	286,8	264
2	Dipercepat	300,6	264	224,4
3	Diperlambat	274,2	245	218,4
4	Membelok ke kiri	390	336	286,8
5	Membelok ke kanan	359,4	316,8	280

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural dari sistem suspensi belakang bagian kanan lebih besar dari hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi depan, hal tersebut dikarenakan perbedaan dari konstruksinya. Perbedaan perhitungan juga terjadi pada setiap keadaan dan medan lintasan yang berbeda. Data diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural yang paling rendah yaitu 218,4 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan terjal pada saat Micro Car diperlambat, sedangkan frekuensi natural yang paling tinggi yaitu 390 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan aspal pada saat Micro Car membelok ke kiri.

Data hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kinerja dari sistem suspensi depan dan sistem suspensi belakang terdapat perbedaan

yang sangat besar dan tidak seimbang, hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan keefektifan kerja dari sistem suspensi depan dan sistem suspensi belakang. Keefektifan kinerja sistem suspensi Micro Car akan dibahas dalam analisis hasil penelitian yang bahasannya akan mengacu pada keefektifan kinerja sistem suspensi Micro Car. Hasil dari analisis kinerja sistem suspensi tersebut nantinya dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui mana yang lebih efektif kinerja sistem suspensinya yaitu antara sistem suspensi depan dan sistem suspensi belakang.

3) Frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kiri

Frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi belakang Micro Car yaitu khususnya pada bagian kiri menunjukkan hasil yang paling besar apabila dibanding dengan yang lainnya. Hasil perhitungan frekuensi natural pada sistem suspensi belakang bagian kiri ini menunjukkan adanya perbedaan dengan hasil yang ditunjukkan oleh sistem suspensi belakang bagian kanan, meskipun posisi dari keduanya sejajar tetapi tidak satu poros. Hal ini disebabkan karena banyaknya faktor yang mempengaruhi dari hasil perhitungan. Hasil perhitungan frekuensi natural sendiri didapatkan melalui beberapa persamaan yang terdiri dari beberapa besaran yang mempengaruhinya, sehingga sangat memungkinkan terjadinya perbedaan dari hasil perhitungan.

Tabel 06. Hasil perhitungan frekuensi natural sistem suspensi belakang bagian kiri

NO	Keadaan Micro Car	Jalan Aspal	Jalan Rumput	Jalan Terjal
		f_n (cpm)	f_n (cpm)	f_n (cpm)
1	Berjalan lurus biasa	388,2	336	300,06
2	Dipercepat	359,4	300,6	254,4
3	Diperlambat	316,8	264	230,4
4	Membelok ke kiri	405,6	336	316,8
5	Membelok ke kanan	425,4	359,4	336

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural pada setiap medan lintasan dan berbagai keadaan terdapat perbedaannya. Perbedaan tersebut sangat mempengaruhi hasil analisis dari keefektifan kinerja sistem suspensi Micro Car khususnya sistem suspensi belakang bagian kiri. Data diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural yang paling rendah yaitu 230,4 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan terjal pada saat Micro Car diperlambat, sedangkan frekuensi natural yang paling tinggi yaitu 425,4 cpm ditunjukkan pada medan lintasan jalan aspal pada saat Micro Car membelok ke kanan.

Data diatas merupakan data yang sudah di olah dengan menggunakan beberapa persamaan sehingga menghasilkan suatu hasil perhitungan yang disebut frekuensi natural. Data tersebut selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat keefektifan kinerja antara sistem suspensi depan dan sistem suspensi belakang.

C. Analisis Hasil Penelitian

1) Analisis pada sistem suspensi depan

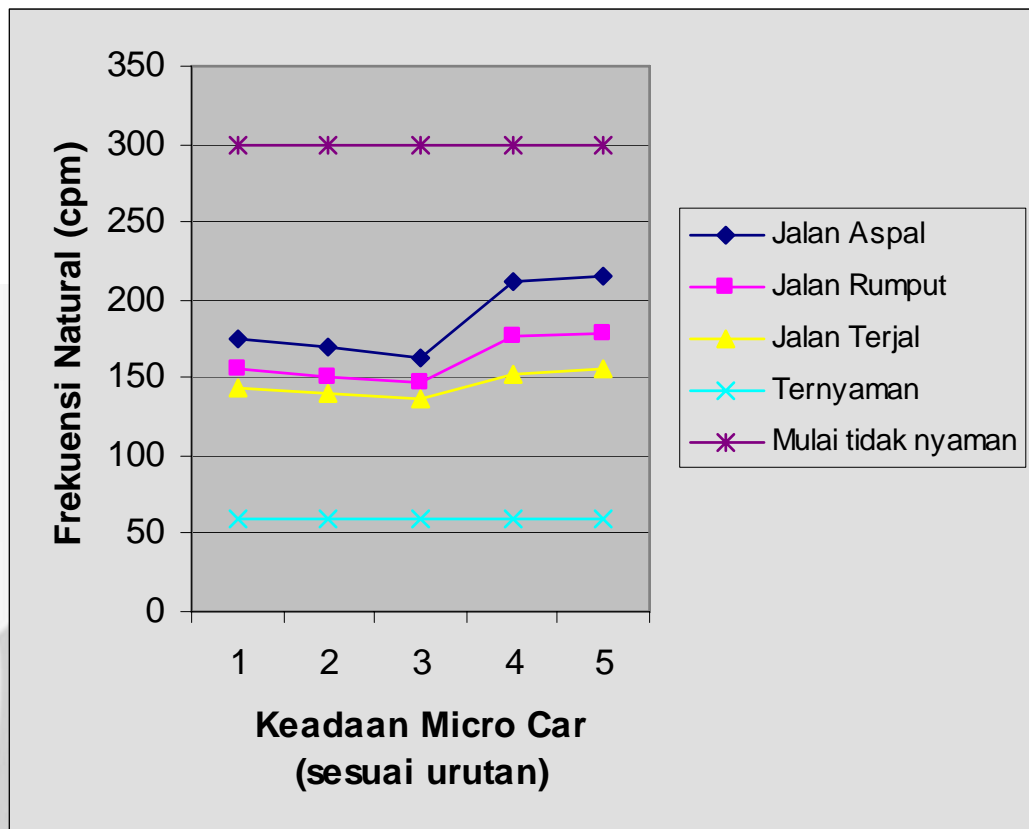
Sistem suspensi depan Micro Car tersusun dari beberapa komponen yang biasa dipakai dalam konstruksi sistem suspensi pada umumnya yaitu pegas coil (*coil spring*), peredam kejut (*shock absorber*), lengan ayun (*swing arm*),udukan (*mounting*) dan busing karet (*rubber bushing*). Komponen-komponen tersebut disusun dengan tujuan untuk memberikan daya redaman pada saat Micro Car dikendarai di berbagai medan. Berikut ini merupakan gambar dari konstruksi sistem suspensi depan Micro Car.



Gambar 18. Konstruksi sistem suspensi depan Micro Car

Konstruksi sistem suspensi diatas bekerja menjadi satu kesatuan untuk mencapai tingkat kenyamanan dan kestabilan dari Micro Car pada saat dikendarai. Hasil pengujian dari Micro Car yaitu uji jalan di berbagai medan lintasan menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar, baik pada saat Micro Car tersebut melintas diatas permukaan jalan aspal, jalan rumput dan jalan terjal.

Grafik 01. Hasil kinerja sistem Suspensi Depan Micro Car



Keterangan urutan keadaan Micro Car :

1. Berjalan lurus biasa
2. Dipercepat
3. Diperlambat
4. Membelok ke kiri
5. Membelok ke kanan

Grafik diatas menunjukkan perbedaan besarnya frekuensi natural dari hasil perhitungan. Adanya perbedaan tersebut ditunjukkan di setiap medan lintasan yang dilewati oleh Micro Car. Frekuensi natural merupakan salah satu besaran yang dijadikan patokan untuk mengetahui keefektifan kinerja dari suatu sistem suspensi. Sistem suspensi depan

Micro Car menunjukkan kerja yang sudah baik, hal itu dapat dilihat dari grafik diatas.

Grafik diatas juga menunjukkan bahwa besarnya frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi depan Micro Car tidak ada yang melebihi batas maksimal yang menyebabkan Micro Car tidak nyaman dan tidak stabil ketika dikendarai. Batas maksimal besarnya frekuensi natural yang mulai tidak nyaman apabila dikendarai yaitu 300 cpm. Meskipun demikian, frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi depan juga masih kurang optimal. Hal tersebut dikarenakan hasil perhitungan besarnya frekuensi natural pada sistem suspensi depan masih jauh dari angka yang ideal yaitu 60 cpm. Secara umum dapat disimpulkan bahwa konstruksi sistem suspensi depan sudah baik apabila kita lihat dari grafik diatas. Namun demikian masih diperlukan adanya penyempurnaan sistemnya supaya mampu mencapai frekuensi natural yang ideal yaitu 60 cpm atau minimal bisa mendekati angka tersebut.

Hasil perhitungan frekuensi natural yang ditunjukkan dengan grafik diatas juga dapat dijadikan patokan untuk mengetahui kinerja dari sistem suspensi depan Micro Car. Kinerja sistem suspensi depan Micro Car yang paling efektif dan maksimal terlihat pada saat Micro Car melaju pada jalan terjal, khususnya pada saat Micro Car diperlambat. Sedangkan kinerja yang kurang efektif terlihat pada saat Micro Car melaju pada jalan aspal, khususnya pada saat Micro Car membelok ke kanan. Kinerja yang ditunjukkan oleh sistem suspensi depan Micro Car sudah baik sehingga

menghasilkan stabilitas Micro Car yang baik pula pada saat Micro Car dikendarai. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa stabilitas Micro Car bagian depan sudah baik.

2) Analisis pada sistem suspensi belakang bagian kanan

Sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan tersusun dari dari beberapa komponen yang hampir sama dengan sistem suspensi depan. Hanya saja tipe komponen dan bentuk konstruksinya saja yang berbeda dengan sistem suspensi depan. Perbedaan tipe komponen dan konstruksinya tersebut yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan tersebut. Berikut merupakan gambar dari konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan.

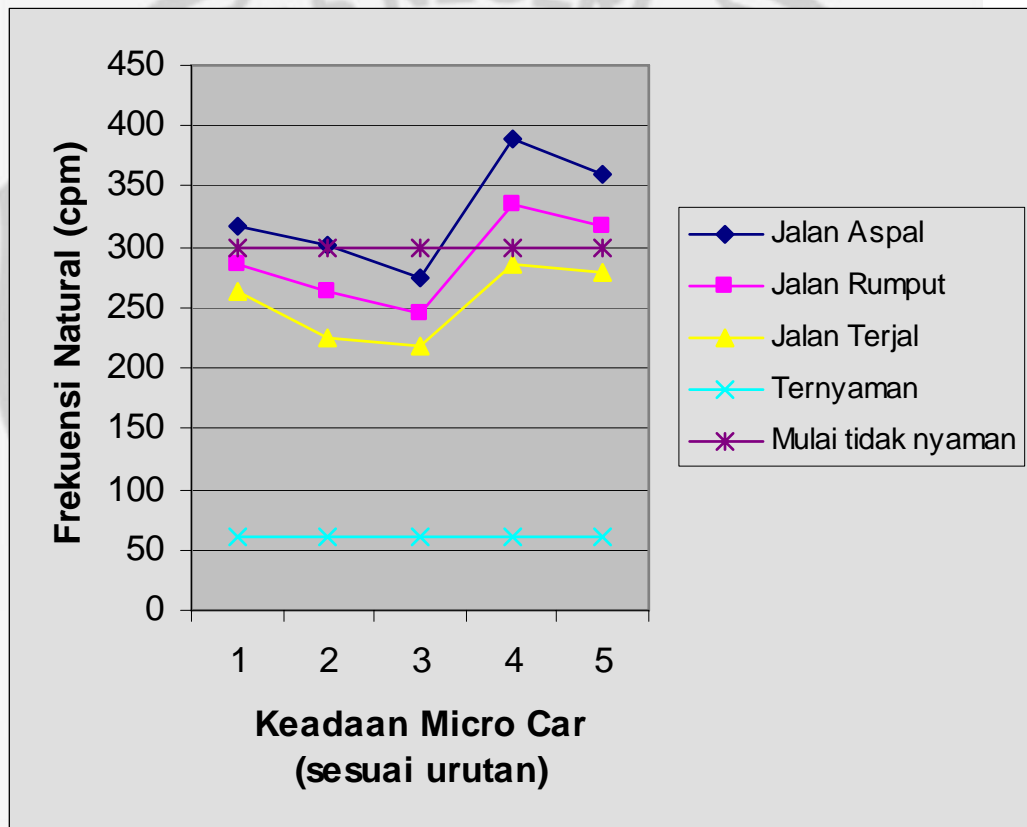


Gambar 19. Konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan

Konstruksi sistem suspensi diatas bekerja menjadi satu kesatuan juga, seperti pada sistem suspensi depan. Konstruksi sistem suspensi belakang tersebut bertujuan untuk memberikan tingkat kenyamanan dan kestabilan yang optimal apabila Micro Car dikendarai. Hasil pengujian

yang dilakukan menunjukkan bahwa kinerja dari sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan masih sangat kurang efektif. Hasil tersebut juga menunjukkan perbedaan hasil perhitungan frekuensi naturalnya pada saat Micro Car melalui beberapa medan lintasan yang berbeda, selain itu perbedaan juga dapat kita lihat apabila dibandingkan dengan hasil yang ditunjukkan oleh sistem suspensi depan.

Grafik 02. Kinerja sistem Suspensi Belakang Micro Car Bagian Kanan



Keterangan urutan keadaan Micro Car :

1. Berjalan lurus biasa
2. Dipercepat
3. Diperlambat
4. Membelok ke kiri
5. Membelok ke kanan

Hasil grafik diatas menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil perhitungan frekuensi natural yang cukup besar pada setiap medan lintasan yang dilalui oleh Micro Car. Perbedaan yang sangat besar juga dapat kita lihat pada grafik apabila dibandingkan dengan grafik yang menunjukkan hasil perhitungan sistem suspensi depan. Hasil yang ditunjukkan oleh grafik diatas menunjukkan bahwa frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi belakang bagian kanan masih kurang baik. Hal itu disebabkan karena ada beberapa titik dari hasil perhitungan frekuensi natural yang berada diatas batas frekuensi yang mulai tidak nyaman bagi pengemudi ataupun penumpangnya. Berapa titik hasil perhitungan berada diatas batasan frekuensi yang membuat anggota badan tidak nyaman yaitu diatas 300 cpm. Namun demikian masih banyak titik yang berada di bawah batas maksimal tersebut. Titik yang berada diatas batas maksimal tersebut harus dihindari, karena pada frekuensi natural diatas 300 cpm pengemudi maupun penumpang akan merasa tidak nyaman pada organ-organ tubuhnya. Berdasarkan hasil perhitungan, maka konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan perlu dirubah atau dilakukan penggantian tipe dari komponen sistem suspensi yang digunakan. Selain itu, perhitungan frekuensi natural juga menunjukkan hasil yang masih sangat jauh dari frekuensi natural yang ideal yaitu 60 cpm.

Hasil perhitungan frekuensi natural yang ditunjukkan oleh grafik diatas juga dapat dijadikan patokan untuk mengetahui kinerja dari sistem suspensi Micro Car khususnya sistem suspensi belakang bagian kanan.

Kinerja sistem suspensi belakang bagian kanan yang paling efektif terlihat pada saat Micro Car melaju pada medan lintasan jalan terjal dan diperlambat. Meskipun hasil tersebut merupakan yang paling efektif, namun dalam hasil perhitungannya masih terlalu besar dan mendekati batas atas dari tingkat kenyamanan. Sedangkan kinerja yang kurang efektif terlihat pada saat Micro Car melaju pada jalan aspal dan membelok ke kiri. Disamping hasil tersebut merupakan yang kurang efektif, hasil tersebut juga sudah tidak diperkenankan dalam suatu kendaraan. Hal itu dikarenakan pada frekuensi natural tersebut pengemudi maupun penumpangnya akan merasa tidak nyaman pada organ-organ tubuhnya. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kinerja dari sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan tidak begitu efektif sehingga kenyamanan dan stabilitas dari Micro Car juga kurang baik. Hasil tersebut juga mengharuskan supaya konstruksi dari sistem suspensi belakang Micro Car harus diganti sehingga mampu memberikan stabilitas dan kenyamanan yang seimbang.

3) Analisis pada sistem suspensi belakang bagian kiri

Sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri tersusun dari beberapa komponen yang sama persis dengan sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan. Disamping komponen-komponen yang digunakan sama persis, konstruksi dari kedua sistem suspensi tersebut juga sama. Meskipun keduanya memiliki kesamaan jenis komponen yang digunakan dan konstruksinya, tetapi hasil perhitungan frekuensi naturalnya

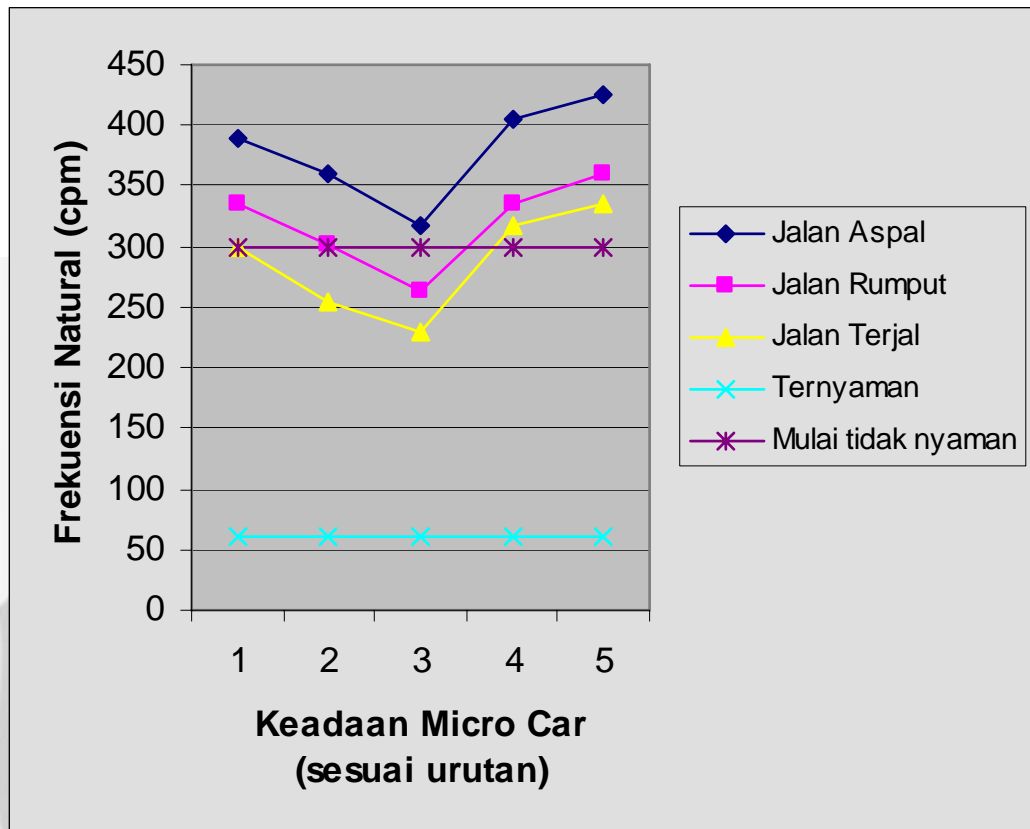
terdapat perbedaan yang sangat besar. Berikut ini merupakan gambar konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan.



Gambar 20. Konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car

Konstruksi sistem suspensi diatas bekerja menjadi satu kesatuan supay memberikan kenyamanan dan kestabilan pada Micro Car pada saat dikendaraai. Sistem suspensi belakang yang kanan dan yang kiri memiliki prinsip kerja yang sama dan memiliki tujuan yang sama yaitu memberikan kenyamanan dan menciptakan stabilitas yang tinggi pada saat Micro Car dikendarai. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukan bahwa kinerja sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri sangat tidak efektif. Hasil tersebut menunjukan adanya perbedaan hasil perhitungan frekuensi naturalnya pada saat Micro Car melaju diberbagai medan lintasan. Hasil pengujian dari sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri ini merupakan yang paling besar dan paling tidak efektif apabila dibandingkan dengan hasil pengujian pada sistem suspensi di bagian yang lainnya.

Grafik 03. Kinerja sistem Suspensi Belakang Micro Car Bagian Kiri



Keterangan urutan keadaan Micro Car :

1. Berjalan lurus biasa
2. Dipercepat
3. Diperlambat
4. Membelok ke kiri
5. Membelok ke kanan

Grafik diatas menunjukkan perbedaan besarnya frekuensi natural pada setiap medan lintasan yang dilewati oleh Micro Car. Perbedaan yang sangat besar juga terlihat apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan frekuensi natural pada sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan yang notabene memiliki kesamaan pada tipe komponen yang digunakan dan pada konstruksinya. Hasil yang ditunjukkan oleh grafik diatas

menggambarkan bahwa frekuensi natural yang ditimbulkan oleh sistem suspensi belakang Micro Car sangat besar, sehingga menimbulkan rasa yang tidak nyaman dari pengemudi dan penumpangnya. Sebagian besar dari hasil perhitungannya berada diatas batasan frekuensi natural yang tidak nyaman yaitu diatas 300 cpm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada medan lintasan jalan aspal semuanya berada diatas 300 cpm, hal itu menggambarkan bahwa pada saat Micro Car melaju di jalan aspal sistem suspensi belakang Micro Car bagian kiri hanya sedikit sekali melakukan kerja dan tidak memberikan kenyamanan pada pengemudi dan penumpangnya. Sedangkan di jalan rumput sistem suspensi belakang bagian kiri hanya bekerja agak efektif pada saat Micro Car diperlambat. Pada jalan terjal sistem suspensi belakang bagian kiri bekerja agak efektif pada saat Micro Car dipercepat dan diperlambat. Hasil-hasil yang ditunjukkan diatas menggambarkan bahwa kinerja dari sistem suspensi belakang Micro Car bagian kanan tidak efektif, sehingga tidak terciptanya stabilitas yang baik pada saat Micro Car tersebut dikendarai.

4) Analisis keseluruhan sistem suspensi Micro Car

Hasil keseluruhan dari pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat besar antara sistem suspensi depan dan sistem suspensi belakang pada Micro Car. Sistem suspensi depan Micro Car menunjukkan kinerja yang cukup baik dan mampu menciptakan kestabilan yang baik pula, hal itu ditunjukkan oleh hasil perhitungan yang

digambarkan oleh grafik. Grafik menunjukkan bahwa tidak ada satu pun titik dari hasil perhitungan yang melewati batas maksimal dari frekuensi yang diijinkan, batas maksimal dari yang diijinkan adalah 300 cpm. Untuk mencapai kenyamanan dan kestabilan yang seimbang diharuskan frekuensi natural yang ditimbulkan diantara 60 cpm sampai dengan 300 cpm, lebih idealnya frekuensi yang ditimbulkan besarnya yaitu 60 cpm.

Grafik yang menggambarkan kinerja sistem suspensi depan Micro Car menunjukkan bahwa konstruksi dan tipe komponen yang digunakan dari sistem sistem suspensi sudah cukup tepat dan baik. Konstruksi sistem suspensi depan Micro Car tersebut harus dipertahankan, jika akan melakukan perubahan hanya pada tipe komponen yang digunakan saja dan perubahannya jangan terlalu besar. Penyempurnaan juga harus dilakukan pada tingkat kepresisian dari konstruksi sistem suspensi yang digunakan, supaya beban yang diterima antara kanan dan kiri sama besar.

Hasil perhitungan yang digambarkan oleh grafik menunjukkan bahwa kinerja dari sistem suspensi belakang Micro Car tidak optimal. Hal itu ditunjukkan bahwa mayoritas dari hasil perhitungan yang digambarkan pada grafik melebihi batas maksimal frekuensi yang diijinkan yaitu melebihi 300 cpm. Hasil perhitungan tersebut menggambarkan bahwa tidak ada keseimbangan antara nyaman dan kestabilan sehingga pada saat Micro Car dikendarai tidak memberikan nyaman bagi pengemudi dan penumpangnya.

Grafik hasil pengujian tersebut juga menggambarkan bahwa konstruksi dari sistem suspensi belakang Micro Car kurang tepat sehingga kinerja yang dihasilkan tidak optimal. Konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car menempatkan peredam kejut (*shock absorber*) dan pegas coil (*coil spring*) membujur lurus arah vertikal sehingga kedua komponen tersebut tidak mampu memberikan kerja yang optimal pada sistem suspensi belakang. Konstruksi tersebut sangat tidak tepat apabila digunakan pada sistem suspensi belakang Micro Car, sehingga konstruksi tersebut harus diganti. Penggantian konstruksi dari sistem suspensi belakang Micro Car dilakukan dengan cara merubah dudukan dari peredam kejut (*shock absorber*) dan pegas coil (*coil spring*). Perubahan yang dilakukan pada dudukan kedua komponen tersebut akan meningkatkan kinerjanya, sehingga mampu menimbulkan frekuensi yang berada didalam batas yang diijinkan.

D. Keterbatasan penelitian

Uji kinerja dinamik sistem suspensi Micro Car dengan cara uji jalan langsung di beberapa medan lintasan yang berbeda ini belum dapat langsung secara maksimal karena adanya beberapa keterbatasan yang menyangkut alat uji dan benda uji. Keterbatasan tersebut di antaranya adalah :

1. Alat uji yang digunakan untuk mengetahui besarnya defleksi pada pegas sistem suspensi masih manual dan hanya menggunakan semacam alat

bantu yang dipasang pada masing-masing pegas sistem suspensi pada saat dilakukan pengujian.

2. Belum adanya speedo meter yang terpasang secara permanen pada benda uji, sehingga untuk mengetahui kecepatannya harus menggunakan sepeda motor sebagai alat bantu untuk mengetahui kecepatan dari benda uji.
3. Belum sempurnanya konstruksi dari keseluruhan benda uji, jadi ada kemungkinan penambahan berat dari benda uji tersebut.
4. Benda uji masih dibuat secara manual dan belum menggunakan mesin-mesin canggih dalam pembuatannya, sehingga tingkat kepresisian dari semua konstruksi yang dibuat masih sangat rendah.
5. Konstruksi bodi dan rangka yang terpisah sehingga sering menimbulkan getaran tersendiri pada bodi apabila ikatan antara bodi dan rangka kurang sempurna.
6. Adanya beberapa komponen yang dirancang dan dibuat sendiri sehingga sering dilakukan penggantian yang diakibatkan kekuatannya tidak mampu menahan beban yang ditopangnya.
7. Bahan uji yang digunakan merupakan suatu jenis kendaraan baru dan belum ada kendaraan lain yang menggunakan konsep serupa sehingga belum adanya spesifikasi yang khusus untuk kendaraan tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang dilakukan, maka penulis menyimpulkan bahwa :

1. Hasil pengujian dinamik sistem suspensi Micro Car digambarkan melalui grafik yang berdasarkan besarnya frekuensi natural yang ditimbulkan menyatakan bahwa semakin besar frekuensi natural dari hasil perhitungan maka kinerja dari sistem suspensi tersebut semakin tidak efektif sehingga antara kenyamanan dan kestabilan tidak seimbang.
2. Hasil pengujian pada sistem suspensi depan menunjukkan bahwa kinerjanya efektif karena frekuensi naturalnya masih dalam batas yang diijinkan yaitu masih diantara 60 cpm-300 cpm.
3. Hasil pengujian pada sistem suspensi belakang menunjukkan bahwa kinerjanya tidak efektif karena frekuensi naturalnya banyak yang melebihi batas maksimal yang diijinkan yaitu melebihi 300 cpm.

B. Saran

Uji kinerja yang ditunjukkan oleh sistem suspensi Micro Car belum sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa hal yang perlu diadakan penelitian lebih lanjut telah disinggung di dalam bab sebelumnya. Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan supaya mampu menciptakan suatu kinerja dari sistem suspensi yang lebih baik lagi adalah :

1. Komponen-komponen yang digunakan pada sistem suspensi Micro Car harus disesuaikan dengan beban yang akan ditopangnya dan juga harus disesuaikan dengan konstruksi dari sistem suspensinya.
2. Perlu diadakan perubahan pada konstruksi sistem suspensi belakang Micro Car supaya kinerjanya menjadi lebih baik, terutama perubahan pada posisi peredam kejut (*shock absorber*) dan pegas coil (*coil spring*).
3. Kepresisian dari rangkaian komponen yang digunakan pada sistem suspensi Micro Car perlu diperbaiki, terutama pada kedudukan-kedudukan komponen sistem suspensi Micro Car.
4. Perlu dibuatkan lengan ayun (*swing arm*) yang khusus untuk sistem suspensi depan Micro Car.
5. Perlu diadakan perbaikan dari beberapa bagian pada Micro Car terutama yang menyangkut masalah kepresisian sehingga beban yang bekerja pada kedua roda belakang Micro Car besarnya sama.

6. Pengambilan data perlu dilengkapi dengan menggunakan kertas yang mampu menggulung sehingga frekuensi dapat diketahui secara langsung.
7. Perlu adanya pengujian pada sistem-sistem yang lainya supaya semua sistem dapat saling menyesuaikan sehingga dapat tercipta suatu Micro Car yang bebar-benar sempurna.



DAFTAR PUSTAKA

Tim Toyota. 1990. *Materi Pelajaran Engine Group STEP 1*. Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.

William T. Thomson. 1988. *Teori Getaran dengan Penerapannya*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Jac. Stolk dan C. Kros. 1986. *Elemen Mesin*. Jakarta : Penerbit Erlangga

Daryanto. 1997. *Fisika Teknik*. Jakarta : Rineka Cipta.

Robert J Kodoatie. 2002. *Hidrolika Terapan*. Yogyakarta : CV. Andi Off Set

Inany Furoidah. 1997. *Fisika Dasar I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Frederick J Bueche. 1999. *Fisika*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Douglas C Giancoli. 2001. *Fisika*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Joel, Rayner. 1974. *Basic Engineering Thermodynamics in SI Unit 3rd edition*. London: Logman.

Suharsimi Arikunto 1992. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

[”http://en.wikipedia.org/wiki/Suspention”](http://en.wikipedia.org/wiki/Suspention)

[”http://en.wikipedia.org/wiki/shock absorber”](http://en.wikipedia.org/wiki/shock_absorber)

[”http://en.wikipedia.org/wiki/coil pring”](http://en.wikipedia.org/wiki/coil_pring)