

**PEMBUATAN SISTEM SUSPENSI DEPAN *CITY CAR* KITA
(KARYA INOVASI TUGAS AKHIR)**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk
Memenuhi Sebagai Persyaratan guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik

Program Studi Teknik Otomotif



Oleh :

ARIF GINANJAR SUDRAJAD

NIM. 13509134028

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF

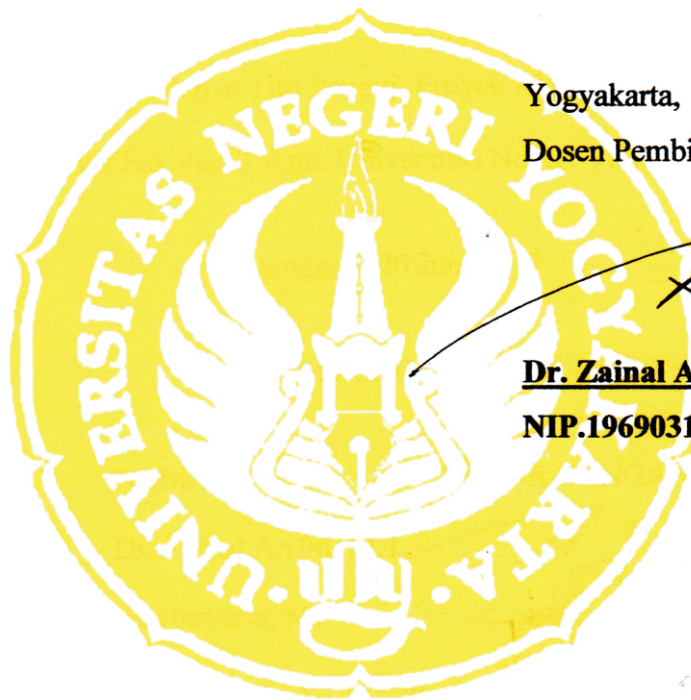
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2017

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul “**PEMBUATAN SISTEM SUSPENSI DEPAN CITY CAR KITA (KARYA INOVASI TUGAS AKHIR)**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, Juni 2017

Dosen Pembimbing,

Dr. Zainal Arifin, M.T.

NIP.19690312 200112 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

Pembuatan Sistem Suspensi Depan City Car KITA

Disusun oleh :

Arif Ginanjar Sudrajad




NIM. 13509134028

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Proyek Akhir Progam Studi Teknik

Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal : 20 Juni 2017

TIM PENGUJI

JABATAN	NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ketua Penguji	Dr. Zainal Arifin, M.T.		21/07 2017
Sekretaris Penguji	Kir Haryana, M.Pd		21/07 2017
Penguji Utama	M. Wakid, S.Pd., M.Eng		21/07 2017

Yogyakarta, 21. Juli 2017

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta




Dr. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 6 Juni 2017

Yang menyatakan,

Arif Ginanjar Sudrajad

NIM. 13509134028

MOTTO

“ Kerjakanlah segala sesuatu yang baik dengan niat beribadah, niscaya jalanmu penuh dengan berkah”

(Penyusun)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap.”

(Q.S. Al-Insyiraah: 5-6)

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir yang sederhana ini ku persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta serta adikku yang selalu memberi doa restu dan dukungan tanpa kenal lelah.
2. Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif UNY yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.
3. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Otomotif Kelas B 2013 yang selalu memberi tawa dan canda.
4. Para penghuni House of Digdo Prayogo Kaliwaru yang selalu memberi warna dimalam hari.
5. Masa depanku yang selalu mendukungku dan masih setia menunggu tanpa kenal ragu.

**PEMBUATAN SISTEM SUSPENSİ DEPAN *CITY CAR* KITA
(KARYA INOVASI TUGAS AKHIR)**

**Oleh
ARIF GINANJAR SUDRAJAD
13509134028**

ABSTRAK

Pembuatan sistem suspensi depan pada *city car* KITA bertujuan untuk menciptakan sistem suspensi yang sesuai standar dan layak untuk digunakan serta dapat memberikan rasa aman dan nyaman dalam berkendara.

Proses pembuatan sistem suspensi depan *city car* KITA dimulai dengan identifikasi data, penghitungan beban statis dan dinamis, analisa kebutuhan untuk menentukan bahan dan meterial yang akan digunakan. Proses selanjutnya adalah melakukan desain sistem suspensi dengan menggunakan *software solidwork* berdasarkan bentuk rangka dan komponen lain. Proses selanjutnya adalah proses pembuatan sistem suspensi depan meliputi pembuatan *upper arm*, *lower arm*, dudukan *shock absorber*, dudukan *upper arm* dan dudukan *lower arm* dilanjutkan dengan proses perakitan komponen agar terbentuk suatu sistem. Proses terakhir adalah proses pengujian sistem suspensi depan meliputi pengujian massa kendaraan, pengujian *ground clearance* serta pengujian defleksi pegas.

Hasil pengujian massa kendaraan sebesar 375 kg dengan beban statis yang mampu ditopang masing-masing roda depan sebesar 72.5 kg. Masing-masing roda mengaplikasikan *shock absorber* dari Honda Beat yang mampu menopang beban kosong Honda Beat 93 kg. Hasil pengujian *ground clearance* tanpa beban adalah 168 mm dan pengujian *ground clearance* beban penuh adalah 150 mm dengan standar *ground clearance city car* 140-170 mm. Hasil pengujian defleksi pegas tanpa beban menyisakan 29 mm langkah pemegasan dan defleksi pegas saat beban penuh menyisakan 14 mm langkah pemegasan. Dari hasil pengujian tersebut, maka sistem suspensi depan *city car* KITA dapat dikatakan baik dan layak untuk digunakan.

Kata Kunci : Sistem Suspensi City Car KITA

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul **”Pembuatan Sistem Suspensi Depan City Car KITA (Karya Inovasi Tugas Akhir)”** dengan baik. Proyek Akhir ini disusun sebagai syarat kelulusan guna meraih gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Otomotif, Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Penyelesaian Proyek Akhir ini tidak lepas dari adanya bantuan, bimbingan, arahan, motivasi, serta saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Zainal Arifin, M.T., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta sekaligus selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir yang telah meluangkan waktu untuk membimbing hingga terselesaikannya Proyek Akhir ini.
2. Prof. Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd., selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Dr. Widarto, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Moch. Solikin, M.Kes., selaku Kaprodi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Sudarwanto, M.Eng., selaku Penasehat Akademik kelas B Program Studi Teknik Otomotif angkatan 2013.

6. Segenap Dosen dan Staff Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan semangat dan do'a restunya.
8. Teman-teman Teknik Otomotif D3 angkatan 2013 khususnya kelas B1.
9. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dengan keterbatasan dalam penulisan, Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar Proyek Akhir ini menjadi lebih baik. Semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis namun juga bagi pembaca.

Yogyakarta, 06 Juni 2017

Arif Ginanjar Sudrajad

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan.....	5
F. Manfaat.....	5
G. Keaslian Gagasan	5
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	7
A. Sistem Suspensi.....	7
B. Fungsi Sistem Suspensi	8
C. Prinsip Kerja Sistem Suspensi.....	9
D. Jenis-jenis Oskilasi Bodi Kendaraan	12
E. Komponen Sistem Suspensi	13
1. Pegas	13
2. Peredam Kejut (<i>shockabsorber</i>)	17
3. Lengan Suspensi (<i>suspension arm</i>).....	20
4. <i>Ball Joint</i>	21
5. <i>Strut Bar</i>	21
6. <i>Stabilizer Bar</i>	21
7. <i>Bumper</i>	21
F. Jenis-jenis Suspensi.....	22
BAB III. KONSEP PERANCANGAN	33
A. Identifikasi Data	34
B. Perhitungan Beban Statis dan Dinamis	35
C. Analisis Kebutuhan	37
D. Desain.....	41

E. Pembuatan	44
F. Rencana Pengujian	45
G. Jadwal dan Perencanaan	48
H. Biaya.....	50
BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
A. Proses	51
1. Pembuatan Suspensi	51
2. Proses Pengujian	63
B. Hasil	69
1. Hasil Pembuatan	69
2. Hasil Pengujian.....	70
C. Pembahasan.....	71
1. Pembuatan sistem suspensi depan <i>City Car</i> KITA	71
2. Pengujian Sistem Suspensi <i>City Car</i> KITA	72
BAB V. KESIMPULAN, KETERBATASAN DAN SARAN.....	76
A. Kesimpulan.....	76
B. Keterbatasan	78
C. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perbandingan Kendaraan dengan dan tanpa Suspensi	8
Gambar 2. Suspensi Menyerap Kejut dari Permukaan Jalan	9
Gambar 3. Oskilasi pada Bodi Kendaraan	12
Gambar 4. Pegas Ulir (<i>Coil Spring</i>).....	15
Gambar 5. Pegas Daun (<i>Leaf Spring</i>)	16
Gambar 6. Pegas Batang Torsi (<i>Torsion bar spring</i>).....	17
Gambar 7. Penggunaan <i>Shockabsorber</i>	18
Gambar 8. <i>Shockabsorber</i> Tipe <i>Single Action</i>	18
Gambar 9. <i>Shockabsorber</i> Tipe <i>Multi Action</i>	19
Gambar 10. Komponen Suspensi.....	22
Gambar 11. Suspensi <i>Rigid</i>	24
Gambar 12. Suspensi <i>Rigid</i> Tipe <i>Rigid Axle</i>	25
Gambar 13. Suspensi <i>Rigid</i> Tipe <i>Trailing Arm</i> dengan <i>Twist Beam</i>	26
Gambar 14. Suspensi <i>Rigid</i> Tipe <i>4 Link</i>	27
Gambar 15. Suspensi <i>Independent</i>	28
Gambar 16. Suspensi <i>Macpherson</i> Tipe <i>Strut</i>	29
Gambar 17. Suspensi Tipe <i>Macpherson</i> dengan <i>Lower</i> Berbentuk <i>L</i>	30
Gambar 18. Suspensi Tipe <i>Double Wishbone</i> dengan Pegas Ulir	31
Gambar 19. Suspensi <i>Wishbone</i> dengan Pegas Batang Torsi	32
Gambar 20. <i>Flowchart</i> Konsep Pembuatan	33
Gambar 21. Desain <i>City Car</i> KITA	35
Gambar 22. Desain Rangka dan Suspensi <i>City Car</i> KITA	37
Gambar 23. Desain Sistem Suspensi Depan	38
Gambar 24. Desain Sistem Suspensi Depan 3 Dimensi.....	40
Gambar 25. <i>Shock Absorber</i>	41
Gambar 26. Desain <i>Upper Arm</i> dan <i>Lower Arm</i>	50
Gambar 27. Mal Bentuk <i>Upper Arm</i> dan <i>Lower Arm</i>	51
Gambar 28. Pipa Untuk Pemasangan <i>Rod End</i>	52
Gambar 29. Pipa Ø 30 mm dengan Panjang 245,9 mm	52
Gambar 30. Menyatukan Pipa pada Mal	53
Gambar 31. Pengelasan <i>Arm</i>	54
Gambar 32. Pemasangan <i>Rod End</i> pada <i>arm</i>	54
Gambar 33. Memasang <i>Bearing</i> dengan Alat <i>Press</i>	55
Gambar 34. Mengelas <i>Housing Bearing</i>	56
Gambar 35. Pemotongan Plat	56
Gambar 36. Desain <i>Lower Arm</i>	57
Gambar 37. Plat <i>Bracket Arm</i>	57
Gambar 38. Pengelasan <i>Arm</i> pada Rangka	58

Gambar 39. <i>Bracket Shock</i> pada Rangka	59
Gambar 40. Pengelasan <i>Bracket</i> pada Rangka	59
Gambar 41. Pemasangan Sistem Suspensi pada Rangka	60
Gambar 42. Pengujian Massa Kendaraan	61
Gambar 43. Pengukuran <i>Ground Clearance</i> Kendaraan Tanpa Beban	62
Gambar 44. Pengujian <i>Ground Clearance</i> Kendaraan Beban Penuh	63
Gambar 45. Pengujian Defleksi Pegas Tanpa Beban.....	64
Gambar 46. Pengujian Defleksi Pegas Beban Penuh.....	66
Gambar 47. Perakitan Suspensi Depan Pada Rangka.....	67
Gambar 48. Pengaplikasian Suspensi Depan <i>City Car KITA</i>	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Prinsip-Prinsip pada Permasalahan Guncangan Kendaraan	11
Tabel 2. Jadwal dan Perencanaan	46
Tabel 3. Rincian Biaya	47
Tabel 4. Perbandingan Defleksi Pegas	71

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Kartu Bimbngan Proyek Akhir.....	81
2. Lampiran Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir	82
3. Lampiran Desain Rangka Depan dan Bracket Suspensi.....	83
4. Lampiran Desain <i>Upper Arm</i>	84
5. Lampiran Desain <i>Lower Arm</i>	85

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan transportasi merupakan kebutuhan turunan (*derived demand*) akibat aktivitas ekonomi, sosial, dan sebagainya. Sarana transportasi yang ada di darat, laut, maupun udara memegang peranan penting dalam aspek sosial ekonomi melalui fungsi distribusi antara daerah satu dengan daerah yang lain. Mobilitas barang dan manusia akan menjadi lebih mudah dan cepat bila sarana transportasi yang ada berfungsi sebagaimana mestinya sehingga transportasi dapat menjadi salah satu sarana untuk mengintegrasikan berbagai wilayah di Indonesia. Mobil merupakan alat transportasi pribadi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat selain sepeda motor, namun kendaraan ini semakin lama menjadi permasalahan yang serius. Permasalahan transportasi selalu terjadi hampir di seluruh kota-kota besar di Indonesia bahkan di dunia, dan sudah dalam keadaan yang sangat kritis. Hal tersebut disebabkan oleh terbatasnya sarana dan prasarana transportasi, urbanisasi yang cepat, tingkat kedisiplinan lalu lintas yang rendah, semakin jauh pergerakan manusia setiap harinya, dan juga sistem perencanaan transportasi yang kurang baik. Akibatnya kemacetan, tundaan, kecelakaan, gangguan kesehatan, dan permasalahan lingkungan tidak dapat dihindari lagi. Selama ini bahan bakar fosil merupakan tumpuan utama penunjang transportasi di dunia. Semakin lama kebutuhan akan bahan bakar di dunia semakin meningkat sedangkan

cadangan minyak mentah di dunia semakin menipis yang berimbas kepada harga minyak yang semakin mahal. Saat ini masyarakat dunia dituntut untuk menekan penggunaan bahan bakar fosil agar cadangan minyak dunia tetap ada untuk masa depan.

Masyarakat saat ini membutuhkan moda transportasi yang aman, nyaman, bebas hambatan serta hemat energi guna menunjang mobilitas dalam kehidupan sehari-hari. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dalam hal ini Prodi Teknik Otomotif merasa tertantang untuk menjawab kebutuhan saat ini untuk mendesain dan menciptakan kendaraan yang kelak bisa membantu mobilitas serta meningkatkan ekonomi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, dalam proyek akhir ini dirancang sebuah mobil dua penumpang dengan mengaplikasikan *engine* dari sepeda motor roda tiga dengan tujuan utama untuk mengatasi kemacetan dan menghemat konsumsi bahan bakar. Pada pelaksanaannya, proyek akhir ini dikerjakan secara kelompok dengan pembagian fokus masing masing sistem untuk setiap mahasiswa. Terdapat delapan fokus pekerjaan antara lain ; rangka, bodi, kelistrikan, *engine*, pemindah tenaga, kemudi, rem, dan suspensi. Berdasarkan pembagian tersebut, penulis akan membuat sistem suspensi pada City Car KITA (Karya Inovasi Tugas Akhir).

Pada industri otomotif, produsen berlomba-lomba menciptakan kendaraan yang aman, nyaman dan hemat energi. Faktor keamanan dan kenyamanan tidak bisa dikesampingkan dalam produksi sebuah kendaraan karena keamanan dan kenyamanan merupakan pertimbangan para konsumen

untuk memilih kendaraan guna menunjang mobilitas sehari-hari. Salah satu contoh yang mempengaruhi keamanan dan kenyamanan sebuah kendaraan adalah sistem suspensi. Sistem suspensi berfungsi sebagai penahan berat kendaraan dan juga sebagai peredam / mengurangi getaran yang ditimbulkan akibat kondisi permukaan jalan sehingga pengendara tidak merasakan kejutan yang berlebihan pada saat kendaraan berada pada kondisi jalan yang bermacam macam.

Suspensi roda depan pada kendaraan umumnya menggunakan tipe *macpherson* dan *double wishbone*. Pengaplikasian kedua tipe suspensi ini selain untuk meredam kejutan dan menahan beban kendaraan adalah untuk menyerap gaya agar roda bergerak kearah yang diinginkan oleh pengemudi ketika berbelok, sedangkan suspensi pada roda belakang kendaraan juga terdapat berbagai tipe diantaranya tipe pegas daun, tipe 4 *link*, tipe *semi-trailing arm*, dan *semi double wishbone*. Tipe-tipe suspensi belakang tersebut diciptakan untuk menahan beban kendaraan yang cenderung lebih berat pada bagian belakang daripada bagian depan sehingga konstruksi tipe tersebut lebih kuat dan mempunyai daya pemegasan yang lebih keras.

Pada City Car KITA yang berpenumpang 2 orang akan mengaplikasikan mesin sepeda motor roda tiga dengan kapasitas 200 cc. Mesin diletakkan dibelakang dan menggunakan poros *propeller* serta gardan sebagai penerus tenaga dari mesin yang akan didistribusikan ke masing-masing roda belakang. Dengan pertimbangan tersebut maka diperlukan

rancangan suspensi depan dan belakang untuk menopang seluruh beban kendaraan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Masyarakat membutuhkan moda transportasi yang aman, nyaman, bebas hambatan dan hemat energi.
2. Getaran mesin serta perbedaan permukaan jalan yang dapat mengganggu kenyamanan dan keamanan.
3. Perlunya sistem suspensi pada sebuah kendaraan guna menunjang keamanan dan kenyamanan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka permasalahan akan dibatasi hanya pada sistem suspensi *City Car KITA* dan hanya berfokus pada sistem suspensi depan.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan sistem suspensi depan *City Car KITA*?
2. Bagaimana proses pembuatan sistem suspensi depan *City Car KITA*?
3. Bagaimana kelayakan sistem suspensi depan *City Car KITA*?

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka dapat diambil tujuan sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat sistem suspensi depan *City Car KITA*
2. Mengetahui proses pembuatan sistem suspensi depan *City Car KITA*
3. Mengetahui kelayakan dari sistem suspensi depan *City Car KITA*

F. Manfaat

Manfaat dari pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didapat di bangku kuliah untuk menjawab tuntutan masyarakat akan kendaraan yang aman, nyaman, hemat energi serta ramah lingkungan.
2. Memperoleh rasa aman serta nyaman bagi pengemudi maupun penumpang saat mengendarai *City Car KITA*.
3. Menjadi referensi untuk pembuatan sistem suspensi kendaraan.

G. Keaslian Gagasan

Gagasan proyek akhir ini merupakan hasil dari pengembangan mata kuliah Teknologi Otomotif Lanjut yang kemudian diarahkan sebagai bahan untuk proyek akhir mahasiswa Prodi Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta dengan mengaplikasikan berbagai ilmu di bidang otomotif. Dengan mengangkat judul “**Pembuatan Sistem Suspensi Depan *City Car KITA* (Karya Inovasi Tugas Akhir)**” adalah benar asli dibuat dan disusun oleh penulis dan belum pernah dibuat ataupun disusun oleh pihak

lain. Apabila ada pihak yang merasa hasil karya serupa ataupun mirip dengan proyek yang kami susun, kami mohon dengan kerendahan hati untuk melakukan konfirmasi kepada penulis.

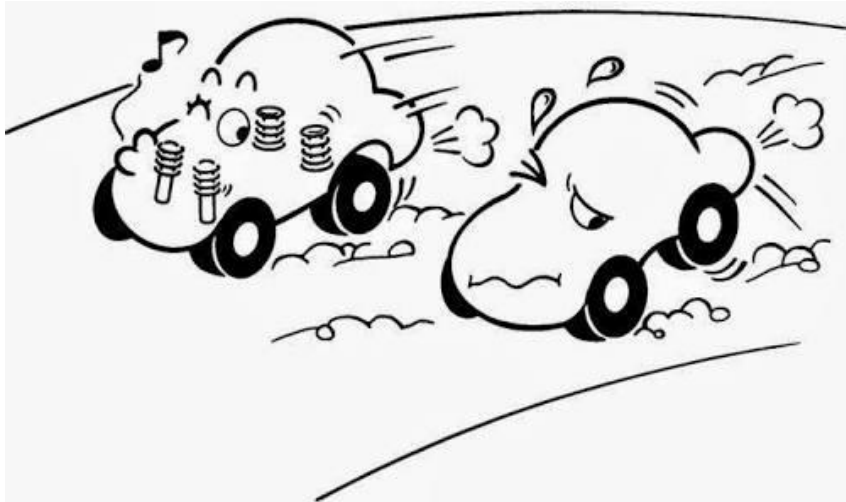
BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Dalam membuat suspensi depan pada *City Car* KITA diperlukan beberapa pendekatan pemecahan masalah pada sistem suspensi meliputi ; pengertian sistem suspensi, fungsi sistem suspensi, prinsip kerja sistem suspensi, jenis-jenis oskilasi bodi kendaraan, komponen-komponen pada sistem suspensi dan jenis-jenis suspensi.

A. Sistem Suspensi

Kenyamanan berkendara bagi pengemudi dan juga penumpang merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Getaran dari mesin dan komponen lain serta berbagai kondisi permukaan jalan akan menimbulkan guncangan pada kendaraan. Suspensi terletak di antara bodi kendaraan dan roda-roda, berperan dalam penyerapan getaran yang kemudian diredam dan diperhalus, serta memperbaiki kemampuan cengkeram roda terhadap jalan agar menghasilkan keamanan, kenyamanan dan stabilitas bagi pengemudi, penumpang maupun barang dalam berkendara.

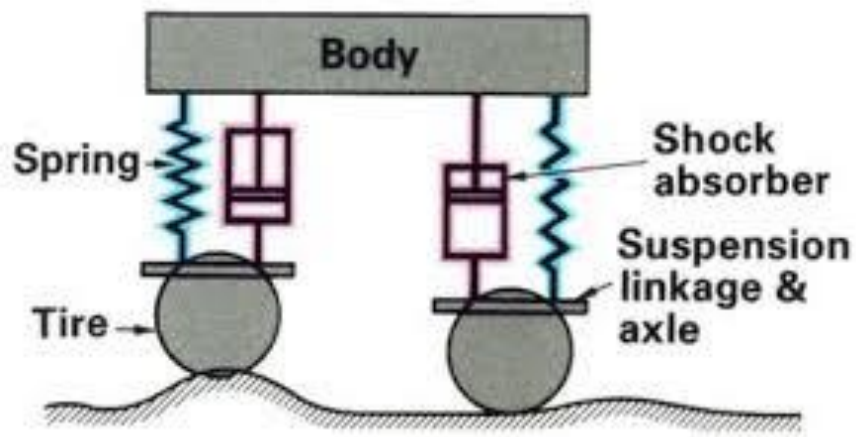


Gambar 1. Perbandingan kendaraan dengan dan tanpa suspensi

B. Fungsi Sistem Suspensi

Suspensi menghubungkan bodi kendaraan dan roda-roda yang berfungsi sebagai berikut :

1. Selama berjalan, kendaraan dan roda secara bersama-sama menyerap getaran, oskilasi, dan kejutan dari permukaan jalan, untuk melindungi penumpang dan barang agar aman serta menambah kenyamanan dan stabilitas. (Toyota, 1995)
2. Memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke bodi melalui gesekan antara jalan dengan roda-roda.
3. Menopang bodi pada *axle* dan memelihara letak geometris antara bodi dan roda-roda.



Gambar 2. Suspensi menyerap kejutan dari permukaan jalan

C. Prinsip Kerja Sistem Suspensi

Saat roda-roda menerima kejutan dari permukaan jalan, gaya akan diteruskan ke *lower arm* dan *upper arm*, gaya tersebut ditahan oleh pegas yang mengakibatkan terjadinya defleksi pegas, kemudian gaya pemegasan diperhalus oleh peredam getaran (*shock absorber*) agar tidak terjadi oskilasi/pantulan berlebihan. Hal ini memungkinkan roda-roda tetap menapak pada jalan. (Buntarto, 2015: 2)

Tugas suspensi kendaraan adalah untuk memaksimalkan gesekan antara ban dan permukaan jalan, untuk memberikan stabilitas kemudi dengan penanganan yang baik dan menjamin kenyamanan penumpang. Jika kondisi jalan lurus dan dengan permukaan yang halus maka suspensi tidak akan diperlukan. Namun kondisi jalan yang beragam dengan berbagai macam permukaan menuntut sistem suspensi harus diterapkan pada suatu kendaraan.

Menurut hukum Newton tentang gerak, semua benda memiliki besar dan arah. Sebuah gundukan di jalan menyebabkan roda untuk bergerak ke atas dan ke bawah tegak lurus terhadap permukaan jalan. Besar gaya tergantung roda membentur gundukan besar ataupun kecil. Roda mengalami percepatan vertikal saat mengalami kejutan tersebut.

Tanpa pengaruh suspensi, semua energi vertikal roda akan diteruskan langsung ke *frame* dan bergerak dengan arah yang sama. Dalam situasi seperti itu roda dapat kehilangan kontak dengan jalan secara penuh dan karena adanya gaya gravitasi maka roda akan dibanting kembali ke permukaan jalan. Dari gaya yang bekerja saat kendaraan menerima kejutan tersebut, maka diperlukan suatu sistem yang dapat menyerap energi dari roda ke *frame* dan memungkinkan kendaraan nyaman saat menerima kejutan dari permukaan jalan.

Studi tentang gaya-gaya yang bekerja pada mobil yang bergerak disebut dinamika mobil. Menurut Buntarto (2015:4), Banyak ahli otomotif mempertimbangkan dinamika mobil yang bergerak dari dua perspektif yaitu :

- Ride : Kemampuan mobil untuk mengatasi sebuah jalan bergelombang
- Penanganan : Kemampuan mobil untuk mengatasi percepatan, keselamatan dan pengereman.

Kedua karakteristik tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut dalam tiga prinsip penting yaitu *road isolation*, *road holding*, dan *cornering*. Tabel berikut dapat menjelaskan gambaran prinsip-prinsip dan bagaimana para insinyur berusaha untuk memecahkan tantangan masing-masing.

Tabel 1. Prinsip prinsip pada permasalahan guncangan kendaraan

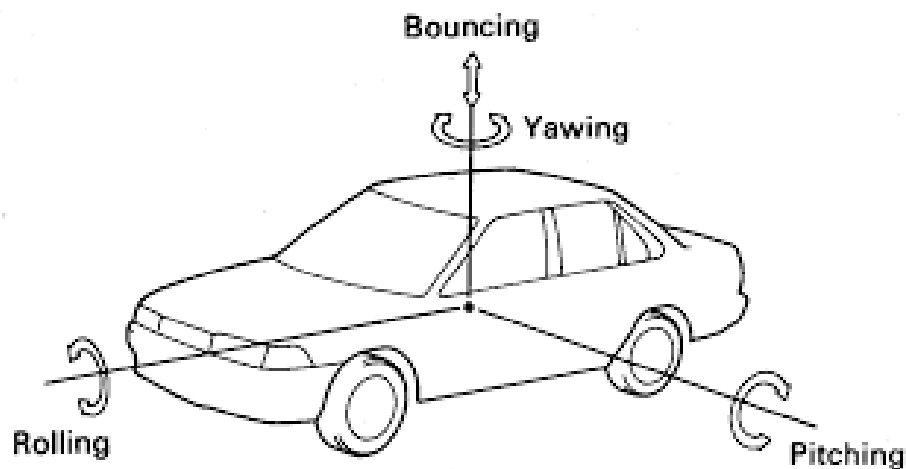
Prinsip	Difinisi	Tujuan	Solusi
Road Isolation	Kemampuan mobil untuk menyerap atau mengisolasi <i>shock</i> akibat guncangan	Agar penumpang tidak terganggu saat bepergian diatas jalan kasar	Menyerap energy dari jalan yang kasar yang menyebabkan oskilasi pada mobil
Road Holding	Sejauh mana mobil mempertahankan kontak dengan permukaan jala di berbagai jenis perubahan. Contoh : berat mobil akan beralih dari belakang ke depan selama pengereman (efek menyelam) dan sebaliknya berat mobil dari depan pindah ke belakang selama proses percepatan (efek jongkok)	Menjaga agar roda tetap kontak dengan jalan. Karena factor tersebut yang mempengaruhi kemampuan mobil untuk mengarahkan, mengerem, dan mempercepat laju mobil.	Meminimalkan pengalihan berat mobil dari sisi depan ke belakang karena ini mengerangi berat transfer cengkraman ban di jalan.
Concerning	Kemampuan mobil untuk melewati lintasan melengkung	Meminimalkan guncangan tubuh yang terjadi karena gaya sentrifugal saat menikung sehingga mengangkat satu sisi mobil	Mentransfer berat mobil selama menikung dari sisi tinggi mobil ke sisi rendah

Dari tabel di atas, suspensi merupakan jawaban dari berbagai permasalahan tersebut. Suspensi dapat mengatasi getaran, guncangan, maupun perubahan berat karena kondisi jalan, dan pengemudian.

D. Jenis-jenis Oskilasi Bodi Kendaraan

Oskilasi merupakan gerakan atau getaran secara periodik dan terus menerus yang melalui titik keseimbangan. Oskilasi terjadi jika sistem suspensi pada kendaraan tidak menggunakan peredam (*absorber*) melainkan hanya menggunakan pegas. Pegas yang menerima kejutan dari kondisi permukaan jalan akan menyerap kejutan dan kembali menyalurkan kejutan tersebut tanpa meredamnya. Sehingga akan terjadi gerak naik turun secara terus menerus pada kendaraan. Oskilasi ini menyebabkan ketidaknyamanan pada penumpang maupun pengemudi kendaraan.

Dalam pembahasan getaran serta kualitas berkendara terdapat istilah-istilah *sprung weight* dan *unsprung weight*. *Sprung weight* adalah berat seluruh kendaraan yang ditumpu pada pegas suspensi sedangkan *unsprung weight* adalah berat *axle* dan bagian-bagian lain yang terletak diantara roda-roda dan pegas suspensi. Pada umumnya semakin besar *sprung weight* akan semakin baik pula kualitas berkendara. (Toyota, 1995:2-1)



Gambar 3. Oskilasi pada bodi kendaraan

1. *Pitching*

Pitching adalah gerakan naik-turun bagian depan dan belakang kendaraan terhadap titik pusat gravitasi kendaraan.

2. *Rolling*

Rolling adalah gerakan naik-turun bagian samping kanan dan kiri kendaraan terhadap titik pusat gravitasi kendaraan.

3. *Bouncing*

Bouncing adalah gerakan naik-turun seluruh bagian bodi kendaraan terhadap titik pusat gravitasi kendaraan.

4. *Yawing*

Yawing adalah gerakan kekanan dan kekiri bodi kendaraan bagian depan dan belakang terhadap titik pusat gravitasi kendaraan.

E. Komponen Sistem Suspensi

Sistem suspensi terdiri dari berbagai komponen yang berhubungan satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu kesatuan unit kerja. Dari berbagai komponen tersebut, masing-masing komponen memiliki fungsi dan kegunaan yang beragam.

Komponen sistem suspensi adalah sebagai berikut :

1. **Pegas**

Pegas memiliki fungsi sebagai peredam getaran akibat permukaan jalan agar getaran tidak diteruskan langsung ke bodi kendaraan, hal ini disebabkan karena pegas berperan sebagai penghubung antara *axle* dan

frame. Pegas juga berfungsi sebagai penambah daya cengkram ban terhadap permukaan jalan agar tercapai kenyamanan dalam berkendara. Pegas memiliki sifat elastis yaitu sifat bahan yang berubah bentuk apabila mendapat beban dan kembali ke bentuk semula bila beban hilang.

Terdapat 3 macam pegas dalam sistem suspensi :

a) Pegas ulir (*coil spring*)

Pegas ulir dibuat dari batang baja khusus yang dibentuk spiral. Pegas ulir dapat meredam getaran yang diterima roda dengan arah tegak lurus. dibandingkan pegas daun, pegas ulir mempunyai ukuran lebih panjang sehingga mempunyai tahanan yang lebih baik terhadap kejutan dari permukaan jalan dan tidak terdapat gesekan ketika terjadi defleksi. Pegas ulir tidak memiliki sifat menyerap kejutan, maka diperlukan adanya *absorber*/ peredam kejut dalam pengaplikasiannya. Pegas jenis ini tidak dapat menjamin porosnya sendiri sehingga diperlukan dudukan yang dipasang pada ujung-ujungnya. Pada umumnya pegas ulir banyak digunakan pada mobil penumpang karena lebih nyaman dibanding pegas jenis lain.

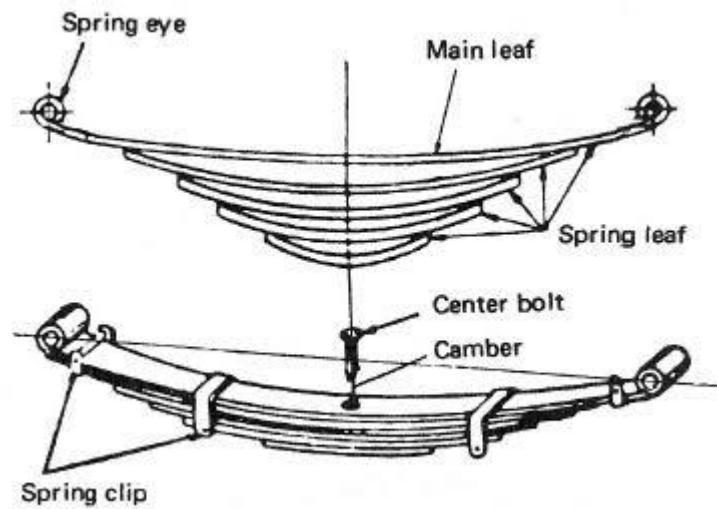


Gambar 4. Pegas Ulir (Coil Spring)

b) Pegas daun

Pegas daun terbuat dari lempengan baja yang dipanaskan pada suhu tertentu sehingga memiliki karakteristik kuat dan lentur. Pegas daun biasanya terdiri dari 3-10 lembar plat tergantung pada penggunaannya pada kendaraan dan didikat menjadi satu. Pegas daun biasanya disusun menjadi bentuk elips agar menambah elastisitas. Susunan dimulai dari pegas terpendek dibagian paling bawah, semakin keatas semakin panjang pegasnya. Satu lembar plat pegas daun biasanya memiliki tebal 3-6 mm. Pegas terpanjang (*main leaf*) digulung pada ujung-ujungnya sebagai tempat pemasangan pada *frame*. Besarnya lenturan pegas saat tanpa beban disebut *camber*. Sedangkan lenturan masing masing pegas disebut nip. Besarnya nip bertambah jika panjang pegas berkurang sehingga mencegah timbulnya celah antara masing-masing daun pegas pada saat beban berkurang. Pegas menjadi lembut dengan bertambah panjang dan bertambah keras serta tahan

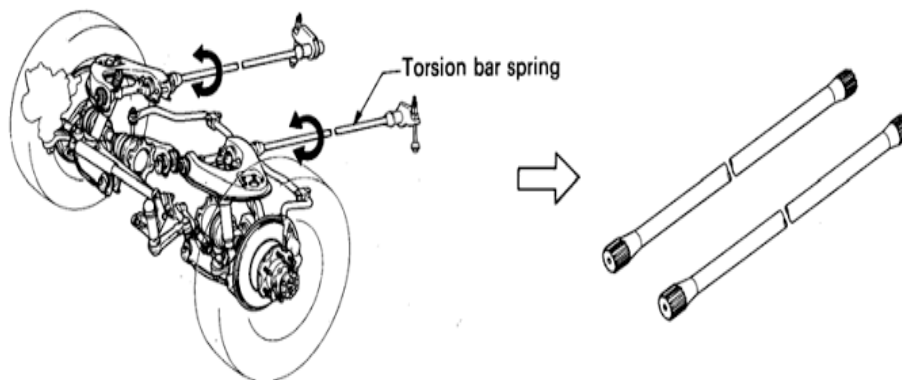
terhadap beban lebih besar bila jumlah daun pegasnya bertambah,
Toyota (1995 : 2-5).



Gambar 5. Pegas daun (*Leaf Spring*)

c) Pegas batang torsi

Pegas batang torsi (*torsion bar spring*) dibuat dari batang baja yang elastis terhadap puntiran. Ujung pegas dipasang pada lengan suspensi atas dan ujung pegas yang lain dipasang pada rangka mobil. Saat roda menerima kejutan dari permukaan jalan maka lengan suspensi akan memuntirkan batang torsi. Karena gaya ini batang torsi akan beraksi melawan puntiran sehingga terjadilah peredaman, Buntarto (2015: 50).



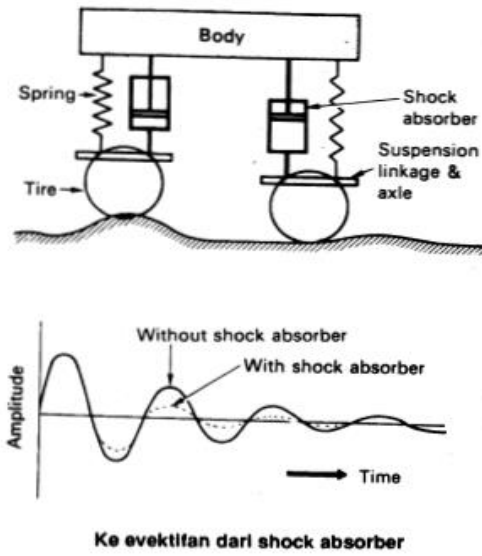
Gambar 6. Pegas batang torsi (*Torsion bar spring*)

2. Peredam Kejut (*shockabsorber*)

Jika pada suspensi hanya menggunakan pegas sebagai peredan kejutan, maka kendaraan akan cenderung beroskilasi naik turun secara terus menerus saat menerima kejutan dari permukaan jalan sehingga mengurangi kenyamanan. *Shockabsorber* berfungsi sebagai peredam oskilasi dengan cepat dan lembut agar tercapai kenyamanan berkendara.

Pada dasarnya *shockabsorber* hanya sebuah piston yang bergerak didalam suatu tabung yang berdinding rangkap yang berisi minyak atau fluida. Agar dapat bersirkulasi didalam tabung, terdapat celah kecil pada piston dan diberi katup pada tiap celah untuk mengatur sirkulasi. Karena minyak dipaksa mengalir lewat lubang-lubang kecil, maka sirkulasi minyak dan gerak piston jadi terhambat. Hal ini mampu meredam kejutan atau guncangan yang diterima roda, Buntarto (2015 : 52).

Menurut Toyota (1995 : 5-5 – 5-6), *shockabsorber* dapat digolongkan menurut cara kerjanya, konstruksi, dan medium kerjanya.

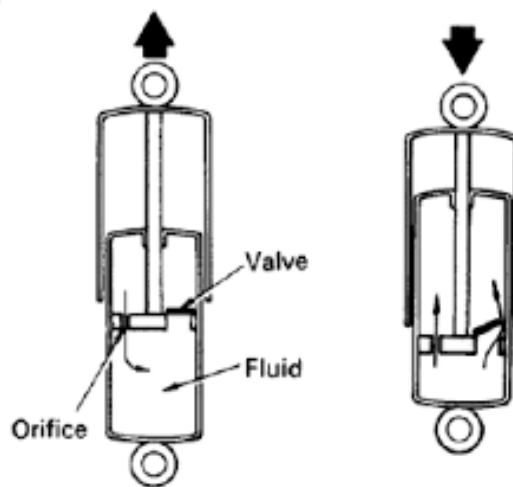


Gambar 7. Penggunaan *shockabsorber*

a) Menurut cara kerjanya

1) *Shockabsorber* kerja tunggal (*single action*)

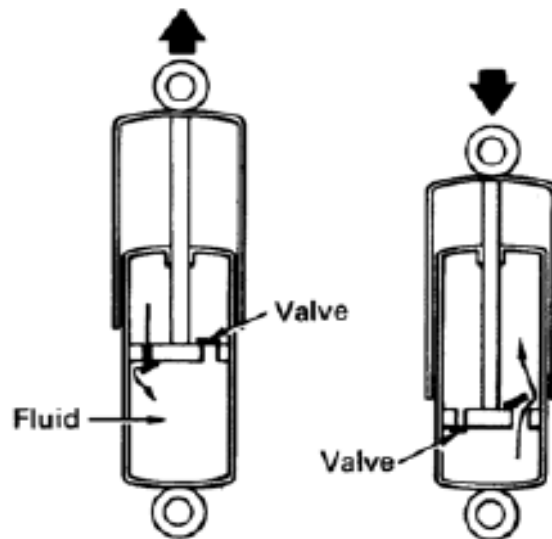
Shockabsorber tipe ini efek meredam hanya terjadi pada waktu *shockabsorber* berekspansi, sedangkan saat kompresi tidak terjadi efek meredam.



Gambar 8. *Shockabsorber* tipe *single action*

2) *Shockabsorber* kerja ganda (multi action)

Shockabsorber tipe ini terjadi efek meredam pada gerak ekspansi maupun kompresi.



Gambar 9. *Shockabsorber* tipe multi action

b) Menurut Konstruksi

1) *Shockabsorber* tipe twin tube

Didalam *shockabsorber* tipe ini terdapat *pressure tube* dan *outer* yang membatasi *working chamber* (silinder dalam) dan *reservoir chamber* (silinder luar)

2) *Shockabsorber* tipe mono-tube

Didalam *shockabsorber* hanya terdapat satu silinder (tanpa reservoir)

c) Menurut medium kerjanya

1) *Shockabsorber* tipe hidrolis

Didalamnya hanya terdapat minyak *shockabsorber* sebagai medium kerja.

2) *Shockabsorber* berisi gas

Absorber ini adalah *absorber* hidrolis berisi gas. Gas yang biasanya digunakan adalah nitrogen, yang dijaga pada temperature rendah 10-15kg/cm² atau temperature tinggi 20-30 kg/cm².

3. **Lengan Suspensi** (*suspension arm*)

Suspension arm terdiri dari lengan atas dan bawah. *Suspension arm* berfungsi untuk dudukan pegas dan *absorber* serta menahan engsel agar tidak berayun kedepan atau kebelakang pada saat roda menerima benturan. Pada suspensi yang menggunakan *upper arm* dan *lower arm*, *camber* dan *tread* berubah ubah tergantung perbedaan panjang antara *upper arm* dan *lower arm*. Bila panjang *upper arm* sama dengan panjang *lower arm* (*parallel link*), *tread* berubah akan tetapi *camber* tidak berubah. Apabila *upper arm* lebih pendek, *tread* tidak berubah tetapi *camber* berubah (*disparity link*).

Pada umumnya perubahan *tread* dan *camber* tidak diinginkan, tetapi dalam prakteknya tidak mungkin, maka digunakan *upper arm* lebih pendek. Walaupun *camber* berubah dan *tread* tetap, hal ini dapat mencegah keausan ban.

4. **Ball Joint**

Ball joint berfungsi untuk menerima beban vertikal dan lateral juga sebagai sumbu putaran roda saat mobil berbelok. Pada bagian dalam ball joint terdapat gemuk/ vet untuk melumasi bagian permukaan yang bergesekan.

5. **Strut Bar**

Strut bar berfungsi sebagai penahan *lower arm* agar tidak bergerak maju mundur saat menerima kejutan dari permukaan jalan atau dorongan akibat terjadinya pengereman. *Strut bar* dipasang pada *lower suspension* dan didikat pada bodi atau *cross member* melalui bantalan karet.

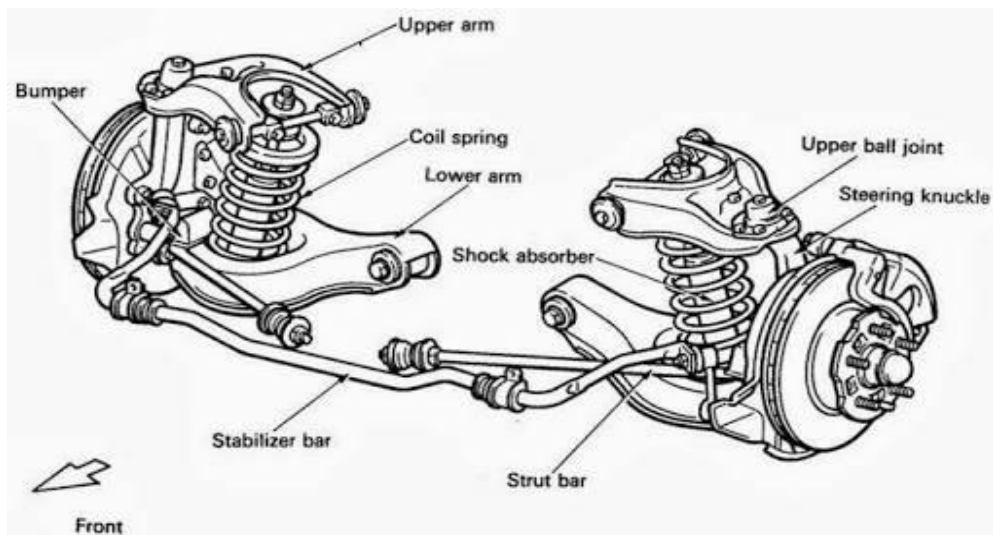
6. **Stabilizer Bar**

Stabilizer bar berfungsi untuk mengurangi kemiringan kendaraan akibat gaya sentrifugal pada saat kendaraan membelok. Disamping itu *stabilizer bar* berfungsi untuk meningkatkan traksi ban. Untuk suspensi depan, *stabilizer bar* biasanya dipasang pada kedua *lower arm* melalui bantalan karet dan *linkage*. Pada bagian tengah di ikat ke *frame* atau bodi pada dua tempat melalui *bushing*.

7. **Bumper**

Saat kendaraan melalui jalan berlubang dan mengalami pemegasan berlebihan maka bisa menyebabkan kerusakan pada komponen lain. Untuk

itu perlu dipasang *bumper* untuk melindungi *frame*, *axle*, *shockabsorber* dan komponen lain saat menerima pemegasan yang berlebihan.



Gambar 10. Komponen Suspensi

F. Jenis-jenis Suspensi

1. Berdasarkan letaknya, suspensi dibedakan menjadi suspensi depan dan suspensi belakang.

a. Suspensi Depan

Perbedaan suspensi depan dan belakang adalah roda depan dapat membelok. Pada saat kendaraan berbelok pada kondisi jalan yang tidak rata, roda menerima gaya dari permukaan jalan. Suspensi berfungsi menyerap gaya-gaya ini agar kendaraan berjalan sesuai dengan arah yang diinginkan. Disamping itu, suspensi berfungsi untuk mencegah roda bergoyang kearah kiri, kanan, depan, belakang secara berlebihan ataupun merubah kemiringan roda, hal ini akan

mempengaruhi kestabilan kendaraan. Karena faktor tersebut kebanyakan kendaraan menggunakan tipe suspensi bebas pada roda depannya.

b. Suspensi Belakang

Pada umumnya suspensi belakang menerima berat berlebihan dari penumpang dan barang. Keadaan ini menimbulkan kesulitan dalam menentukan kekerasan pegasnya. Apabila pegas dibuat cukup keras untuk beban berat, akan menjadi terlalu keras bila tanpa beban dan sebaliknya. Keadaan ini dapat diatasi dengan menggunakan pegas daun atau tipe pegas lain yang memiliki konstanta yang variabel, *shockabsorber* yang diisi gas dan lain-lain.

Suspensi belakang dirancang agar *axle* selalu pada posisi yang benar dan bila melalui jalan yang tidak rata roda-roda berayun tanpa mempengaruhi kestabilan arah roda depan.

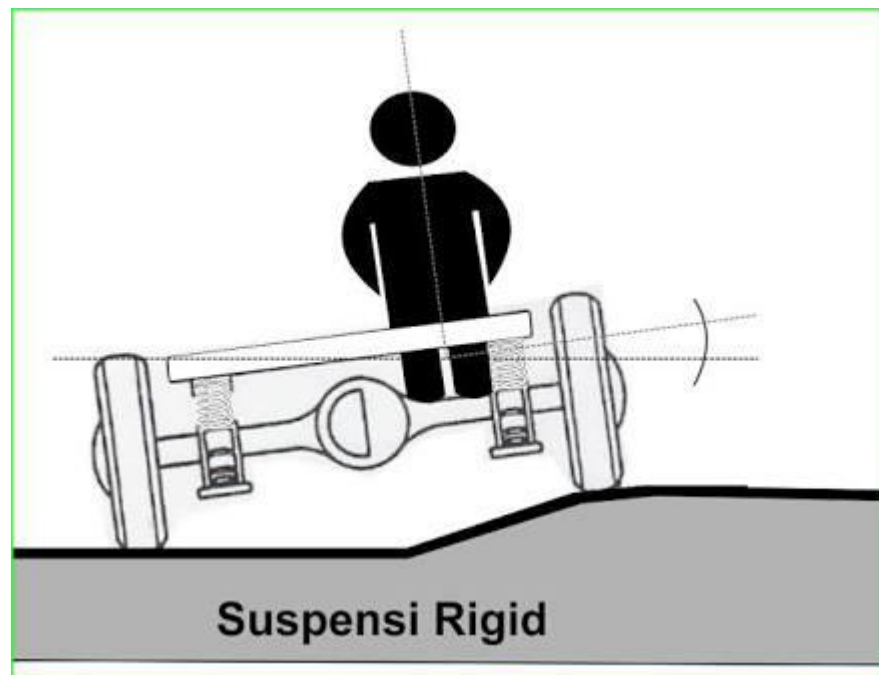
2. Berdasarkan konstruksinya, sistem suspensi dapat digolongkan menjadi dua tipe :

a. Suspensi *Rigid*

Suspensi *rigid* merupakan suspensi dengan sambungan *axle* (poros) menghubungkan roda kanan dan kiri. Pada suspensi *rigid* apabila salah satu roda terangkat karena kondisi permukaan jalan, maka bodi kendaraan akan ikut terangkat pula dan kedudukan kendaraan akan miring. Suspensi tipe *rigid* biasanya digunakan pada

kendaraan dengan beban berat karena dianggap lebih kuat. Menurut Buntarto (2015: 15), suspensi *rigid* mempunyai karakteristik :

- Konstruksi sederhana dan kuat serta biaya produksi yang murah karena *leaf spring assembly* digunakan untuk menempatkan *axle*.
- Mudah untuk mendapatkan karakteristik pemegasan *non-linier* dengan menggunakan *helper spring* dan lain-lain.
- Sulit untuk menggunakan pegas dengan konstanta yang lebih rendah karena *leaf spring assembly* digunakan untuk menempatkan *axle*.
- Suara mendecit dan aksi *wind up* serta getaran mungkin terjadi karena variasi dalam torsi penggerak dan gaya pengereman.
- *Unsprung weight* lebih besar sehingga kualitas mengendarai berkurang

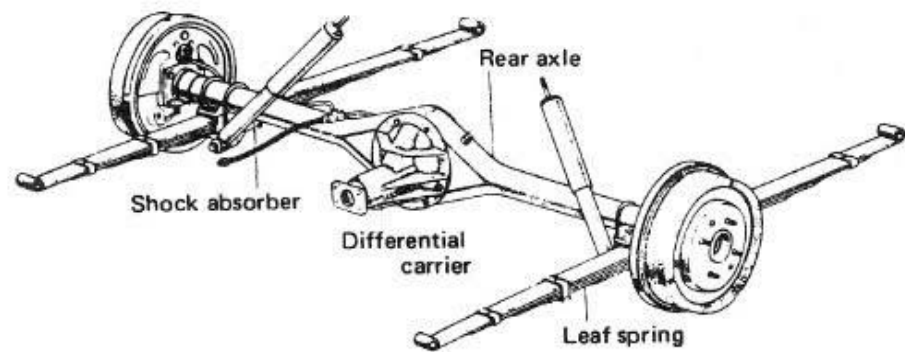


Gambar 11. Suspensi *rigid*

Jenis-jenis suspensi *rigid* adalah sebagai berikut :

1) *Rigid Axle*

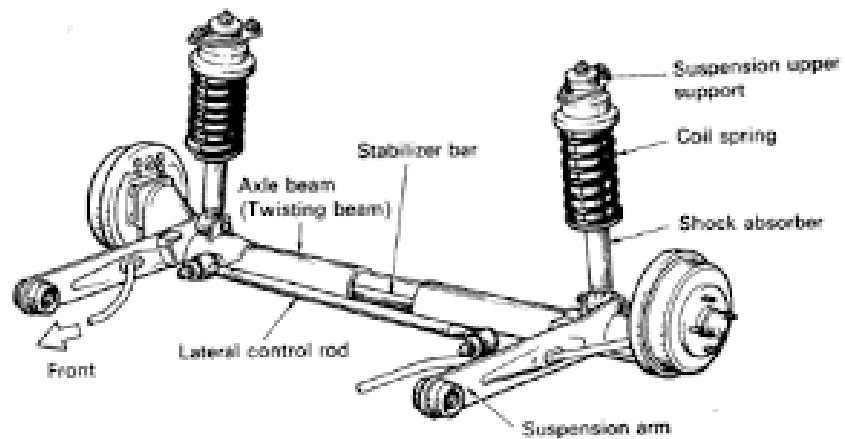
Pada suspensi *rigid axle* roda kanan dan kiri dihubungkan oleh poros tunggal dan poros tersebut dihubungkan ke bodi dan *frame* melalui pegas daun atau pegas ulir dan menjadi satu kesatuan. Suspensi *axle rigid* banyak digunakan untuk suspensi depan dan belakang bus dan truk serta digunakan untuk suspensi belakang mobil penumpang.



Gambar 12. Suspensi *rigid* tipe *rigid axle*

2) *Trailing arm* dengan *twist beam*

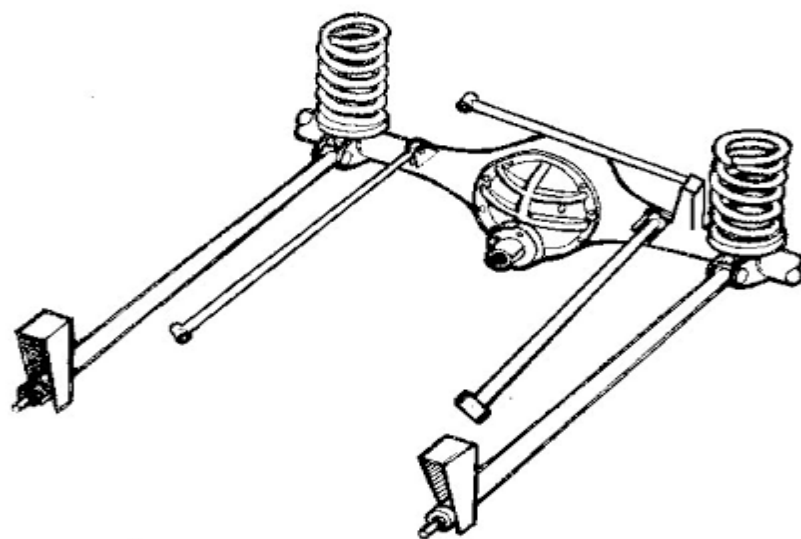
Suspensi *trailing arm* dengan *twist beam* biasanya digunakan untuk pada roda belakang mobil penumpang kecil dengan penggerak depan. Pada jenis ini bagian belakang *suspension arm* dihubungkan dengan cara dilas pada *axle beam*. Saat roda roda bergerak dengan arah yang berlawanan (satu arah keatas satu arah kebawah), gerakan puntiran dari ujung *suspension arm* diteruskan kedalam gerakan puntiran *axle beam* belakang. Puntiran dari *axle beam* belakang dan *stabilizer* menghasilkan gaya reaksi yang berlawanan dengan puntiran *suspension arm*, penempatan pegas ulir menyempurnakan roda *rigid* dengan mengurangi *body rolling* sehingga menghasilkan mobil yang stabil, Buntarto (2015: 16)



Gambar 13. Suspensi *rigid tipe trailing arm* dengan *twist beam*

3) Tipe 4 Link

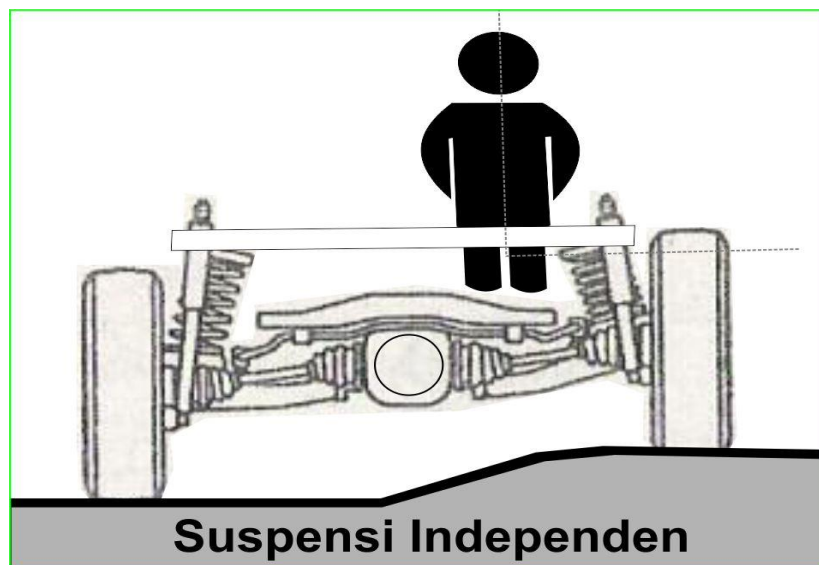
Tipe 4 *link* biasanya menggunakan pegas ulir sebagai beban dan peredam kejut, tipe ini dilengkapi dengan 2 buah *lower control arm* dua buah *upper control arm* dan satu buah *lateral control road*. Suspensi ini diklaim lebih nyaman dibanding jenis suspensi *rigid* lain karena posisi *axle* dan beban suspensi dilakukan secara terpisah.



Gambar 14. Suspensi *rigid tipe 4 link*

b. Suspensi Bebas (*Independent*)

Suspensi bebas / *independent suspension* adalah suspensi yang roda kanan dan kiri bergerak bebas tanpa saling mempengaruhi. Roda kanan dan kiri tidak dihubungkan secara langsung dengan *axle* seperti halnya tipe *rigid*. Suspensi ini bekerja lebih baik dibandingkan suspensi *rigid* karena kualitas mengendarai dan kemampuan cengkeram roda terhadap jalan lebih sempurna. Suspensi tipe bebas biasanya digunakan pada roda depan mobil penumpang dan roda depan mobil angkutan barang ataupun truk kecil.



Gambar 15. Suspensi independent

Macam-macam suspensi tipe *independent* :

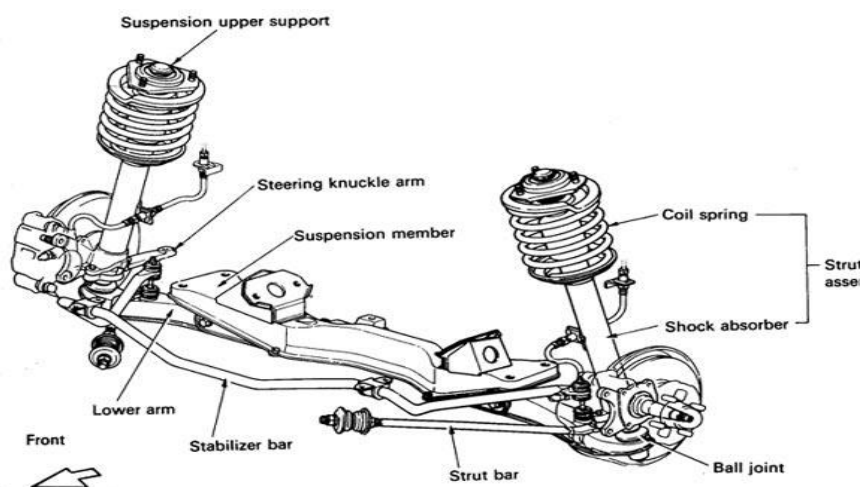
1) Tipe *Macpherson*

Pegas *independent* tipe *macpherson* ini banyak digunakan pada roda depan mobil kecil medium. Konstruksinya cukup

sederhana dan memungkinkan ruang mesin lebih besar untuk mempermudah dalam servis mesin. Ujung *lower arm* dipasang pada *suspension member* melalui *bushing* karet dan dapat bergerak naik turun. Terdapat beberapa jenis suspensi tipe *macpherson* antara lain :

a) *Macpherson Strut*

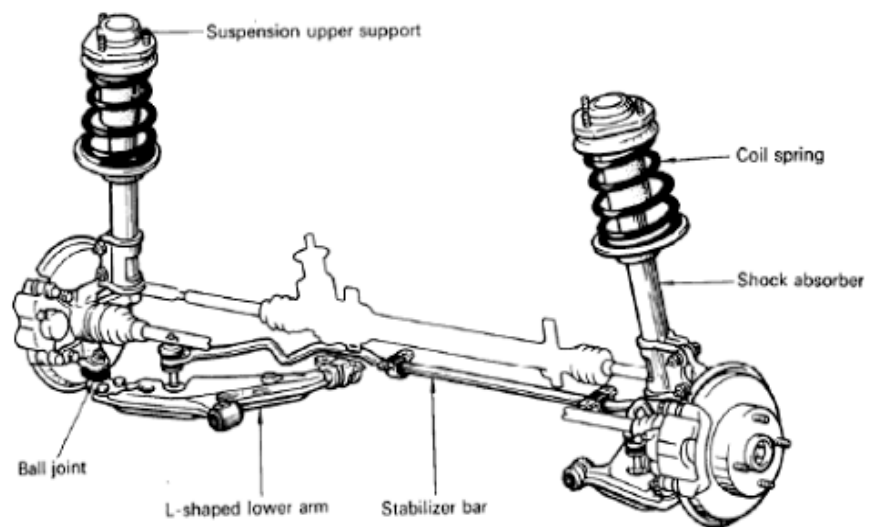
Suspensi ini biasanya digunakan untuk roda depan mobil penumpang kecil. Pegas ulir dipasang pada rakitan *strut* dan *shockabsorber*. Bagian atas dipasang pada *fender apron* melalui bantalan karet dan *bearing*. Cakram *arm* dipasang pada suspensinya melalui *bushing* karet, selain itu ujung lainnya dipasang pada *steering knock arm* lewat *ball joint*. *Stabilizer bar* dipasang pada *lower arm* melalui *bushing arm* sedangkan *strut bar* dipasang pada *lower arm* sedangkan ujung lainnya dipasang pada *cross member* melalui bantalan karet.



Gambar 16. Suspensi *macpherson tipe strut*

b) *Macpherson Strut* dengan *lower arm* berbentuk L

Tipe *macpherson* berbentuk L ini biasanya digunakan pada mobil dengan mesin depan penggerak depan (FF). *Lower arm* berbentuk L ini diikat ke bodi pada dua tempat melalui *bushing* dan ujung lainnya menuju *steering knock* melalui *balljoint*. Menurut Buntarto (2015:28) keuntungan tipe ini adalah dapat menahan gaya dari arah samping maupun dari depan dan belakang dan tidak lagi memakai *strut bar*.

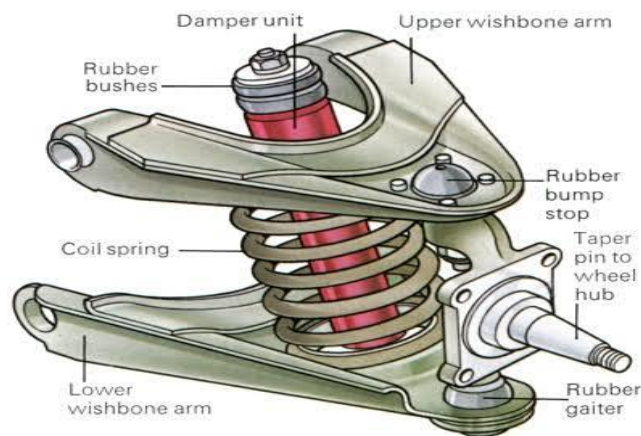


Gambar 17. Suspensi tipe *macpherson* dengan *lower* berbentuk L

2) Tipe *Double Wishbone* dengan pegas ulir

Suspensi model bebas ini banyak digunakan pada roda depan mobil penumpang dan truk kecil. Suspensi *double wishbone* juga dikenal dengan suspensi *double A* karena

konstruksi *wishbone* atas dan bawah seperti huruf A. Roda dipasang pada bodi melalui dua lengan suspensi (*upper arm* dan *lower arm*). *Shockabsorber* dan pegas ulir dipasang diantara kedua *arm* tersebut diatas, *steering knuckle*, dan *frame*. Suspensi *double wishbone* memungkinkan kontrol yang lebih besar atas sudut *camber* roda. Suspensi ini lebih stabil dan hanya sedikit menimbulkan efek goyang sehingga kemudi lebih konsisten.



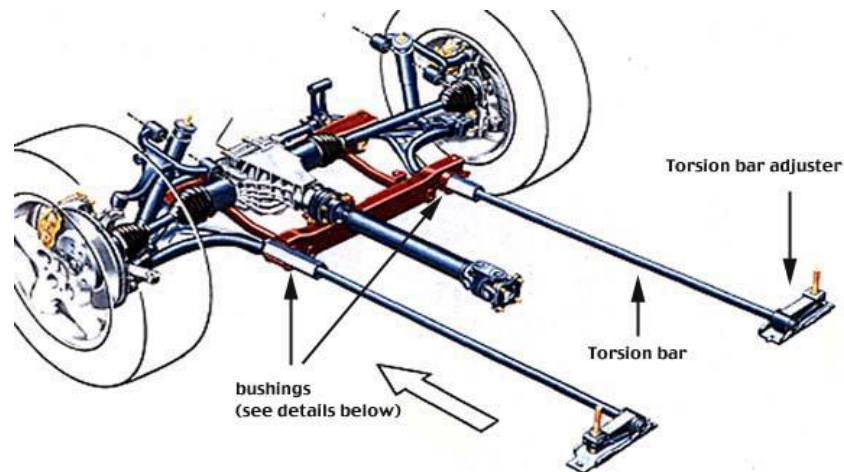
Gambar 18. Suspensi tipe *double wishbone* dengan pegas ulir

3) Tipe *wishbone* dengan pegas batang torsi

Pada tipe suspensi ini, batang torsi (*torsion bar*) dipasang pada *upper arm*. *Lower arm* dihubungkan pada suspension member melalui bushing karet. *Upperarm* dihubungkan dengan poros *upper arm* dengan *bushing* karet. Bagian depan dari setiap batang torsi dimasukan ke *torsion bar* pada *upper arm* dan bagian belakang dari *torsion bar* dipasang kedalam *anchorarm* yang di ikatkan ke *cross member* dengan baut penyetel. Penyetelan tinggi

kendaraan menjadi mudah dengan menggunakan baut ini. Toyota (1995: 5-17)

Apabila roda berjalan pada kondisi permukaan jalan yang tidak rata, *lower arm* akan memutar pegas torsi, hal ini mengakibatkan terjadi reaksi perlawanan dari pegas torsi. Gaya ini yang mempengaruhi peredaman kejutan dari permukaan jalan. Bila tonjolan sudah dilalui, elastisitas pegas mengembalikan posisinya seperti semula.

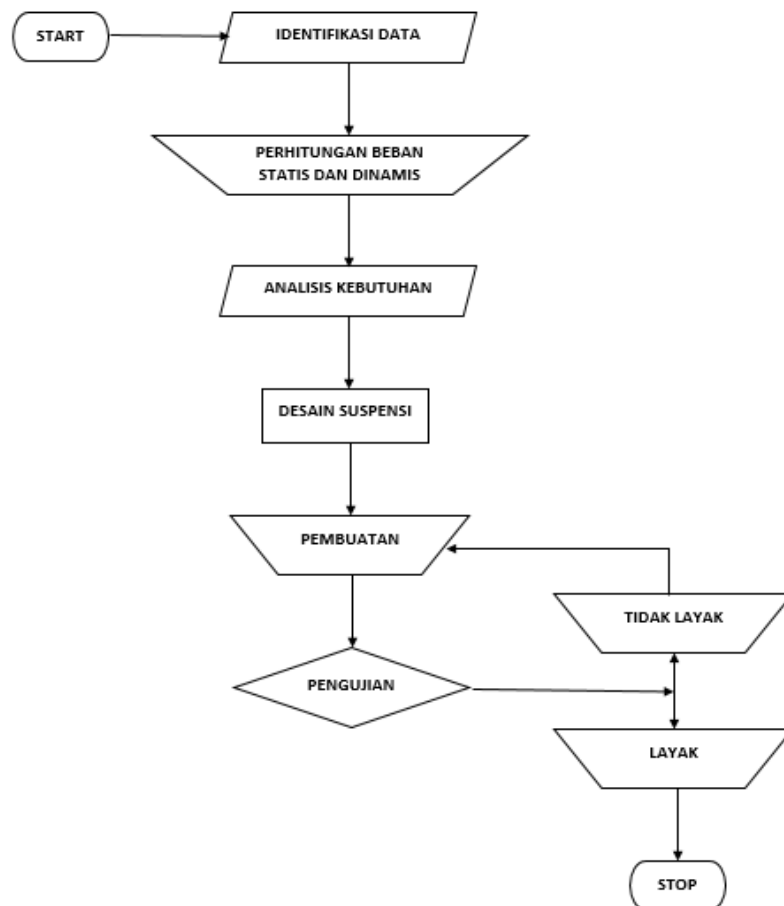


Gambar 19. Suspensi *wishbone* dengan pegas batang torsi

BAB III

KONSEP PERANCANGAN

Dalam pembuatan proyek akhir pembuatan sistem suspensi depan *City Car KITA* diperlukan konsep serta berbagai pertimbangan guna menunjang efektifitas pengerjaan dan didapat hasil dari proyek akhir yang sesuai dengan tujuan. Konsep rancangan meliputi identifikasi data, perhitungan beban statis dan dinamis, analisis kebutuhan, desain, proses pembuatan, rencana pengujian, jadwal kegiatan, dan anggaran biaya. Berikut *flowchart* konsep perancangan dan modifikasi sistem suspensi *City Car KITA*.



Gambar 20. *Flowchart* Konsep Pembuatan

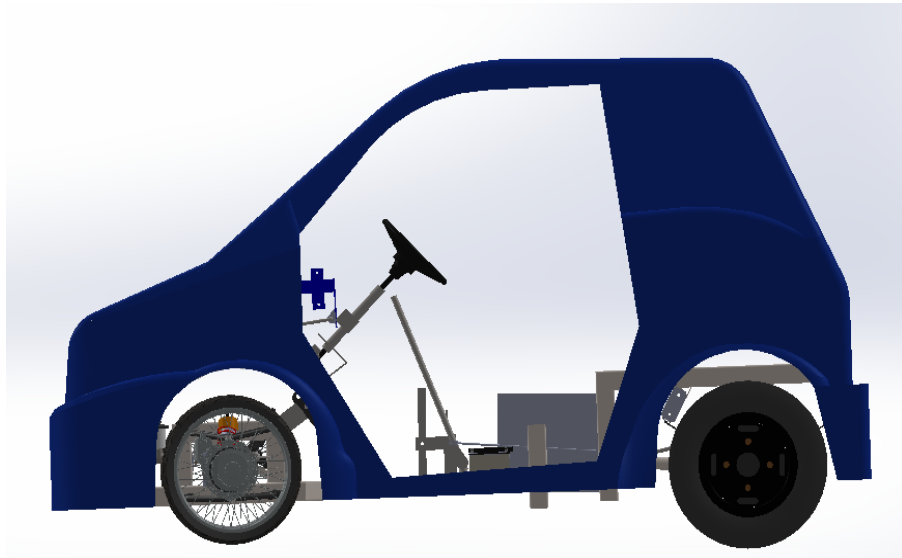
A. Identifikasi Data

1. Konstruksi Sistem Suspensi

Sistem suspensi depan *City Car KITA* dirancang menggunakan jenis suspensi *independent double wishbone* dengan pegas ulir karena pertimbangan letak penggerak yaitu penggerak belakang dengan poros propeller sebagai pemindah tenaga. Suspensi menggunakan pipa sebagai *upper arm* dan *lower arm*, *shock absorber* mengadopsi *shock absorber* sepeda motor dan pada ujung masing-masing *arm* menggunakan *rod end* yang berfungsi sebagai *joint* pada *knuckle*.

2. Spesifikasi *City Car KITA*

a. Kapasitas Mesin	: 200 cc
b. Jumlah penumpang	: 2 penumpang
c. Jenis penggerak	: Belakang
d. Kecepatan maksimum	: 60 km/h
e. Berat kosong kendaraan	: 400 kg
f. Berat maksimal kendaraan	: 550 kg
g. Panjang kendaraan	: 2.635 mm
h. Lebar kendaraan	: 1.380 mm
i. Tinggi kendaraan	: 1.320 mm
j. <i>Wheel base</i>	: 1.700 mm
k. <i>Wheel track</i>	: 1.110 mm
l. <i>Ground clearance</i>	: 100 mm
m. Penerus tenaga	: Poros propeller dan gardan



Gambar 21. Desain *City Car* KITA

B. Perhitungan Beban Statis dan Dinamis

1. Perhitungan beban statis kendaraan

- Muatan depan

Pembuatan suspensi depan mengacu pada beban yang diterima oleh suspensi. Pada spesifikasi, beban depan kendaraan diasumsikan sebesar 180 kg, data ini didapat dari 1/3 beban maksimal kendaraan.

Beban untuk $\frac{1}{4}$ kendaraan

$$W = 180 \text{ Kg}$$

$$W_f = \frac{1}{2} \times 180$$

$$= 90 \text{ Kg}$$

- Muatan Belakang

$$1) \quad W_r = W - W_f$$

$$W_r = 550 \text{ kg} - 160 \text{ kg} = 390 \text{ kg}$$

2) Untuk ¼ kendaraan

$$W_r = 390/2 = 195 \text{ kg}$$

- *Spring Rate*

Pegas depan ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$W_f = 90 \text{ kg} ; \delta f = 0,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P_f &= 90 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 882,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$K_{bf} = \frac{P_f}{\delta f}$$

$$\begin{aligned} K_{bf} &= \frac{784,8 \text{ N}}{\left(\frac{0,10}{2}\right) \text{ N/m}} \\ &= 17658 \text{ N/m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan beban dinamis

Perancangan sistem suspensi diharapkan mampu menahan gaya inersia yang terjadi pada kendaraan, berikut perhitungannya :

Beban depan berupa titik m_1 dan beban belakang berupa m_2 , jarak antara m_1 dengan m_2 berupa R .

Untuk mencari gaya inersia maka digunakan rumus berikut :

$$\text{Massa} \quad : 550 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang } R \quad : 1.700 \text{ mm (1,7m)}$$

$$I = \Sigma m.R^2$$

$$I = 550 \text{ kg} \cdot (1,7 \text{ m})^2$$

$$I = 550 \text{ kg} \cdot 2,89 \text{ m}^2$$

$$I = 1589,5 \text{ kg m}^2$$

Berdasarkan perhitungan, maka pembuatan suatu sistem suspensi *City Car* KITA diharapkan mampu menahan beban statis dengan gaya berat muatan depan sebesar $W_f = 90$ kg dan muatan belakang sebesar $W_r = 195$ kg. Sedangkan untuk beban dinamis suatu sistem suspensi diharapkan mampu menahan gaya inersia sebesar $1589,5$ kg m^2 . Perhitungan beban pada suspensi depan digunakan untuk menentukan pengaplikasian *shock absorber*.

C. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan desain dan spesifikasi *City Car* KITA, maka diperlukan analisa kebutuhan untuk membuat sistem suspensi depan agar suspensi dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

1. Pemilihan bahan *upper arm*, *lower arm* dan *bracket*

Dalam pemilihan bahan untuk pembuatan *upper arm* dan *lower arm* perlu memperhatikan beban yang harus ditopang oleh *arm* tersebut yaitu 90 kg. Maka dibutuhkan pipa berbahan metal yang mampu menahan beban yang diteterima oleh satu sistem suspensi dan dipilih pipa ST37 dengan diameter luar 20 mm dan diameter dalam 15 mm untuk membuat *upper arm* dan *lower arm*. Pertimbangan pemilihan pipa tersebut berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

- Menghitung momen bengkok

Momen bengkok dapat dihitung dengan rumus :

$$M_b = F \times b$$

F = gaya yang bekerja pada lower arm (90 kg)

b = jarak gaya yang bekerja (119. 1 mm)

maka momen bengkok yang terjadi pada lower arm adalah :

$$M_b = 119,1 \times 90$$
$$= 10719 \text{ N/mm}$$

- Menghitung tegangan bengkok

Tegangan bengkok dapat dihitung dengan rumus

$$W_b = \frac{\pi (d_o^4 - d_i^4)}{32 d_o}$$

d_o = diameter luar pipa (20 mm)

d_i = diameter dalam (15 mm)

maka tegangan bengkok yang terjadi pada lower arm adalah :

$$W_b = \frac{\pi (d_o^4 - d_i^4)}{32 d_o}$$

$$W_b = \frac{0,99 (20^4 - 15^4)}{20}$$

$$W_b = \frac{0,99 (160000 - 50625)}{20}$$

$$W_b = \frac{0,99 (109375)}{20}$$

$$W_b = \frac{108281,25}{20}$$

$$W_b = 5414,0625 \text{ mm}^3$$

- Menghitung tegangan bengkok maksimum yang terjadi pada poros



Maka tegangan bengkok maksimum adalah :

$$\sigma_b = \frac{10719}{5414,0625}$$

$$\sigma_b = 1,970 \text{ N/mm}^2$$

- Menghitung tegangan kerja yang di ijinan

Tegangan kerja yang di ijinan pada poros dapat dihitung dengan

$$\sigma_b = \frac{\sigma_b \max}{\gamma}$$

$\sigma_b \max$ = tegangan kerja maksimal (1400 kg/cm²)

γ = faktor keamanan (4)

Data $\sigma_b \max$ dan γ didapat dari tabel daftar harga batas dan rumus hitungan tekuk.

Maka tegangan kerja yang di ijinan adalah :

$$\sigma_b = \frac{\sigma_b \max}{\gamma}$$

$$\sigma_b = \frac{1400}{4}$$

$$\sigma_b = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 35 \text{ N/mm}^2$$

Setelah melakukan perhitungan tersebut, kemudian membandingkan hasil perhitungan tegangan bengkok yang terjadi pada *lower arm* dengan tegangan bengkok yang di ijinan. Dari perhitungan tersebut didapat hasil bahwa tegangan bengkok yang di ijinan lebih besar daripada tegangan bengkok yang terjadi pada *lower arm*. Dengan hasil tersebut maka pemilihan bahan ST37 untuk *lower arm* dan *upper arm* dikatakan layak dan aman.

Untuk pembuatan ujung *upper arm* dan *arm lower* digunakan pipa pejal ST37 dengan diameter 20 mm yang pada bagian tengah akan dibuat ulir dalam untuk *rod end*. Pembuatan *bearing housing* menggunakan pipa besi dengan diameter luar 40 mm dan diameter dalam 38 mm. Sedangkan

untuk *bracket* digunakan plat dengan tebal 5 mm. Pembuatan *upper arm* dan *lower arm* dibuat dengan dimensi yang sama dengan pemasangan sejajar agar *camber* dan *caster* 0°.

2. Dimensi *upper arm* dan *lower arm*

Perancangan sistem suspensi depan *City Car* KITA harus memperhatikan aspek ukuran kendaraan terutama ditinjau dari panjang kendaraan, lebar kendaraan dan tinggi kendaraan .

Dimensi *upper arm* dan *lower arm* dibatasi dengan *wheel base* dan *wheel track* sesuai spesifikasi kendaraan yang ada. *Wheel track* depan mengikuti *wheel track* belakang karena roda belakang merupakan aplikasi dari roda serta axle Tossa. Dengan pertimbangan tersebut maka *upper arm* dan *lower arm* dibuat dengan panjang 340 mm dan lebar 224 mm.

Pembutan dudukan shock absorber mengacu pada ground clearance kendaraan yaitu maksimal 100 mm. Agar pada saat beban penuh bagian paling bawah kendaraan tidak menyentuh permukaan tanah, maka pembuatan dudukan shock absorber pada *lower arm* dan rangka dibuat sudut 50° dengan asumsi panjang shock 300 mm.

3. *Rod End*

Rod end berfungsi sebagai penghubung antara *upper arm* dan *lower arm* ke *knuckle* yang bersifat fleksibel. *Rod end* digunakan sebagai ganti dari *ball joint* yang mempunyai fungsi serupa dan juga digunakan sebagai penyetel sudut *camber* roda depan. Untuk *rod end* dipilih NIS POS 14 dengan pertimbangan mampu menahan beban dari kendaraan sebesar 550

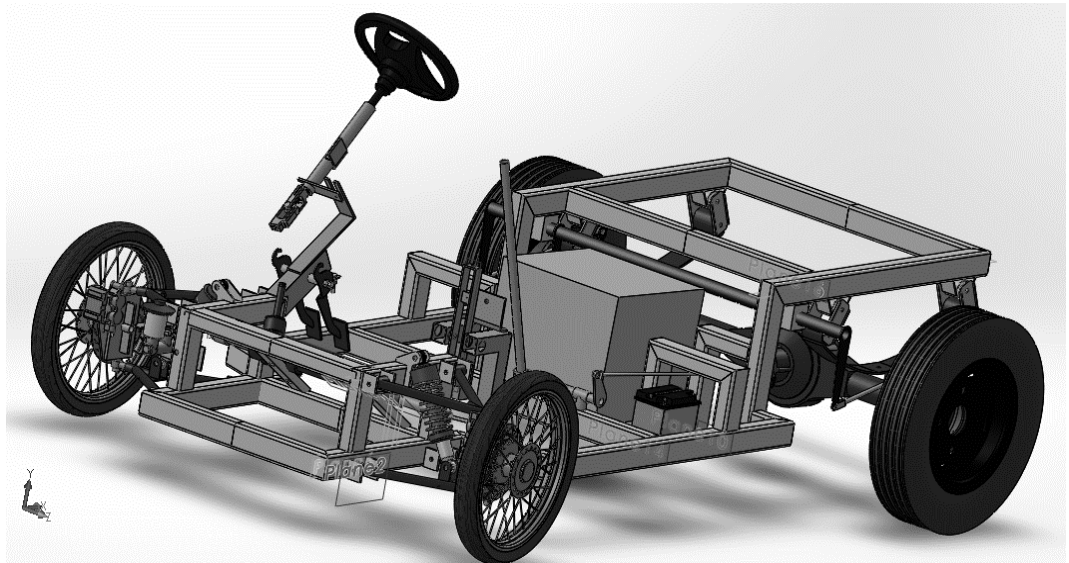
kg dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya serta dapat di atur untuk penyetelan sudut camber.

4. *Shock absorber*

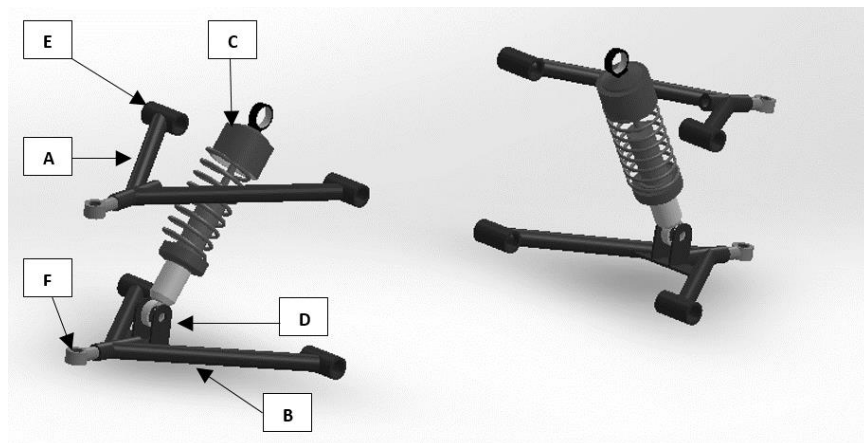
Shock absorber mengaplikasikan *shock absorber* sepeda motor Honda Beat. Pemilihan *shock* tersebut berdasarkan beban statis kendaraan yang harus mampu ditopang oleh *shock* yaitu 90 kg untuk satu sistem suspensi agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. *Shock absorber* harus mampu menopang berat kendaraan dan menjaga kedudukan kendaraan agar sesuai dengan spesifikasi *ground clearance* sebesar 100 mm. *Shock absorber* Honda Beat memiliki panjang maksimal 300 mm, panjang minimal 226 mm dan stroke 74 mm. Untuk menjaga kedudukan kendaraan agar *ground clearance* tetap pada spesifikasi, maka *shock absorber* dipasang dengan kemiringan 50°.

D. Desain

Perancangan suspensi depan *City Car* KITA mengaplikasikan sistem suspensi *double A* dengan pegas ulir. Sedangkan suspensi belakang mengaplikasikan sistem suspensi *rigid axle* dengan pegas daun. Dalam perancangan dan modifikasi sistem suspensi depan terlebih dahulu dilakukan proses desain dengan menggunakan *Software Solid Work* dengan mempertimbangkan ukuran serta letak komponen lain.



Gambar 22. Desain Rangka dan Suspensi *City Car* KITA



Gambar 23. Desain Sistem Suspensi Depan

Keterangan :

A : *Upper arm*

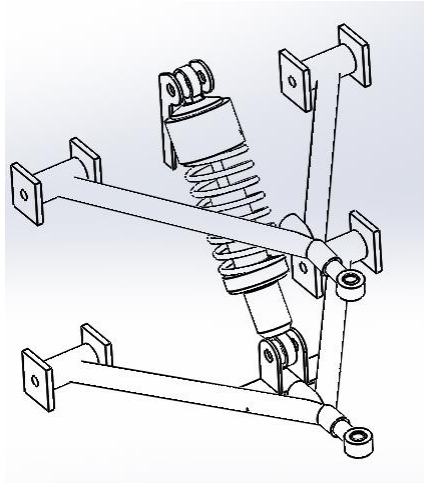
B : *Lower arm*

C : *Shock Absorber*

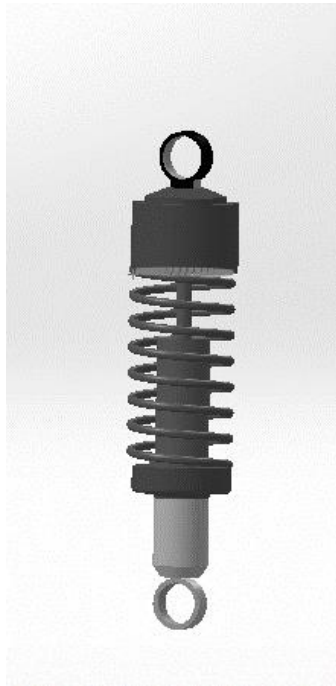
D : *Bracket Shock*

E : *Bearing Housing*

F : *Rod End*



Gambar 24. Desain sistem suspensi Depan 3 Dimensi



Gambar 25. Pemodelan Shock Absorber

E. Pembuatan

- Suspensi depan
 1. Menyiapkan alat, bahan, dan tempat kerja
 2. Menggunakan alat pelindung diri sesuai dengan fungsinya
 3. Menyiapkan desain suspensi
 4. Membuat *upper arm* dan *lower arm*
 5. Membuat mal bentuk dengan kertas untuk mempermudah pembuatan *upper arm* dan *lower arm*
 6. Memotong pipa pejal Ø 20 mm dengan panjang 70 mm sebanyak 4 buah.
 7. Setelah pipa pejal dipotong lalu membuat ulir dalam dengan ukuran M22
 8. Memotong pipa Ø 20 mm dengan panjang 245,9 mm sebanyak 8 buah
 9. Menyatukan pipa pejal dengan pipa panjang pada mal agar sudut dan ukuran sesuai dengan desain.
 10. Memberikan las titik pada sambungan agar pipa saling menempel sebelum dilakukan pengelasan penuh.
 11. Melakukan pengelasan penuh pada sambungan dengan menggunakan las listrik.
 12. Memasang *rod end* untuk penyetelan camber
 13. Memotong pipa Ø 40 mm dengan panjang 50 mm sebanyak 8 buah
 14. Memasang *bearing* pada tiap sisi pipa dengan menggunakan pres hidrolis

15. Melakukan pengelasan pipa \varnothing 40 mm pada ujung-ujung *arm*
16. Memotong plat dengan tebal 3 mm dengan panjang 100 mm sebanyak 2 buah dan dengan panjang 52 mm sebanyak 4 buah sebagai *bracket shock* pada *lower arm*.
17. Membuat lubang \varnothing 12 mm dengan bor pada plat ukuran 52 mm
18. Melakukan pengelasan sesuai dengan desain
19. Membuat *bracket upper* dan *lower arm* pada rangka dengan plat 5 mm
20. Memotong plat tebal 5 mm dengan ukuran 40 mm x 30 mm sebanyak 16 buah
21. Membuat lubang \varnothing 8 mm pada tengah plat dengan menggunakan bor
22. Melakukan pengelasan plat pada rangka
23. Membuat *bracket shock absorber* pada rangka
24. Memotong plat sesuai dengan desain
25. Membuat lubang dengan menggunakan bor
26. Melakukan pengelasan plat dengan rangka
27. Memasang *lower arm*, *upper arm* serta *shock absorber* pada rangka kendaraan

F. Rencana Pengujian

Pengujian sistem suspensi dilakukan guna mengetahui kelayakan dari perancangan dan pembuatan sistem suspensi *City Car KITA*. Pengujian dilakukan saat kendaraan telah memenuhi persyaratan uji dari tim penguji. Sebelum dilakukan pengujian perlu dilakukan perencanaan dan persiapan

berbagai kebutuhan meliputi alat, bahan serta tempat untuk melakukan pengujian.

1. Mempersiapkan alat

Dalam pengujian diperlukan beberapa alat bantu untuk mempermudah dan memperlancar proses antar lain :

- a. *City Car* KITA
- b. Mistar
- c. Timbangan badan
- d. Dongkrak
- e. Kamera
- f. Waterpass

2. Mempersiapkan bahan uji

Bahan uji yang dipersiapkan adalah *City Car* KITA. Persiapan yang dilakukan antara lain :

- a. Menempatkan kendaraan pada tempat yang datar
- b. Memeriksa tekanan ban masing-masing roda
- c. Memeriksa kekencangan baut serta kelengkapan yang lain

3. Rencana pengujian

Pengujian yang dilakukan pada perancangan dan pembuatan suspensi *City Car* KITA mengacu pada pengujian fungsional karena keterbatasan alat uji. Kriteria pengujian antara lain :

- a. Pengujian masa kendaraan

Pengujian masa kendaraan dilakukan untuk mengetahui masa kendaraan *City Car* KITA yang didistribusikan ke masing-masing suspensi. Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan kendaraan pada tempat yang datar. Lalu mengangkat masing-masing roda dengan dongkrak yang kemudian diberikan timbangan badan untuk mengetahui masa kendaraan.

b. Pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban

Pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban dilakukan untuk mengetahui titik terendah kendaraan dengan tanah saat kendaraan tanpa beban. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur bagian terendah kendaraan *City Car* KITA dengan tanah menggunakan alat bantu mistar.

c. Pengujian *ground clearance* kendaraan dengan beban penuh

Pengujian *ground clearance* kendaraan dengan beban penuh dilakukan untuk mengetahui titik terendah kendaraan dengan tanah saat kendaraan pada beban penuh yaitu dengan menambahkan beban sebesar 170 kg. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur bagian terendah kendaraan *City Car* KITA dengan tanah menggunakan alat bantu mistar saat beban penuh.

d. Pengujian defleksi pegas saat tanpa beban

Pengujian defleksi pegas saat tanpa beban dilakukan untuk mengetahui pemendekan pegas pada kendaraan *City Car* KITA saat

tanpa beban. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur panjang pegas dengan alat mistar saat kendaraan kosong tanpa beban.

e. Pengujian defleksi pegas saat beban penuh

Pengujian defleksi pegas saat beban penuh dilakukan untuk mengetahui pemendekan pegas pada kendaraan *City Car* KITA saat beban penuh yaitu dengan menambahkan beban sebesar 170 kg. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur panjang pegas dengan alat mistar saat kendaraan dengan beban penuh.

G. Jadwal dan Perencanaan

Dalam pengerjaan proyek akhir ini dibutuhkan jadwal dan perencanaan agar proses pengerjaan berjalan dengan baik efektif dan efisien. Berikut tabel jadwal dan perencanaan pengerjaan proyek akhir.

Tabel 2. Jadwal dan Perencanaan

	Rencana Kerja	Bulan dan Minggu ke..																											
		Januari 2016				Februari 2016				Maret 2016				April-Juni 2016				Juli-Des 2016				Januari- April 2017				Mei 2017			
1	Membuat desain sistem suspensi	■	■																										
2	Menyesuaikan ukuran sistem suspensi dengan komponen lain		■	■																									
3	Klasifikasi bahan sistem suspensi			■	■																								
4	Proses pembuatan sistem suspensi				■	■	■	■																					
5	Melakukan evaluasi hasil proyek akhir							■	■	■	■	■																	
6	Penyusunan konsep laporan																■	■	■										
7	Penyelesaian laporan																									■	■	■	■
8	Ujian Proyek Akhir																											■	■

H. Biaya

Tabel 3. Rincian Biaya

No	Nama Barang	Banyaknya	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Pipa pejal Ø 20 mm	1	100.000	100.000
2	Pipa Ø 30 mm	1	55.000	55.000
3	Pipa Ø 40 mm	1	70.000	70.000
4	Rod End	4	55.000	220.000
5	Bearing type 6001	16	9.000	144.000
6	Mur 14	8	1.000	8.000
7	Baut 14	4	1.000	4.000
8	Mur 12	8	800	6.400
9	Baut 12	8	800	6.400
10	Ring Ø 25 mm	4	1000	4000
11	Ring Ø 20 mm	8	500	4000
12	Ring per Ø 14mm	16	500	8000
13	Shock Absorber	2	125.000	250.000
14	Plat tebal 3 mm, 150 mm x 150 mm	1	50.000	50.000
15	Plat tebal 5 mm, 150 mm x 150 mm	1	90.000	90.000
16	Jasa bubut	4	25.000	100.000
TOTAL				1.109.800

BAB IV

PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses

1. Pembuatan Suspensi

Proses pembuatan sistem suspensi depan meliputi beberapa tahap. Tahapan tersebut dikerjakan berdasarkan dengan konsep perancangan yang telah dibuat.

Berikut proses pembuatan suspensi depan :

a. Persiapan

1) Mempersiapkan tempat kerja

Mempersiapkan tempat kerja yang bersih dan aman untuk melakukan proses pembuatan sistem suspensi *City Car* KITA.

2) Mempersiapkan alat dan bahan

Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk proses pembuatan sistem suspensi *City Car* KITA agar efektif dan efisien. Alat dan bahan yang digunakan antara lain :

- Alat
 - a) *Tool box* set
 - b) Las listrik
 - c) Palu
 - d) Bor
 - e) Pres hidrolik
 - f) Gerinda potong

- g) Jangka sorong
- h) Mistar
- i) Mistar siku
- j) Ragum
- k) Meja kerja
- Bahan
 - a) Pipa pejal Ø 20 mm panjang 300 mm
 - b) Pipa Ø 20 mm panjang 1800 mm
 - c) Pipa Ø 40 mm panjang 400 mm
 - d) *Rod end*
 - e) *Bearing* tipe 6001
 - f) Mur & baut 14
 - g) Mur & baut 12
 - h) *Ring* per Ø 14 mm
 - i) *Ring* Ø 25 mm & Ø 20 mm
 - j) *Shock absorber*
 - k) Plat tebal 3 mm , 150 mm x 150 mm
 - l) Plat tebal 5 mm , 150 mm x 150 mm

3) Mempersiapkan alat pelindung diri

Alat pelindung diri merupakan satu dari beberapa hal yang perlu diperhatikan saat melakukan pekerjaan karena alat pelindung diri merupakan syarat dari kesehatan serta keselamatan kerja. Dalam pembuatan *City Car* KITA diperlukan beberapa alat pelindung diri antara lain :

- a) Kaca mata las
- b) Sarung tangan
- c) Kaca mata gerinda
- d) Masker

b. Pembuatan *Upper Arm* dan *Lower Arm*

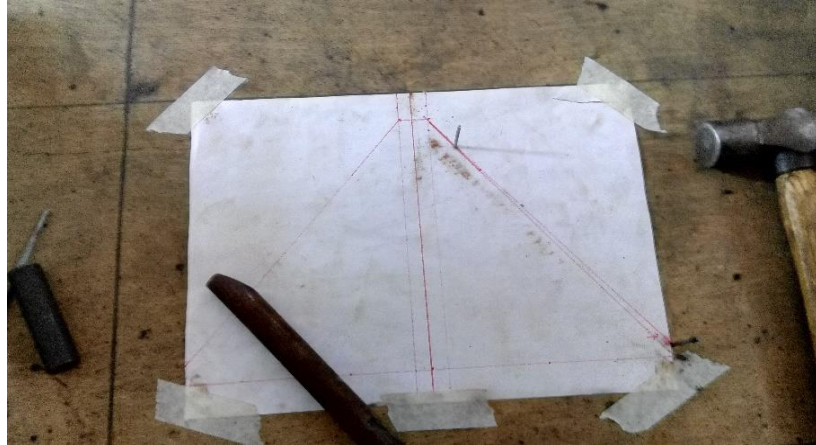
1) Mempersiapkan desain

Desain digunakan sebagai panduan dalam mengerjakan proyek akhir pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA. Proses desain menggunakan *Software Solid Work* 2014. Desain disertakan dengan gambar dan juga dimensi agar objek yang dibuat dapat sesuai dan menjadi satu rangkaian kendaraan jika disatukan dengan komponen lain.



Gambar 26. Desain *Upper arm* dan *Lower arm*

2) Membuat mal bentuk *upper arm* dan *lower arm* untuk memudahkan dalam pengerjaan. Pembuatan mal bentuk bertujuan untuk mempermudah proses pembuatan. Mal bentuk dibuat sesuai pola dan dimensi barang yang akan dibuat. Pada mal bentuk diberikan juga beberapa pasak untuk menjaga bentuk barang agar tetap pada desain tidak bergeser.



Gambar 27. Mal Bentuk *Upper Arm* dan *Lower Arm*

- 3) Memotong pipa pejal $\varnothing 20$ mm dengan panjang 70 mm sebanyak 4 buah. Pipa pejal $\varnothing 20$ mm dengan panjang 70 mm digunakan sebagai dudukan *rod end* yang kemudian di las pada ujung *upper arm* dan *lower arm* sebagai dudukan *knuckle*.
- 4) Setelah pipa pejal dipotong lalu membuat ulir dalam dengan ukuran M22 untuk pemasangan *rod end*. Pembuatan ulir dalam dilakukan dengan mesin bubut. Karena keterbatasan alat maka pembuatan ulir dilakukan di bengkel bubut.



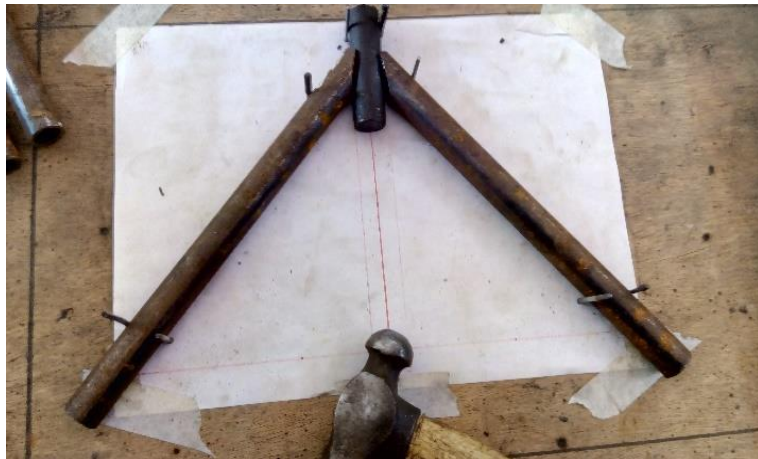
Gambar 28. Pipa Untuk Pemasangan *Rod End*

- 5) Memotong pipa $\text{Ø } 30 \text{ mm}$ dengan panjang $245,9 \text{ mm}$ sebanyak 8 buah. Pipa $\text{Ø } 30 \text{ mm}$ dengan panjang $245,9 \text{ mm}$ sebagai rangka *upper arm* dan *lower arm* yang kemudian disatukan dengan pipa pejal $\text{Ø } 20 \text{ mm}$ dengan panjang 70 mm sesuai dengan desain.



Gambar 29. Pipa $\text{Ø } 30 \text{ mm}$ Dengan Panjang $245,9 \text{ mm}$

- 6) Menyatukan pipa pejal dengan pipa panjang pada mal agar sudut dan ukuran sesuai dengan desain. Penyatuan dilakukan dengan menggunakan las listrik agar didapat *upper arm* serta *lower arm* yang kuat dan mampu menahan beban kendaraan.



Gambar 30. Menyatukan Pipa Pada Mal

- 7) Memberikan las titik pada sambungan agar pipa saling menempel sebelum dilakukan pengelasan penuh.
- 8) Melakukan pengelasan penuh pada sambungan dengan menggunakan las listrik.



Gambar 31. Pengelasan Arm

9) Memasang *rod end*

Memasang *rod end* pada ujung *upper arm* dan *lower arm*. *Rod end* berfungsi sebagai dudukan *knuckle* dan juga sebagai *ball joint* untuk perubahan sudut belok roda dan gerak *arm* naik maupun turun. *Rod end* juga bisa digunakan untuk menyetel *camber*. Pemasangan *rod end* dilakukan dengan cara memasukkan ulir *rod end* ke dalam ulir pipa pejal yang kemudian diukur panjangnya lalu dikencangkan.



Gambar 32. Pemasangan rod end pada arm

10) Memotong pipa \varnothing 40 mm dengan panjang 50 mm sebanyak 8 buah. Pipa \varnothing 40 mm dengan panjang 50 mm digunakan sebagai *housing bearing* yang kemudian di las pada *upper arm* dan *lower arm*.

11) Memasang *bearing* pada tiap sisi pipa

Pemasangan *bearing* pada pipa menggunakan alat pres hidrolik agar pemasangan *bearing* dapat presisi dan *bearing* tidak mengalami kerusakan.



Gambar 33. Memasang Bearing Dengan Alat Press

12) Melakukan pengelasan *housing bearing*

Pengelasan *housing bearing* dilakukan dengan las listrik. Pengelasan tidak boleh terlalu lama karena bisa menimbulkan panas berlebih dan menimbulkan kerusakan pada seal *bearing* serta pelumas *bearing*.



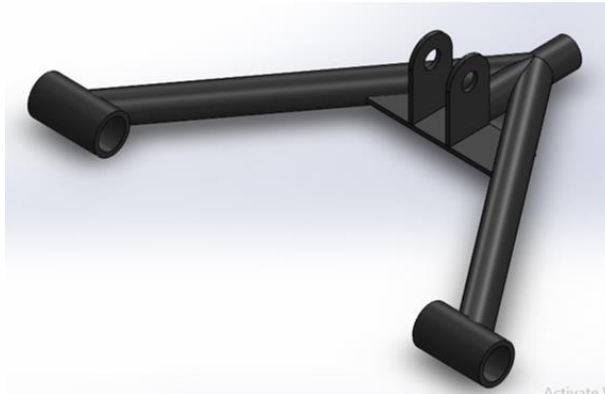
Gambar 34. Mengelas *Housing Bearing*

- 13) Memotong plat dengan tebal 3 mm dengan panjang 100 mm sebanyak 2 buah dan dengan panjang 52 mm sebanyak 4 buah sebagai *bracket shock* pada *lower arm*.



Gambar 35. Pemotongan Plat

- 14) Membuat lubang $\text{Ø } 12 \text{ mm}$ dengan bor pada plat ukuran 52 mm. Lubang ini digunakan untuk baut pengikat *shock absorber* bagian bawah.
- 15) Melakukan pengelasan dengan las listrik sesuai dengan desain



Gambar 36. Desain *Lower Arm*

- 16) Membuat *bracket upper arm* dan *lower arm* pada rangka dengan plat tebal 5 mm. Kemudian memotong plat tebal 5 mm dengan ukuran 40 mm x 30 mm sebanyak 16 buah



Gambar 37. Plat *Bracket Arm*

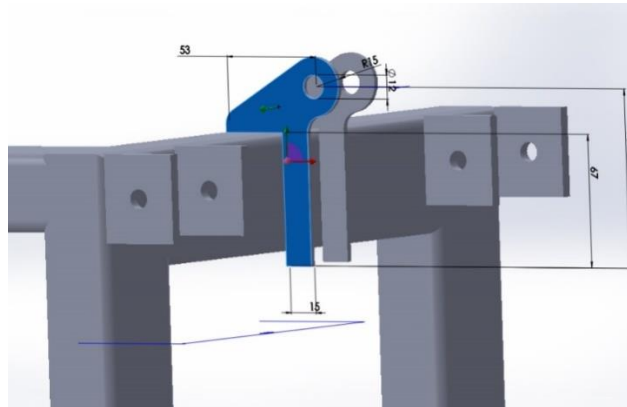
- 17) Membuat lubang $\text{Ø } 8 \text{ mm}$ pada tengah plat dengan menggunakan bor. Lubang ini digunakan sebagai tempat baut pengikat *housing bearing*.

- 18) Melakukan pengelasan plat pada rangka dengan las listrik. Pengelasan *bracket upper arm* dan *lower arm* dilas secara segaris dengan tujuan mendapatkan *caster 0*.



Gambar 38. Pengelasan Arm Pada Rangka

- 19) Membuat *bracket shock absorber* pada rangka.
Bracket shock bagian atas diletakan diantara *bracket upper arm*.
Bracket menggunakan plat dengan tebal 3 mm.
- 20) Memotong plat sesuai dengan desain menggunakan gerinda. Setelah pola sesuai dengan desain kemudian melakukan pengeboran pada plat untuk baut pengikat *shock*.



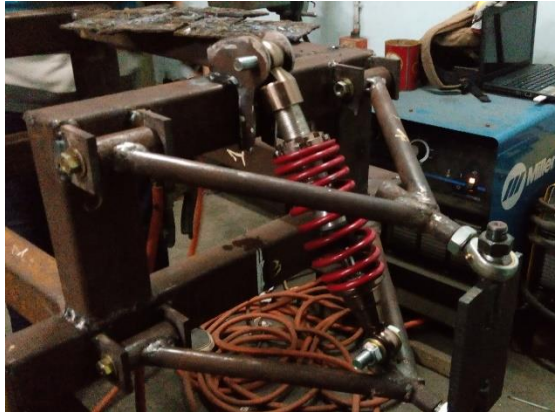
Gambar 39. *Bracket Shock* Pada Rangka

- 21) Melakukan pengelasan plat dengan rangka dengan las listrik



Gambar 40. Pengelasan *Bracket* Pada Rangka

- 22) Memasang *lower arm*, *upper arm* serta *shock absorber* pada rangka kendaraan. Pemasangan dilakukan dengan teliti dan memperhatikan keserasian antara suspensi kanan dan kiri.



Gambar 41. Pemasangan Sistem Suspensi Pada Rangka

2. Proses Pengujian

Proses pembuatan sistem suspensi depan pada *City Car KITA* memerlukan berbagai pertimbangan serta proses pengerjaan yang teliti agar suspensi dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan fungsinya. Untuk mengetahui kinerja serta fungsi sistem suspensi ini maka dilakukan berbagai pengujian agar dapat diketahui apakah sistem suspensi dapat dikatakan layak atau tidak.

a. Pengujian Masa Kendaraan

Pengujian masa kendaraan dilakukan untuk mengetahui masa kendaraan *City Car KITA* yang didistribusikan ke masing-masing suspensi. Dengan dilakukan pengujian ini maka akan diketahui kelayakan sistem suspensi berdasarkan pada beban yang diterima roda dengan pemilihan *shock absorber*. Langkah pengujian masa kendaraan sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menempatkan *City Car KITA* pada tempat yang datar.

- 3) Mendongkrak roda depan dan belakang
- 4) Menempatkan timbangan badan pada masing-masing roda
- 5) Menurunkan kendaraan agar seluruh beban dapat terbaca pada timbangan



Gambar 42. Pengujian Massa Kendaraan

- 6) Membaca hasil penimbangan
 - 7) Mengembalikan alat dan bahan pada posisi semula
- b. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan Tanpa Beban

Pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban dilakukan untuk mengetahui titik terendah kendaraan dengan tanah saat kendaraan tanpa beban. *Ground clearance* merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam uji laik kendaraan. Walaupun berdasarkan Pasal 54 ayat 1 PP. 55 Tahun 2012 tentang kendaraan *ground clearance* tidak diatur secara detail, namun pada rata-rata *city car* di Indonesia *ground clearance* berkisar antara 140-170 mm. Sulis (2011)

Langkah pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menempatkan *City Car KITA* pada tempat yang datar
- 3) Mengukur *ground clearance* pada titik terendah kendaraan dengan tanah menggunakan mistar



Gambar 43. Pengukuran *Ground Clearance* Kendaraan Tanpa Beban

- 4) Mencatat hasil pengujian
 - 5) Mengembalikan alat dan bahan pada posisi semula
- c. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan dengan Beban Penuh

Pengujian *ground clearance* kendaraan dengan beban penuh dilakukan untuk mengetahui titik terendah kendaraan dengan tanah saat kendaraan pada beban penuh. *Ground clearance* merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam uji laik kendaraan. Walaupun berdasarkan Pasal 54 ayat 1 PP. 55 Tahun 2012 tentang kendaraan *ground clearance*

tidak diatur secara detail, namun pada rata-rata *city car* di Indonesia *ground clearance* berkisar antara 140-170 mm. Sulis (2011)

Langkah pengujian *ground clearance* kendaraan dengan beban penuh sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menempatkan *City Car* KITA pada tempat yang datar
- 3) Memberikan beban pada kendaraan seberat 170 kg, dengan cara mengisi bangku penumpang dan pengemudi serta menambah beban sebesar 20 kg
- 4) Mengukur *ground clearance* pada titik terendah kendaraan dengan tanah menggunakan mistar



Gambar 44. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan Beban Penuh

- 5) Mencatat hasil pengujian
 - 6) Mengembalikan alat dan bahan pada posisi semula
- d. Pengujian defleksi pegas saat tanpa beban

Pengujian defleksi pegas saat tanpa beban dilakukan untuk mengetahui pemendekan pegas pada kendaraan *City Car* KITA saat tanpa

beban. Pentingnya pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan *shock absorber* dalam menahan beban kendaraan. Setiap *shock absorber* memiliki spesifikasi yang berbeda dalam defleksi pegas. Pada sistem suspensi *City Car KITA* yang mengaplikasikan *shock absorber* Honda Beat memiliki panjang maksimal 300 mm, panjang minimal 226 mm, dan stroke 74 mm. Langkah pengujian defleksi pegas saat tanpa beban sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menempatkan *City Car KITA* pada tempat yang datar
- 3) Melakukan pengukuran panjang pegas pada saat *shock absorber* pada kendaraan dengan menggunakan mistar



Gambar 45. Pengujian Defleksi Pegas Tanpa Beban

- 4) Mencatat hasil pengujian
- 5) Mengembalikan alat dan bahan pada posisi semula

e. Pengujian Defleksi Pegas saat Beban Penuh

Pengujian defleksi pegas saat beban penuh dilakukan untuk mengetahui pemendekan pegas pada kendaraan *City Car* KITA saat beban penuh. Pentingnya pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan *shock absorber* dalam menahan beban kendaraan. Setiap *shock absorber* memiliki spesifikasi yang berbeda dalam defleksi pegas. Pada sistem suspensi *City Car* KITA yang mengaplikasikan *shock absorber* Honda Beat memiliki panjang maksimal 300 mm, panjang minimal 226 mm, dan stroke 74 mm. Defleksi pegas dikatakan layak apabila masih menyisakan langkah pemegasan ketika kendaraan dalam keadaan beban penuh. Langkah pengujian defleksi pegas saat beban penuh sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menempatkan *City Car* KITA pada tempat yang datar
- 3) Memberikan beban pada kendaraan dengan cara mengisi bangku penumpang dan pengemudi serta menambah beban sebesar 20 kg
- 4) Melakukan pengukuran panjang pegas *shock absorber* dengan menggunakan mistar



Gambar 46. Pengujian Defleksi Pegas Beban Penuh

- 5) Mencatat hasil pengujian
- 6) Mengembalikan alat dan bahan pada posisi semula

B. Hasil

1. Hasil Pembuatan

Dalam pembuatan sistem suspensi depan *City Car KITA* memerlukan beberapa tahap dari mulai perancangan, perencanaan biaya, perencanaan waktu pengerjaan, proses pembuatan serta pengujian. Tahap-tahap tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil sebuah suspensi yang layak digunakan dan mampu bekerja sesuai fungsinya.

Setelah diaplikasikan pada kendaraan *City Car KITA*, suspensi depan mampu menahan seluruh beban kendaraan dan mampu memberikan kenyamanan bagi penumpang saat dikendarai pada berbagai kondisi permukaan jalan.



Gambar 47. Perakitan Suspensi Depan Pada Rangka



Gambar 48. Pengaplikasian Suspensi Depan *City Car* KITA

2. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan beberapa pengujian terhadap sistem suspensi *City Car* KITA maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

a. Pengujian Massa Kendaraan

Massa roda depan kanan : 70 kg

Massa roda depan kiri : 75 kg

Massa roda belakang kanan : 116 kg

Massa roda belakang kiri : 114 kg

Massa total kendaraan : 375 kg

b. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan tanpa Beban

Hasil pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban : 165 mm

c. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan dengan Beban 170 kg

Hasil pengujian *ground clearance* kendaraan dengan beban : 150 mm

d. Pengujian Defleksi Pegas tanpa Beban

Hasil pengujian defleksi pegas tanpa beban adalah 255 mm

e. Pengujian Defleksi Pegas dengan Beban 170 kg

Hasil pengujian defleksi pegas dengan beban 170 kg adalah 240 mm

C. Pembahasan

1. Pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA

Dalam pengerjaan proyek akhir pembuatan sistem suspensi *City Car* KITA membutuhkan berbagai proses serta tahapan agar menghasilkan sistem suspensi yang layak serta berkualitas. Pada tahap awal pembuatan suspensi diperlukan rancangan dan konsep agar dalam pengerjaannya efektif dan efisien. Tahap perancangan tersebut berupa rancangan desain sistem suspensi yang dilakukan dengan menggunakan *software solidwork*. Tahap desain ini diperlukan untuk mengetahui dimensi, struktur, serta letak dari sistem suspensi tersebut. Setelah tahap desain selesai lalu masuk tahap berikutnya yaitu tahap rancangan kebutuhan bahan, biaya, serta waktu pembuatan. Tahap ini diperlukan untuk efektifitas dalam pengerjaan dan efisiensi dalam kebutuhan (biaya). Tahap selanjutnya adalah tahap pembuatan. Tahap ini adalah tahap inti dari semua tahap yang ada.

Dalam pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA diperlukan alur serta langkah kerja yang runtut untuk mempermudah proses. Langkah awal adalah menyiapkan segala kebutuhan seperti alat, bahan serta alat pelindung diri. Selanjutnya adalah pembuatan mal bentuk *upper arm* dan *lower arm* yang bertujuan untuk mempermudah proses pembuatan. Mal bentuk dibuat sesuai pola dan dimensi barang yang akan dibuat. Langkah berikutnya adalah penyatuan seluruh komponen dengan cara di las menggunakan las listrik. Setelah *upper arm* dan *lower arm* selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah pembuatan *housing bearing*, dudukan *shock absorber* serta dudukan *upper arm* dan *lower arm*. Setelah seluruh proses pembuatan selesai, langkah selanjutnya adalah merakit seluruh komponen yang ada agar menjadi suatu sistem yang dapat bekerja secara bersamaan.

Kesulitan dan hambatan yang dialami saat pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA adalah kurangnya dukungan alat kerja dan alat uji. Saat proses pembuatan ulir dalam untuk dudukan *rod end* tidak ada alat penunjang yang bisa digunakan, sehingga untuk mengatasi masalah tersebut harus menggunakan jasa bengkel bubut untuk pembuatan ulir dalam. Saat proses pengujian tidak ada alat uji suspensi yang dapat menunjang proses pengujian, sehingga pengujian yang dilakukan hanya sebatas pengujian dasar suspensi.

2. Pengujian Sistem Suspensi *City Car* KITA
 - a. Pengujian Massa Kendaraan

Dari hasil pengujian yang didapat maka akan dicari distribusi beban pada masing-masing roda dengan penghitungan beban statis.

Beban statis roda depan :

$$\begin{aligned}\text{Untuk } \frac{1}{4} \text{ kendaraan maka } W &= 145 \text{ kg} \\ W_f &= \frac{1}{2} \times 145 \text{ kg} \\ &= 72.5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi masing-masing sistem suspensi harus mampu menahan beban sebesar 72.5 kg. Dengan pengaplikasian *shock absorber* dari sepeda motor Honda Beat maka sistem suspensi dapat dikatakan layak. Hal ini berdasarkan pada sepeda motor Honda Beat yang menggunakan suspensi belakang berupa *mono shock* (*shock* tunggal) dengan beban kendaraan kosong 93 Kg. Jadi beban yang ada pada *City Car* KITA, mampu diredam oleh sistem suspensi sehingga dapat memberikan kenyamanan pada penumpang .

- b. Pengujian *Ground Clearance* Kendaraan tanpa Beban dan dengan Beban 170 kg.

Menurut pasal 54 ayat (1) PP. 55 Tahun 2012 tentang kendaraan, *ground clearance* antar bagian permanen paling bawah kendaraan bermotor dengan terhadap permukaan bidang jalan tidak bersentuhan dengan permukaan bidang jalan. Sedangkan hasil pengujian *ground clearance* kendaraan tanpa beban pada *City Car* KITA adalah 168 mm, dan jika ditambahkan beban 170 kg *ground clearance* menjadi 150 mm. Dari pengujian tersebut dapat diambil

kesimpulan bahwa sistem suspensi depan *City Car* KITA layak digunakan. Hal ini berdasar pada standar *ground clearance* PP. 55 Tahun 2012 dan standar *ground clearance City Car* yaitu 140-170 mm. Sulis (2011)

Dengan *ground clearance* yang sesuai standar, kendaraan aman melewati polisi tidur tanpa ada komponen yang tersangkut dan juga aman melewati genangan tanpa ada komponen yang tenggelam jika terjadi hujan.

c. Pengujian Defleksi Pegas tanpa Beban dan dengan Beban 170 kg.

Hasil pengujian defleksi pegas depan pada *City Car* KITA saat tanpa beban adalah 255 mm sedangkan dengan beban 170 kg adalah 240 mm. Pada pengujian defleksi pegas ini digunakan standar dari *shock absorber* Honda Beat dengan standar panjang maksimal 300 mm, dan standar panjang minimal 226 mm. (otomotif.grid.id)

Tabel 4. Perbandingan defleksi pegas

Panjang (mm)		Panjang Minimal (mm)	Stroke (mm)
Awal	300	226	74
Tanpa Beban	255		29
Beban Penuh	240		14

Dari data tersebut diketahui bahwa jarak langkah pemegasan saat tanpa beban adalah 29 mm, sedangkan jarak langkah pemegasan saat beban penuh adalah 14 mm. Dari hasil tersebut maka sistem

suspensi depan *City Car* KITA dapat dikatakan layak. Hal ini berdasar pada standar suspensi Honda Beat yang diaplikasikan pada suspensi depan *City Car* KITA dimana suspensi mampu bekerja sesuai dengan fungsinya dan mampu memberikan keamanan serta kenyamanan.

BAB V

KESIMPULAN, KETERBATASAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian penjelasan pada bab sebelumnya dan setelah diselesaikannya proses pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem suspensi depan pada *City Car* KITA mengaplikasikan sistem suspensi *independent* tipe *double wishbone* dengan pegas ulir. Dari berbagai macam tipe suspensi yang ada, suspensi *independent* tipe *double wishbone* dengan pegas ulir diaplikasikan pada *City Car* KITA karena pertimbangan rancangan rangka, berat kendaraan, serta model penggerak yaitu penggerak belakang. Dari perancangan yang dibuat, beban depan kendaraan yang didistribusikan ke masing-masing roda adalah 90 kg dari total seluruh berat kendaraan dan penumpang sebesar 550 kg. Sistem suspensi depan dirancang dapat menahan berat kendaraan dan memberikan keamanan serta kenyamanan bagi penumpang.
2. Proses pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA memerlukan beberapa tahap yang saling berhubungan dan merupakan satu rangkaian kerja yang tidak terpisahkan. Tahap awal adalah analisa kebutuhan guna menentukan bahan dan meterial yang akan digunakan. Tahap kedua adalah perancangan sistem suspensi dengan membuat desain berdasarkan bentuk rangka dan juga komponen lain. Tahap selanjutnya adalah mempersiapkan alat serta bahan untuk pembuatan suspensi depan. Selanjutnya melakukan

pembuatan *upper arm*, *lower arm*, *housing bearing*, dudukan *shock absorber* serta dudukan *upper arm* dan *lower arm*. Setelah semua komponen siap, tahap berikutnya adalah *assembly* atau perakitan komponen pada rangka agar menjadi suatu sistem suspensi pada *City Car* KITA sesuai dengan rancangan. Tahap akhir adalah tahap pengujian sistem suspensi.

3. Untuk mengetahui kelayakan pada pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA dibutuhkan beberapa tahap pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian massa kendaraan, pengujian *ground clearance* tanpa beban dan beban penuh, serta pengujian defleksi pegas tanpa beban dan beban penuh. Hasil pengujian total massa kendaraan adalah 375 Kg dengan beban statis masing-masing roda depan 72,5 kg. Dari hasil tersebut suspensi dikatakan layak dalam mengaplikasikan *shock absorber* Honda Beat. Hasil pengujian *ground clearance* tanpa beban adalah 168 mm, sedangkan *ground clearance* dengan beban penuh adalah 150 mm. Hasil tersebut dapat dikatakan layak karena standar *ground clearance city car* 140-170 mm. Hasil pengujian defleksi pegas tanpa beban menyisakan langkah 29 mm, sedangkan dengan beban penuh adalah 14 mm. Hasil tersebut dikatakan layak berdasarkan standar suspensi Honda Beat yang diaplikasikan karena mampu bekerja sesuai dengan fungsinya.

B. Keterbatasan

Dalam pembuatan sistem suspensi depan *City Car* KITA ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu :

1. Koordinasi yang kurang baik dalam kelompok untuk mengelola tugas dan tanggung jawab masing-masing individu yang berimbas pada terganggunya pengerjaan pada suatu sistem.
2. Kurang lengkapnya alat pendukung untuk melakukan pengujian, sehingga hanya dilakukan beberapa pengujian dasar.
3. Kurang lengkapnya data spesifikasi serta standar pengujian pada sistem suspensi.

C. Saran

Saran yang dapat diberikan kepada pembaca laporan ini dalam melakukan perancangan maupun pembuatan suatu sistem pada kendaraan adalah :

1. Melakukan perancangan secara detail pada sistem yang akan dibuat dan memastikan perancangan komponen ataupun sistem lain yang saling berhubungan agar lebih efektif.
2. Memperhatikan berbagai aspek yang mampu mendukung serta menghambat proses perancangan maupun pembuatan.
3. Melakukan pengujian dengan prosedur, alat dan standar yang sesuai dengan peraturan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Buntarto. (2015). *Perawatan dan Perbaikan Sistem Suspensi Mobil*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Kementrian Perhubungan. (2012). *Peraturan Pemerintah RI Nomor 55, tahun 2012 tentang Kendaraan*.
- Pradopo Dimas, (2016). *Daftar Ukuran Sokbeker Belakang Bisa Saling Tukar*. Diakses dari <http://otomotif.grid.id/Motor/Tips/Daftar-Ukuran-Sokbreker-Belakang-Bisa-Saling-Tukar> pada tanggal 3 Mei 2017 pukul 16.04 wib
- Sulis Agus, (2011). *Mengenal Ground Clearence City Car Antisipasi Kalau Si Kecil Ketemu Banjir* Diakses dari <http://mobil.otomotifnet.com/Mobil/Test/Mengenal-Ground-Clearence-City-Car-Antisipasai-Kalau-Si-Kecil-Ketemu-Banjir> pada tanggal 22 mei 2017 jam 22.37 WIB
- Toyota Astra Motor. (1995). *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.
- ToyotaAstra Motor. (1995). *Step 2 Materi Cassis Group*. Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Bimbingan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : ARIF GINANJAR SUDRAJAD
No. Mahasiswa : 13509134028.
Judul PA/TAS : PEMBUATAN SISTEM SUSPENSI DEPAN CITY CAR KITA
(KARYA INOVASI TUGAS AKHIR)
Dosen Pembimbing : Dr. ZAINAL ARIFIN, M.T

Bimb. Ke	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda tangan Dosen Pemb.
1	Rabu 28-3-17	Bab I	Review bab I	[Signature]
2	Rabu 5-4-17	Bab I	Lanjut Bab II	[Signature]
3	Senin 17-4-17	Bab II	Review bab II	[Signature]
4	Kamis 27-4-17	Bab III	Lanjut Bab III	[Signature]
5	Selasa 9-5-17	Bab III	Lanjut bab III	[Signature]
6	Senin 22-5-17	Bab III	Lanjut review bab III	[Signature]
7	Jum'at 2-6-17	Bab IV	Kelelahan	[Signature]
8	Rabu 7-6-17	Bab V	Siap ujian	[Signature]
9				
10				

Keterangan :

- Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali. Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh dicopy.
- Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

Lampiran 2. Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRM/OTO/11-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Arif Ginanjar Sudrajad
No. Mahasiswa : 13509134028
Judul PA D3/S1 : Pembuatan Sistem Suspensi Depan *City Car* KITA
(Karya Inovasi Tugas Akhir)
Dosen Pembimbing : Dr. Zainal Arifin, M.T.

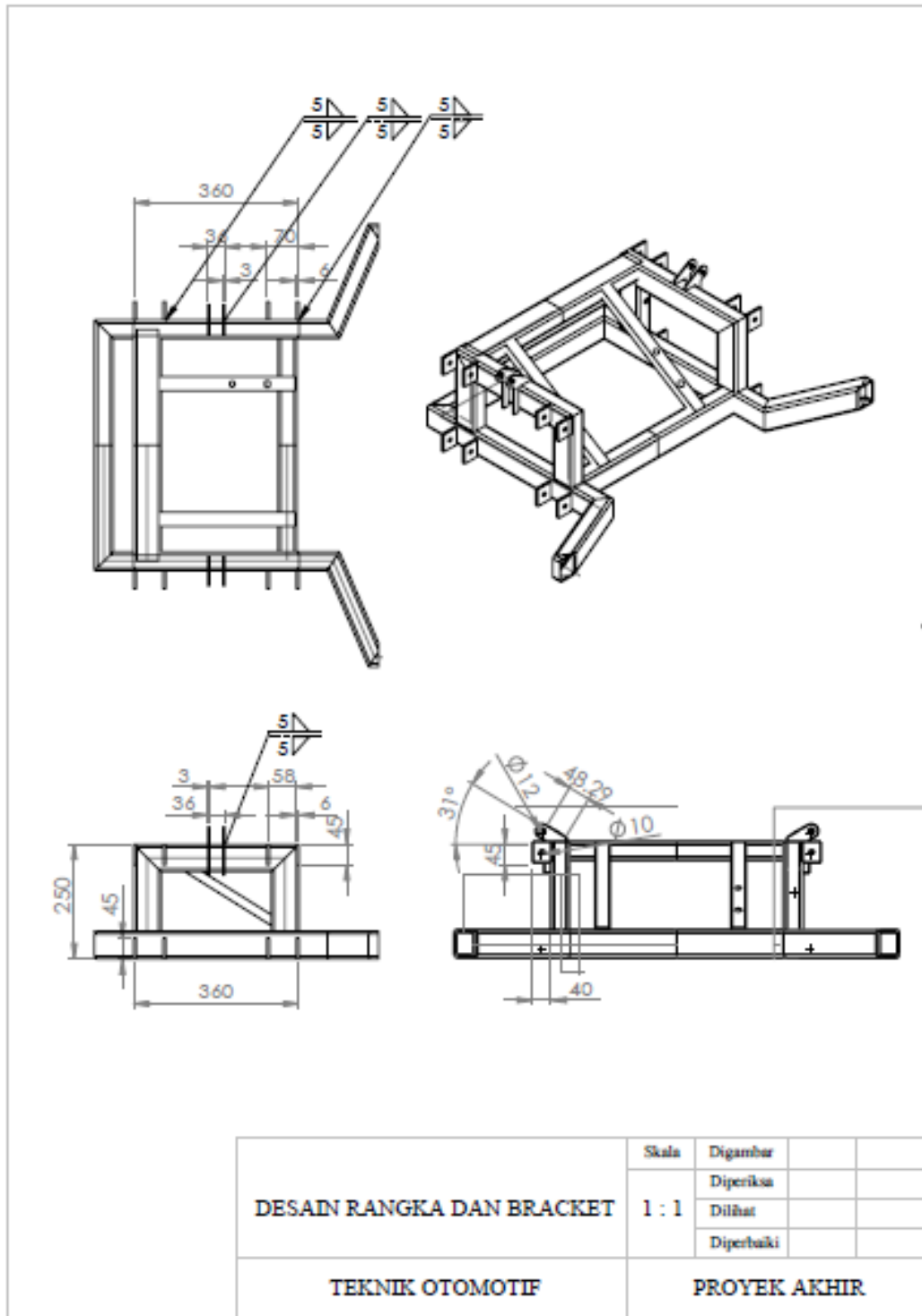
Dengan ini Saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

No	Nama	Jabatan	Paraf	Tanggal
1	Dr. Zainal Arifin, M.T.	Ketua Penguji		18.07.17
2	Kir Haryana, M.Pd.	Sekretaris Penguji		19.07.17
3	M. Wakid, S.Pd., M.Eng	Penguji Utama		18.07.17

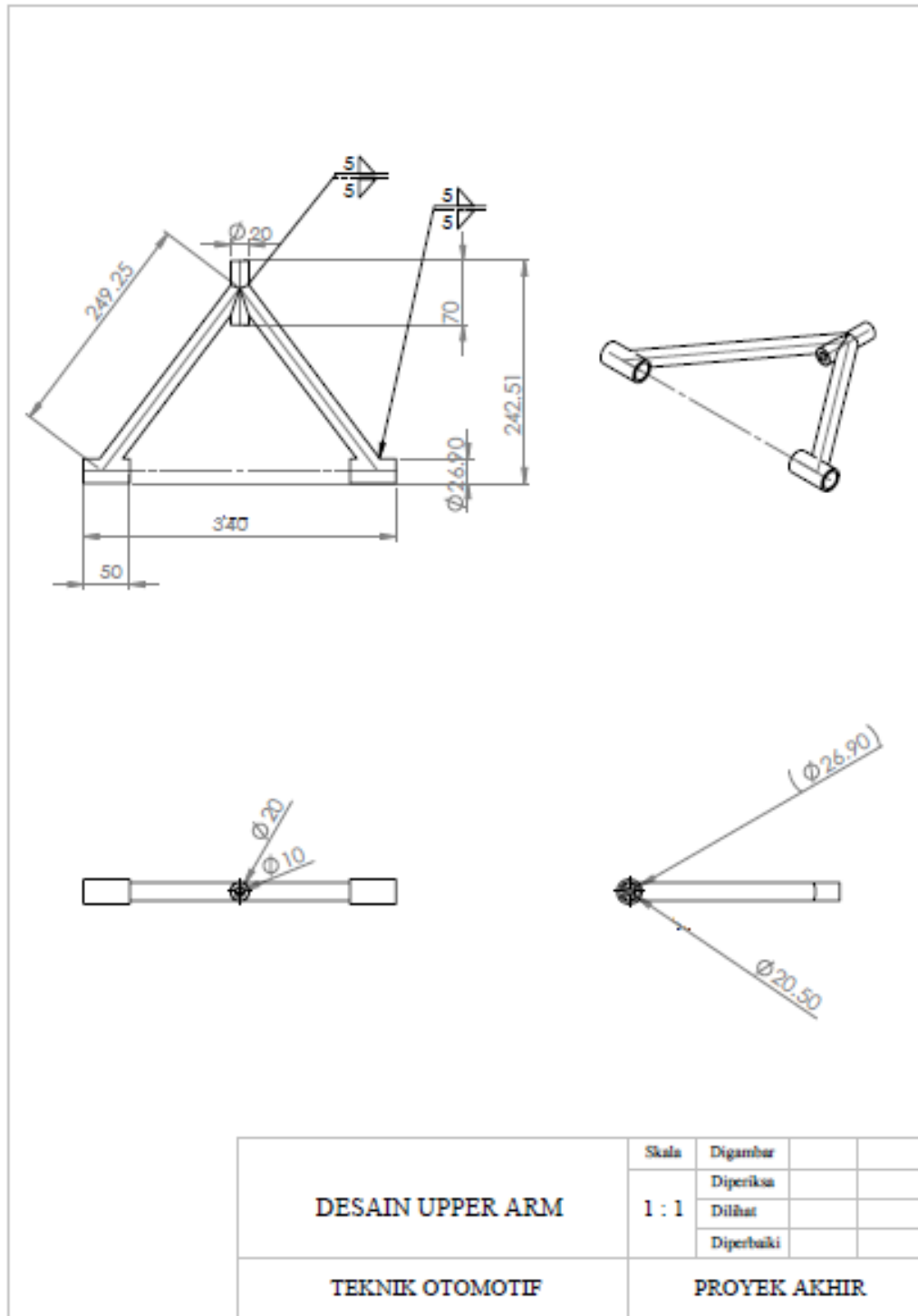
Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam laporan Proyek Akhir D3/S1

Lampiran 3. Desain *Bracket Suspensi*



Lampiran 4. Desain *Upper Arm*



Lampiran 5. Desain Lower Arm

