

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gokart merupakan kendaraan roda empat layaknya mobil. Gokart biasanya digunakan sebagai sarana hiburan dan balap layaknya balap Formula 1. Bentuknya yang lebih kecil dari kendaraan roda empat yang lain, memiliki kapasitas mesin yang lebih kecil. Sehingga gokart hanya membutuhkan lintasan balap yang pendek saja. Dalam hal ini gokart dapat di mainkan pada tempat parkir, lapangan, bahkan sirkuit resmi sekalipun.

Gokart pertama kali di rancang oleh Art Ingles pada tahun 1958 di California bagian selatan. Dia membuatnya dengan sisa –sisa potongan besi sebagai rangka dan menggunakan mesin 2 langkah sebagai penggerak nya. Dia menguji coba nya di lapangan parker *Rose Bowel*. Ketika itu dia adalah perancang mobil balap pada perusahaan *Kurtis Kraft*. Oleh karena itu dia juga di juluki sebagai “*father of Karting*”.

Gokart saat ini sangat berkembang dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, seiring dengan perkembangan serta kemajuan di bidang industry terutama dalam bidang otomotif. Berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambahkan ilmu pengetahuan agar memudahkan manusia mendapat kenyamanan dalam berkendara. Salah satu adalah jenis penggerak yang digunakan yaitu motor bakar atau biasa disebut dengan sepeda motor. Secara umum, dunia otomotif saat ini sangat berkembang pesat di segala bidang baik itu digunakan sebagai alat transportasi, alat pembantu dalam industri, dan bahkan dalam bidang olahraga.

Kemudi berfungsi untuk membelokkan roda-roda depan mobil sehingga arah jalan mobil sesuai dengan yang di inginkan oleh pengemudi. Karena kemudi selalu digunakan maka kemudi harus dapat dicapai dengan mudah tanpa mengakibatkan kelelahan. Untuk itu kemudi harus ringan untuk menggerakkannya. Agar kemudi ringan untuk digerakkan maka perubahan dari arah gerak kemudi ke roda-roda depan diubah oleh roda kemudi. Pada roda kemudi, gerak putar dari roda kemudi yang di teruskan ke batang kemudi

diubah menjadi gerak memanjang atau gerak lurus. Gerak lurus tersebut diteruskan ke roda-roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi. (Drs boentarto, 1992)

Komponen tersebut dirancang sehingga fungsi tiap komponen saling berkaitan. Keterkaitan tiap komponen disebut sistem. Salah satu sistem yang penting adalah sistem kemudi. Sistem kemudi berfungsi agar arah kendaraan dapat diubah. Ini karena lintasan kendaraan tidak tetap.

Terdapat banyak jenis sistem kemudi. Salah satu sistem ini adalah sistem kemudi sederhana dengan *tie-rod*. Sistem ini lebih mudah dibandingkan dengan sistem kemudi lainnya. Sistem kemudi sederhana dengan *tie-rod* terdiri dari sembilan bagian utama. Kesembilan bagian tersebut adalah sebuah roda kemudi, tiga buah batang penghubung, sebuah penghubung konfigurasi V dan empat buah *tie-rod*. Kesembilan bagian tersebut harus mampu menopang beban saat kendaraan bergerak. Beban terbesar yang harus ditopang adalah beban saat kendaraan berbelok (Teknologi kendaraan, 2002).

Penulis mendapatkan pembahasan tentang sistem kemudi manual yang akan digunakan pada gokart ini. Maka dari itu penulis mengambil judul:

Rancang Bangun Sistem Kemudi Gokart Menggunakan Mesin Yamaha Z1 115 CC SOHC.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem kemudi pada *gokart*.
2. Menghitung gaya-gaya dan titik berat
3. Menghitung sudut belok

1.3. Batasan Masalah

Pada rancang bangun sistem kemudi ini, agar permasalahan yang dirancang tidak terlalu meluas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sudut patokan kendaraan $\mu = 5^\circ$
2. Sistem kemudi yang digunakan adalah sistem kemudi *2 Wheel Steering*
3. Panjang *tie rod* dan gigi *rack* tidak dihitung
4. Perancangan sistem kemudi hanya menghitung beban dan besar gaya yang bekerja pada roda.
5. Tidak menganalisa perilaku arah belok kendaraan

1.4 .Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sistem kemudi *gokart* yang aman dan nyaman
2. Menentukan komponen-komponen sistem kemudi *gokart*
3. Menentukan gaya-gaya yang terjadi pada ban , dan radius belok pada sistem kemudi

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi dunia akademik dapat dijadikan sebagai referensi dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan penelitian selanjutnya tentang perancangan desain kendaraan kontes mobil hemat energi.
2. Bagi masyarakat dapat memberikan kontribusi positif sebagai pengetahuan bagaimana pentingnya pengembangan perancangan desain kendaraan yang lebih efektif dari pada kendaraan hemat energi sebelum-sebelumnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini secara garis besarnya adalah:

BAB I : Pendahuluan, berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II : Kajian pustaka dan dasar teori, bab ini menjelaskan tentang teori serta rumus-rumus perencanaan dari sistem kemudi gokart

BAB III: Metodologi penelitian, Bab ini menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, langkah-langkah perancangan desain kendaraan gokart

BAB IV : Hasil dan pembahasan, Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah perancangan, pembuatan dan analisa sistem kemudi gokart.

BAB V : Kesimpulan dan saran. Bab ini berisi tentang kesimpulan, dan saran mengenai rancang bangun sistem kemudi gokart

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Kemudi

Di dalam sebuah sistem kemudi ada dua faktor yang menjadi tujuan dari setiap pengembangan teknologi otomotif yaitu mempermudah pengendalian kendaraan dan meningkatkan keselamatan. Begitu pula yang terjadi pada sistem kemudi, dari semula hanya mengandalkan gerakan mekanik hingga yang tercanggih menggunakan otak elektronik. Sistem kemudi yang memiliki fungsi untuk mengarahkan kendaraan pun jadi lebih mudah digerakkan.

Cara pengoperasian sistem kemudi cukup mudah. Pengemudi yang berada di kabin tinggal memutar roda kemudi ke kiri atau ke kanan, tergantung arah yang hendak di tuju. Di dalam sistem kemudi terdapat komponen yang bisa menerjemahkan gerakan memutar menjadi gerakan fleksibel batang ke roda.

Fungsi sistem kemudi adalah mengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda depan, bila roda kemudi diputar, kolom kemudi meneruskan putaran ke roda gigi kemudi. Roda gigi kemudi ini memperbesar momen putar, akibatnya menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan kemudi (*steering linkage*).

2.2. Bagian-Bagian Utama Pada Sistem Kemudi

Pada umumnya sistem kemudi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

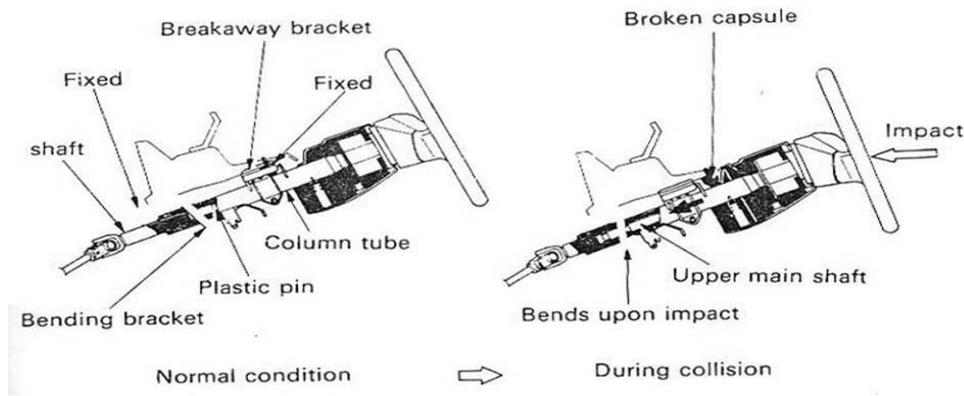
2.2.1. *Steering Column* (Kolom kemudi)

Steering column terdiri dari main shaft yang meneruskan putaran roda kemudi ke *steering gear*, dan *column tube* yang mengikat *main shaft* ke *body*. Ujung atas dari *main shaft* dibuat meruncing dan bergerigi, dan roda kemudi diikatkan ditempat tersebut dengan sebuah mur.

Steering column juga merupakan mekanisme penyerap energi yang menyerap gaya dorong dari pengemudi pada saat terjadinya tabrakan. *Steering column* dipasang pada *body* melalui *bracket column* tipe *breakaway* sehingga *steering column* dapat bergeser turun pada saat terjadinya tabrakan.

Disamping mekanisme penyerap energi, pada *steering column* kendaraan tertentu terdapat sistem control kemudi. Misalnya mekanisme *steering lock* untuk

mengunci *main shaft*, mekanisme *tilt steering* untuk memungkinkan pengemudi menyetel posisi vertikal roda kemudi, *telescopic steering* untuk mengatur panjang *main shaft* agar diperoleh posisi yang sesuai dan sebagainya.



Gambar 2.1 Mekanisme *Breakaway* Penyerap Energi Pada Kolom Stir

<https://www.viarohidinthea.com/2014/09/sistem-kemudi-mobil.html>

Bagian bawah *main shaft* dihubungkan pada *steering gear* melalui *flexible joint* atau *universal joint* yang berfungsi untuk memperkecil pengiriman kejutan yang diakibatkan oleh keadaan jalan dari *steering gear* ke roda kemudi.

2.2.2. *Steering Gear* (Roda Gigi Kemudi)

Steering gear tidak hanya berfungsi untuk mengarahkan roda depan, tetapi dalam waktu yang bersamaan juga berfungsi sebagai gigi reduksi untuk meningkatkan momen agar kemudi menjadi ringan. Untuk itu diperlukan perbandingan reduksi yang disebut juga perbandingan *steering gear*. Biasanya perbandingan *steering gear* antara 18-20 : 1. Perbandingan semakin besar akan menyebabkan kemudi menjadi semakin ringan akan tetapi jumlah putaran akan bertambah banyak, untuk sudut belok yang sama. Ada beberapa macam tipe *steering gear* antara lain :

- a. Model *rack dan pinion*
- b. Model peluru. Model *screw dan nut*
- c. Model *screw pin*
- d. Model *worm dan sector*

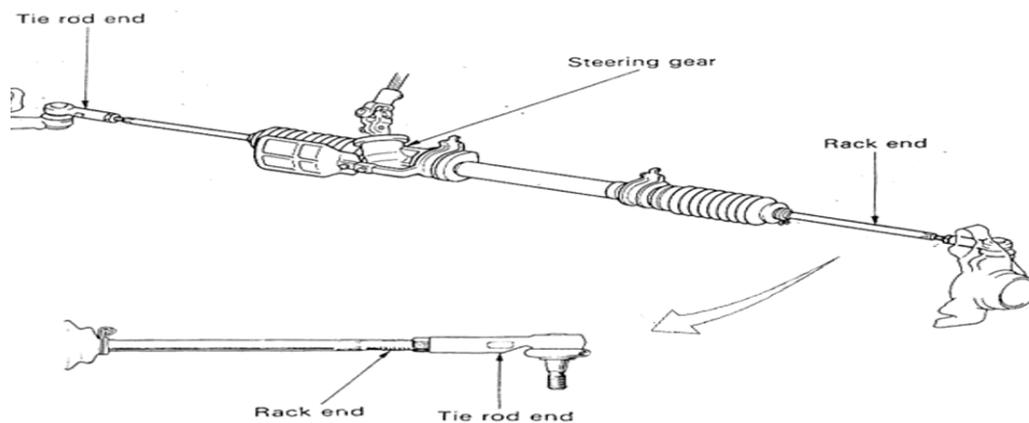
Tetapi yang banyak digunakan dewasa ini adalah *rack dan pinion*.

2.2.3. *Steering Linkage* (Sambungan-sambungan Kemudi)

Steering linkage terdiri dari *tie rod* dan *arm* yang meneruskan tenaga gerak dari *steering gear* ke roda depan. Dengan berbagai kondisinya, terjadi situasi-situasi yang dapat mempengaruhi kemampuan pengendara dan sistem kemudi untuk merespon. Gerakan-gerakan kemudi harus tetap dapat dilanjutkan sistem kemudi ke roda-roda dengan sangat cepat dan akurat setiap saat. Dan kemudian sambungan-sambungan kemudi lah yang mempunyai peran untuk meneruskan putaran kemudi yang telah diproses oleh roda gigi kemudi untuk selanjutnya dihantarkan kepada roda depan. Beberapa contoh model sambungan-sambungan kemudi :

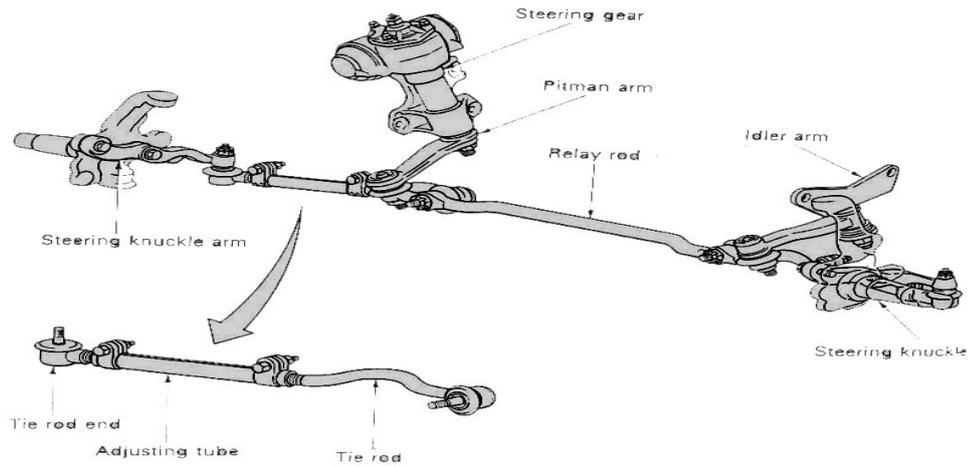
2.2.3.1. Suspensi Independen

Pada tipe ini terdapat dua buah *tie rod* yang dihubungkan dengan *relay rod* (pada tipe *rack and pinion*, *rack* berfungsi sebagai *relay rod*). Diantara *tie rod* dan *tie rod end* dipasang sebuah pipa untuk menyetel dan menyesuaikan panjang *rod*. Untuk suspensi independen, ada dua tipe roda gigi kemudi yang dapat digunakan, roda gigi tipe *rack and pinion* (Gambar 2.2) dan roda gigi kemudi tipe *recirculation ball* (Gambar 2.3).^[2]



Gambar 2.2 Sambungan Kemudi Suspensi Independen Tipe Roda Gigi Kemudi
Rack And Pinion

<http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/17403/Tugas-akhir-sistem-kemudi-BAB-II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

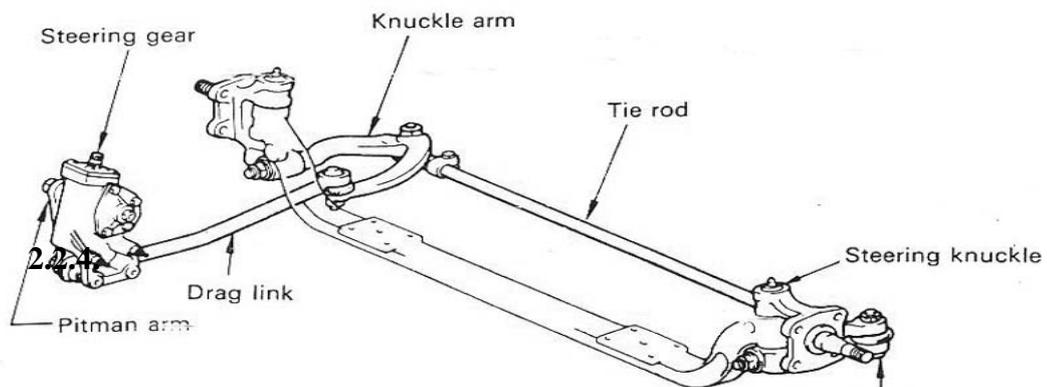


Gambar 2.3 Sambungan Kemudi Suspensi Independen Tipe Roda Gigi Kemudi *Recirculation Ball*.

<http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/17403/Tugas-akhir-sistem-kemudi-BAB-II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

2.2.3.2. Untuk Suspensi Rigid (Poros Kaku)

Sambungan kemudi untuk tipe ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu *pitman arm*, *drag link*, *knuckle arm*, *tie rod* dan *tie rod end*. *Tie rod* mempunyai pipa untuk menyetel dan menyesuaikan panjang *rod*.



Gambar 2.4 Sambungan Kemudi Untuk Suspensi Rigid

<http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/17403/Tugas-akhir-sistem-kemudi-BAB-II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

2.3. Bentuk-Bentuk Sistem Kemudi

Pada dasarnya sistem kemudi dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu sebagai berikut :

1. Sistem kemudi manual
2. Sistem Kemudi Daya (*Power Steering*)

2.3.1. Sistem Kemudi Manual

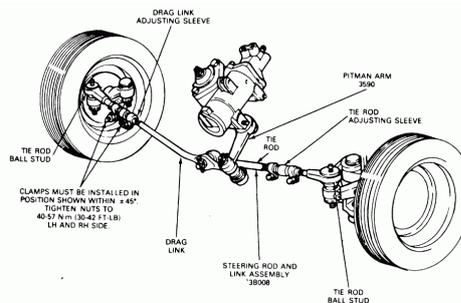
Sistem kemudi manual disebut juga sebagai sistem kemudi konvensional karena masih memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokkan roda. Seluruh tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda kendaraan berasal dari tenaga pengemudi yang ditransmisikan ke roda melalui sistem kemudi. Pada saat roda kemudi diputar maka di setiap link dalam sistem kemudi akan menghasilkan gaya.

Gaya- gaya tersebut akan digunakan untuk membelokkan ban kendaraan. Besarnya gaya yang terjadi saat roda kemudi diputar di harus kan tidak melebihi kemampuan bahan dalam menerima gaya tersebut, karena jika gaya yang terjadi lebih besar dari kemampuan bahan maka sistem kemudi akan rusak. Maka dari itu diperlukan analisa gaya yang terjadi pada saat sistem kemudi diputar.

Tipe sistem kemudi manual yang banyak digunakan adalah sebagai berikut :

2.3.1.1. Recirculating Ball

Pada waktu pengemudi memutar roda kemudi, poros utama yang dihubungkan dengan roda kemudi langsung membelok. Di ujung poros utama kerja dari gigi cacing dan mur pada bak roda gigi kemudi menambah tenaga dan memindahkan gerak putar dari roda kemudi ke gerakan mundur maju lengan pitman (*pitman arm*).



Gambar 2.5 Tipe *Recirculating Ball*

<https://otoblitz.net/otopedia/sistem-kemudi-worm-dan-sector-recirculating-ball/>

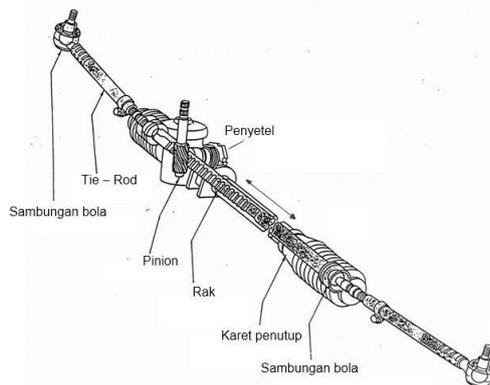
Lengan-lengan penghubung (*linkage*), batang penghubung (*relay rod*), *tie rod*, lengan *idler* (*idler arm*) dan lengan nakel *arm* dihubungkan dengan ujung *pitman arm*. Mereka memindahkan gaya putar dari kemudi ke roda-roda depan dengan memutar *ball joint* pada lengan bawah (*lower arm*) dan bantalan atas untuk peredam kejut. Jenis ini biasanya digunakan pada kendaraan penumpang atau komersial.

Keuntungan tipe ini yaitu : Komponen gigi kemudi relative besar, bisa digunakan untuk mobil ukuran sedang, mobil besar dan kendaraan komersial. Keausan relative kecil dan pemutaran roda kemudi relative ringan.

2.3.1.2. Tipe Rack and Pinion

Pada waktu roda kemudi diputar, *pinion* pun ikut berputar. Gerakan ini akan menggerakkan *rack* dari samping ke samping dan dilanjutkan melalui *tie rod* ke lengan nakel pada roda-roda depan sehingga satu roda depan didorong, sedangkan satu roda tertarik, hal ini menyebabkan roda-roda berputar pada arah yang sama.

Kemudi jenis *rack and pinion* jauh lebih efisien bagi pengemudi untuk mengendalikan roda-roda depan. *Pinion* yang dihubungkan dengan poros utama kemudi melalui poros intermediate, berkaitan dengan *rack*.



Gambar 2.6 Tipe Rack And Pinion

<https://pawirogroup.blogspot.com/2016/10/sistem-kemudi-tipejenismodel-rack-dan.html>

2.3.2. Sistem Kemudi Daya (*Power Steering*)

Power steering merupakan sebuah sistem yang berfungsi untuk meringankan memutar sistem kemudi kendaraan sehingga menghasilkan putaran kemudi yang ringan tanpa membutuhkan tenaga yang berarti untuk mengendalikan kemudi, terutama pada kecepatan rendah dan menyesuaikan nya pada kecepatan menengah serta tinggi. *Power steering* mempunyai dua tipe peralatan yaitu tipe hidraulis yang menggunakan tenaga mesin, dan yang lainnya menggunakan motor listrik atau biasa di sebut *Electric Power Steering* (EPS).

Pada *power steering* yang menggunakan tenaga mesin, tenaga mesin di pakai untuk menggerakkan pompa, sedangkan pada jenis yang menggunakan motor listrik, pompa digerakkan oleh motor listrik. Keduanya sama – sama bertujuan untuk membangkitkan tekanan hidraulis yang dipakai untuk menggerakkan torak pada *power cylinder* dan memberikan tambahan tenaga pada *pinion* dan *rack*.

2.4. Perhitungan Sudut Belok

Adapun rumus yang harus di pergunakan pada sistem kemudi

2.4.1. Sudut Manuver

$$\delta_0 = \text{Tan}^{-1} \frac{L}{(R + \frac{T}{2})} \quad (\text{Gillispie. Thomas. 1994}) \quad (2.1)$$

Dimana:

R = *Turning radius* (m)

T = *Track widtch* (m)

L = *Whell base* (m)

δ = *Steering angle* ($^{\circ}$)

2.4.2. Radius Putar

$$R = \frac{L}{\delta_f - T_f - T_r} \times 57,3 \quad (\text{Gillispie. Thomas. 1994}) \quad (2.2)$$

Dimana :

δ_f = Sudut belok rata-rata roda depan ($^{\circ}$)

R = Radius Putar (m)

Tf = lebar track roda depan (m)

Tr = lebar track roda belakang(m)

L = wheel base (m)

2.5. Gaya-Gaya Pada Sistem Kemudi

2.5.1. Gaya

Gaya adalah tarikan atau dorongan pada benda. Gaya merupakan besaran vektor yang mempunyai besaran dan arah. Gaya resultan pada suatu benda menyebabkan benda tersebut mendapatkan percepatan dalam arah gaya itu. Percepatan yang timbul berbanding lurus dengan gaya, tetapi berbanding terbalik dengan massa benda.

Massa benda adalah ukuran kelembaman, sedangkan kelembaman (inertia) adalah kecenderungan benda yang mula-mula diam untuk tetap diam, dan benda yang mula-mula bergerak, tetap melanjutkan gerakannya, tanpa mengalami perubahan vektor kecepatan. Berat adalah gaya, gaya gravitasi yang bekerja pada sebuah benda. Jika sebuah benda bermassa m dibiarkan jatuh bebas, percepatannya adalah percepatan gravitasi g dan gaya yang bekerja adalah gaya berat W . Baik W maupun g , keduanya adalah vektor yang mengarah ke pusat bumi, karena itu dapat dituliskan :

$$W = m \cdot g \quad (2.3)$$

Dengan W dan g adalah besar vektor berat dan vektor percepatan, sedangkan m adalah massa benda.

2.5.2. Gaya Lateral

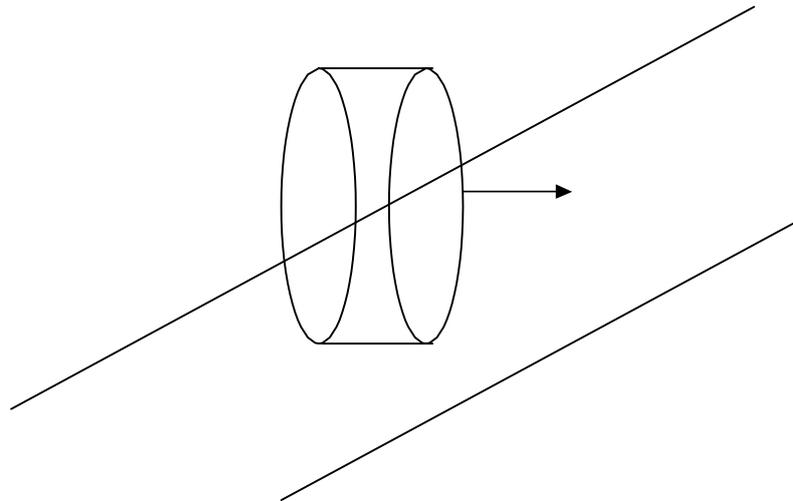
Gaya lateral merupakan gaya yang bekerja pada roda dengan arah tegak lurus lintasan ban, maka dirumuskan sebagai berikut :

$$Fl_1 = b/2L \times F_{cgy} \cos \mu - F_{cgx}/4 \sin \mu + 0,5 m_{uf} (a_{ty1} \cos \mu + a_{tx1} \sin \mu) \quad (2.4)$$

$$Fl_2 = b/2L \times F_{cgy} \cos \mu + F_{cgx}/4 \sin \mu + 0,5 m_{uf} (a_{ty1} \cos \mu + a_{tx1} \sin \mu)$$

$$Fl_3 = a/2L \times F_{cgy} \cos \mu + F_{cgx}/4 \sin \mu + 0,5 m_{ur} (a_{ty3} \cos \mu + a_{tx3} \sin \mu)$$

$$Fl_3 = a/2L \times F_{cgy} \cos \mu - F_{cgx}/4 \sin \mu + 0,5 m_{ur} (a_{ty3} \cos \mu + a_{tx3} \sin \mu)$$



Gambar 2.7 Gaya Lateral Pada Roda

Pada gambar di atas, tanda panah ke samping menunjukkan gaya lateral pada roda yang tegak lurus dengan gaya vertikal.

Dimana :

m_{uf} : massa tak tersangga suspensi bagian depan

m_{ur} : massa tak tersangga suspensi bagian belakang

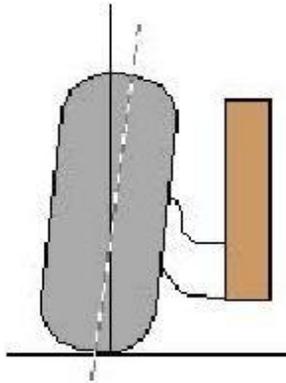
a : jarak antara titik pusat kendaraan dengan poros roda depan

b : jarak antara titik pusat kendaraan dengan poros roda belakang

L : jarak antara poros roda depan dan poros roda belakang

Dari persamaan-persamaan di atas terlihat bahwa timbulnya gaya lateral merupakan akibat transformasi gaya sentrifugal (F_{cg}) bodi kendaraan kepada masing-masing roda dan gaya lateral akibat massa tak tersangga suspensi, dengan asumsi sudut *chamber* diabaikan. Pada roda depan, perbedaan antara roda kiri dan kanan terletak pada gaya sentrifugal ke arah sumbu x (F_{cgx}), dimana roda kiri terjadi pengurangan sedangkan pada roda kanan terjadi penambahan. Demikian juga pada roda belakang, roda kanan mengalami penambahan sedangkan roda kiri mengalami pengurangan.

Sudut *chamber* adalah sudut antara sumbu vertikal roda dengan sumbu vertikal kendaraan seperti yang di tunjukan pada gambar berikut :



Gambar 2.8 Sudut *Chamber* Pada Roda

Terlihat pada gambar, sudut *chamber* bernilai negatif karena roda bagian atas mengarah ke dalam dan bagian bawahnya mengarah ke luar, maka sudut *chamber* bernilai positif. Biasanya sudut ini digunakan dalam pembuatan automobile yang dirancang pada alat kemudi dan sistem suspensi nya.

Massa tak tersangga suspensi (*unsprung mass*) adalah massa dari roda, penopang roda, ban, dan beberapa bagian lainnya yang terdapat pada roda.

Gaya sentrifugal adalah gaya yang arahnya keluar dan terjadi pada benda yang bergerak pada bidang lengkung atau benda yang melingkar beraturan.

Sementara itu, Gaya ini berfungsi mengimbangi gaya sentripetal, yang terjadi pada benda yang bergerak melingkar beraturan, agar benda tersebut tetap bergerak pada lintasannya. Besarnya gaya sentrifugal merupakan perkalian antara massa bodi kendaraan dengan percepatan sentrifugal yang dinyatakan oleh :

$$F_{cgy} = m \times a_{cy} \quad (2.5)$$

$$F_{cgx} = m \times a_{cx}$$

Dimana percepatan sentrifugal bodi kendaraan dengan asumsi kecepatan longitudinal konstan dan putaran kendaraan sejajar dengan titik berat didapatkan sebagai berikut :

$$a_{cx} = v^2 \sin \mu + hr \quad (2.6)$$

$$a_{cy} = v^2 \cos \mu - hr$$

Dimana :

hr : tinggi pusat guling roda belakang

μ : sudut patokan kendaraan

v : kecepatan kendaraan

Dari persamaan terlihat bahwa percepatan bodi kendaraan ke arah sumbu x merupakan proyeksi percepatan sentrifugal kendaraan ke arah kosinus sudut samping bodi kendaraan, serta dipengaruhi percepatan bagian belakang kendaraan ke arah sinusoidal sudut putar.

Percepatan roda ke arah sumbu x dan sumbu y dirumuskan dengan asumsi kecepatan longitudinal dan laju putar konstan maka didapatkan sebagai berikut :

$$a_{tx1,2} = v^2 \sin \mu - a \quad (2.7)$$

$$a_{tx3,4} = v^2 \sin \mu + b$$

$$a_{ty1,2} = v^2 \cos \mu - T_f/2$$

$$a_{ty3,4} = v^2 \cos \mu + T_r/2$$

Dimana :

T_f : lebar *track* roda depan

T_r : lebar *track* roda belakang

Dari persamaan terlihat percepatan roda ke arah sumbu x merupakan transformasi percepatan bodi kendaraan ke arah sinusoidal dan dipengaruhi percepatan linier bodi depan dan belakang. Sedangkan percepatan roda ke arah sumbu y juga transformasi percepatan bodi kendaraan ke arah kosinus dan dipengaruhi oleh percepatan linier dari lebar *track* masing-masing.

2.5.3. Gaya Vertikal

Gaya vertikal pada roda adalah gaya yang tegak lurus bidang jalan yang terdiri dari gaya statik dan gaya dinamik. Gaya statik merupakan distribusi beban kendaraan pada saat kendaraan diam. Sedangkan gaya dinamik merupakan perpindahan beban akibat kecenderungan kendaraan ke arah putar dan naik turun. Kedua gaya tersebut masing-masing diberikan oleh :

$$F_{v1} = b \times W_t/2L - R_{tf}/T_f + K_{tf} \quad (2.8)$$

$$F_{v2} = b \times W_t/2L + R_{tf}/T_f + K_{tf}$$

$$F_{v3} = a \times W_t/2L + R_{tr}/T_r + K_{tr}$$

$$F_{v4} = a \times W_t/2L - R_{tr}/T_r + K_{tr}$$

Wt adalah berat total kendaraan yang didapatkan dari :

$$Wt = m \times g \quad (2.9)$$

Dimana :

m: berat bodi kendaraan

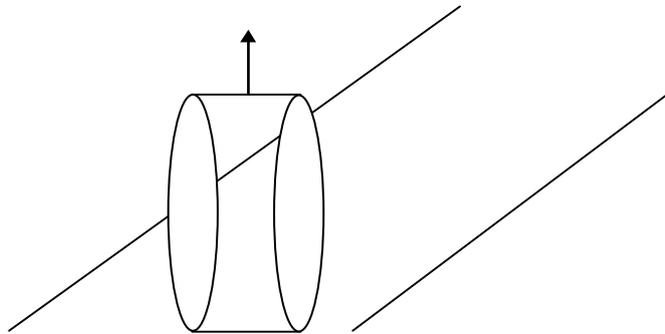
g : gaya gravitasi yang nilainya sudah ditetapkan yaitu $9,8 \text{ m/s}^2$

R_{tf} : koefisien kekakuan putar roda depan

R_{tr} : koefisien kekakuan putar roda belakang

K_{tf} : koefisien kekakuan vertikal roda depan

K_{tr} : koefisien kekakuan vertikal roda belakang



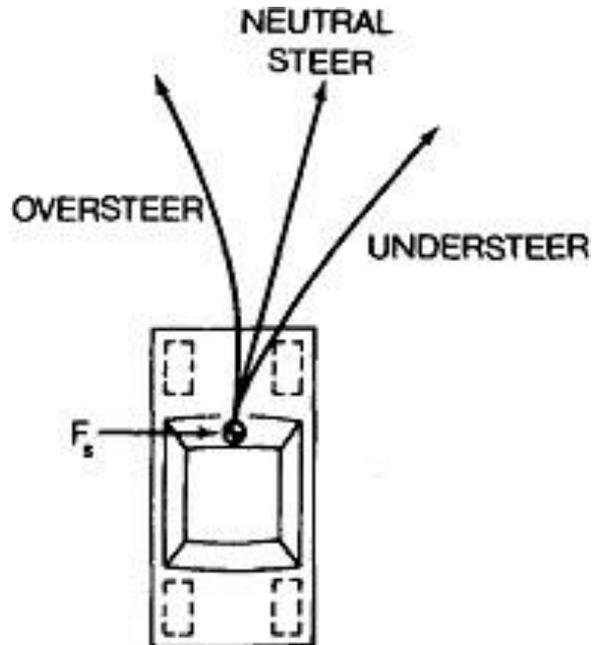
Gambar 2.9 Gaya Vertikal Pada Roda

Pada gambar di atas, maka tanda panah ke atas menunjukkan gaya vertikal pada roda yang tegak lurus dengan bidang jalan.

Pada persamaan dari gaya vertikal di atas terdiri dari komponen statik dan komponen dinamik. Komponen statik terletak pada suku pertama, sedangkan komponen dinamik terletak pada suku kedua dan ketiga. Komponen dinamik akibat kecenderungan guling adalah R_{tf}/T_f dan R_{tr}/T_r , dimana pada saat kendaraan berbelok, roda kiri (1 dan 4) mengalami pengurangan beban, sedangkan pada roda kanan (2 dan 3) mengalami penambahan beban. Sementara itu komponen dinamik akibat kecenderungan naik turun adalah K_{tf} dan K_{tr} , dimana pada roda depan mengalami penambahan beban dan pada roda belakang mengalami pengurangan beban.

2.6. Perilaku-Perilaku Belok pada Kendaraan

Pada saat kendaraan berbelok ada tiga jenis kondisi yang kerap terjadi pada belokan yaitu *understeer*, *neutralsteer*, dan *oversteer*. Sebagai gambaran awal perhatikan gambar berikut ini :

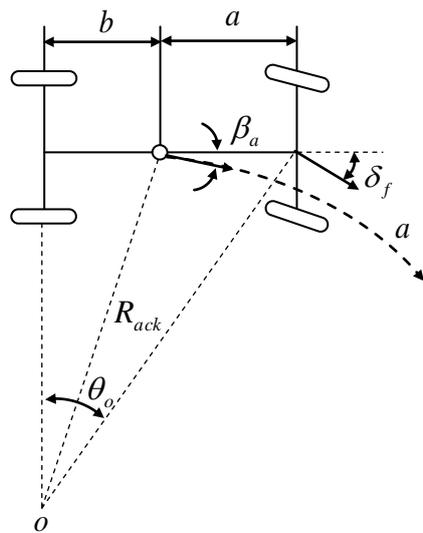


Gambar 2.10 Kondisi Kendaraan Pada Saat Berbelok

Dimana ketiga kondisi tersebut dipengaruhi oleh *koefisien understeer* (K_u) dan dinyatakan dalam radian. (Sumber: *I Nyoman, dkk , 2010.*)

2.6.1. Perilaku *Ackerman*

Perilaku belok *ackerman* disebut juga perilaku belok ideal dimana sudut slip pada ban dianggap tidak ada, walaupun pada kenyataannya hal itu tidak mungkin, karena untuk tidak membentuk sudut slip maka radius belok harus besar atau berputar pada kecepatan yang sangat rendah. Perilaku *ackerman* ini menunjukkan bahwa arah belok kendaraan hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan yang diberikan oleh pengemudi. Pada kondisi belok ini kendaraan sangat mudah dikendalikan oleh pengemudi atau stabilitas kendaraan tidak terganggu.

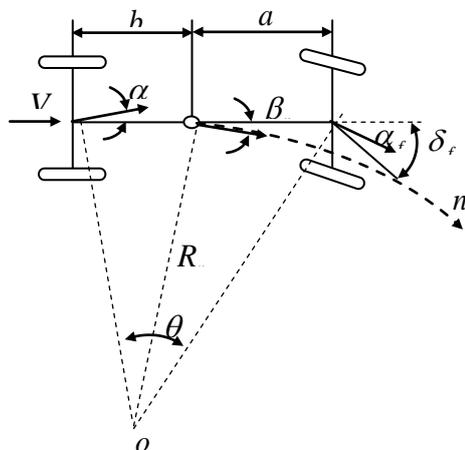


- O_a = Pusat belok ackerman
- a = Lintasan ackerman
- β_a = Sudut side slip ackerman
- δ_f = Sudut belok roda depan
- R_{ack} = Radius belok ackerman

Gambar 2.11 Perilaku Belok Ackerman
(Sumber : Ir. Nyoman Sutantra : Teknologi otomotif)

2.6.2. Perilaku Netral

Pada kenyataan setiap kendaraan selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untuk menimbulkan sudut slip pada setiap roda. Jika besar rata-rata sudut slip roda depan sama dengan rata-rata sudut slip roda belakang maka kondisi ini dinamakan kondisi belok netral. Pada kondisi ini, dan besar radius kendaraan (R_n) hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan. Namun lintasan kendaraan dipengaruhi oleh sudut belok roda depan dengan sudut slip roda depan serta belakang. Perilaku belok netral dari suatu kendaraan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



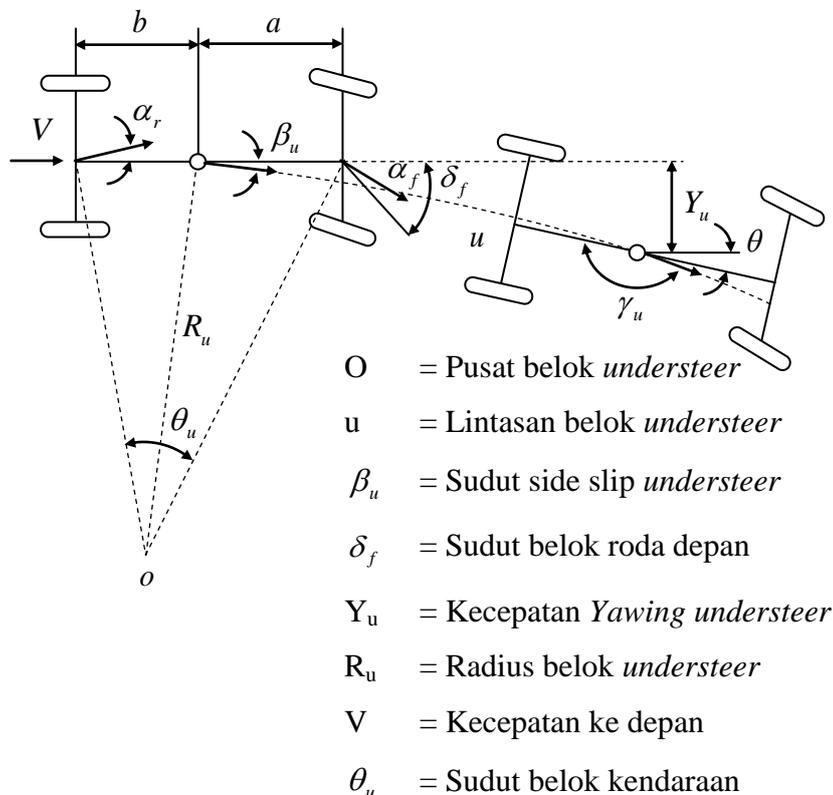
- O = Pusat belok netral
- n = Lintasan belok netral
- β_n = Sudut side slip netral
- δ_f = Sudut belok roda depan
- R_n = Radius belok netral

Gambar 2.12 Perilaku Belok Normal
(Sumber : Ir. Nyoman Sutantra : Teknologi otomotif)

2.6.3. Perilaku Understeer

Perilaku *understeer* adalah seperti perilaku belok netral yaitu memperhitungkan arah dari sudut slip rata – rata roda belakang dan roda depan. Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang lebih kecil dari sudut slip roda depan.

Titik pusat belok dan lintasan belok kendaraan *understeer* berbeda dengan kendaraan dengan perilaku netral kendaraan *understeer* adalah kendaraan yang sulit untuk berbelok sehingga umumnya ia memerlukan sudut belok yang lebih besar untuk belokan tertentu. Kendaraan dengan perilaku belok yang *understeer* mempunyai radius belok yang lebih besar dibandingkan radius belok kendaraan dengan perilaku netral. Dapat dikatakan bahwa kendaraan dengan perilaku *understeer* mempunyai sudut slip roda depan lebih besar dari sudut slip roda belakang. Untuk mengendalikan kendaraan yang mempunyai perilaku *understeer* tidaklah begitu sulit karena pada dasarnya kendaraan ini berbelok sedikit untuk sudut *steer* tertentu.



Gambar 2.13 Perilaku Belok *Understeer*

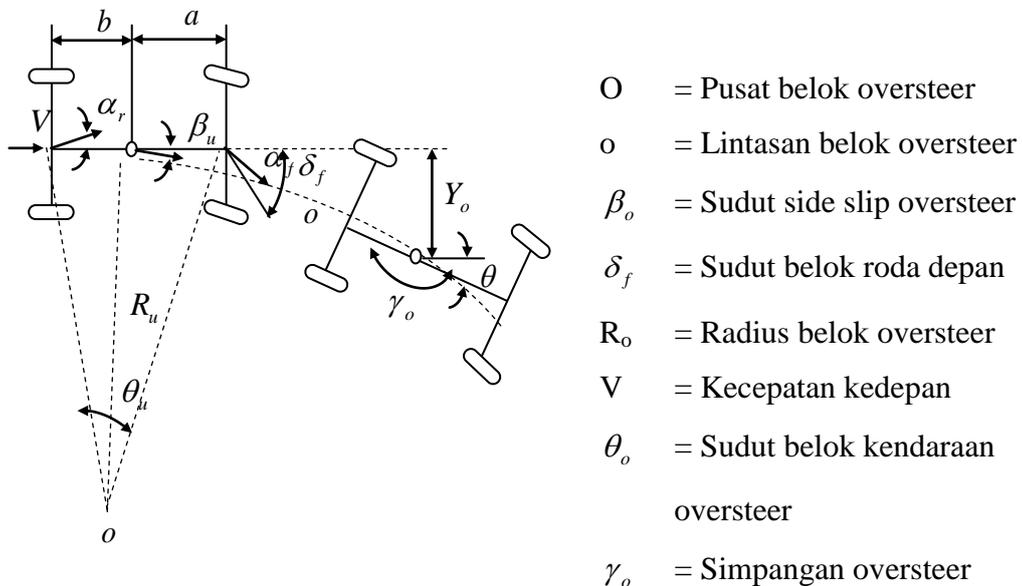
(Sumber : Ir. Nyoman Sutantra : Teknologi otomotif)

2.6.4. Perilaku *Oversteer*

Sama dengan perilaku *understeer*, perilaku *Oversteer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan roda belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan pada kendaraan yang mempunyai perilaku *oversteer* pengaruh sudut slip mengakibatkan kendaraan sangat *responsive* pada waktu belok, atau ia dapat berbelok lebih besar dari yang diharapkan.

Pada kendaran *oversteer* sudut slip roda belakang (α_r) lebih besar dari sudut slip roda depan (α_f). Sedangkan radius putar kendaraan *oversteer* lebih kecil dibandingkan dengan sudut belok kendaraan normal dan radius belok kendaran *understeer*.

Untuk kendaraan yang memiliki pengaruh sedikit *oversteer* masih dapat dikendalikan oleh pengemudi terampil atau pembalap tetapi kendaraan yang terlalu *oversteer* sangat susah untuk dikendalikan dan sering disebut *lost of control* dimana pengemudi akan sulit untuk mengendalikan kendaraan, atau biasa disebut dengan perilaku yang membingungkan, hal ini umumnya diakibatkan oleh karena sudut slip roda belakang (α_r) jauh lebih besar dibandingkan sudut slip roda depan (α_f).

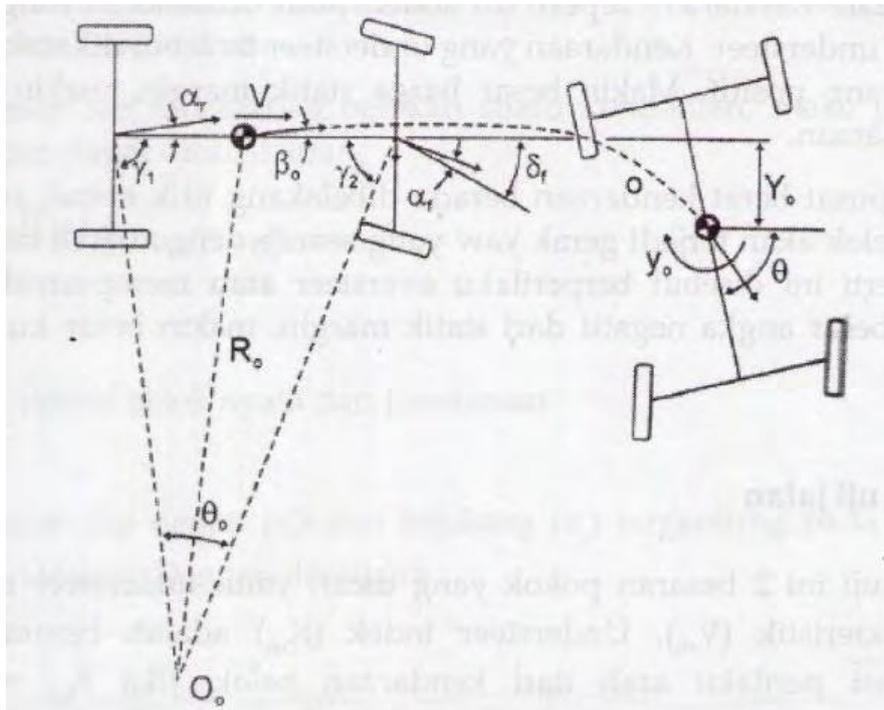


Gambar 2.14 Geometri Belok Oversteer

(Sumber: I Nyoman, dkk , 2010)

Untuk kendaraan yang mempunyai perilaku sedikit *oversteer* masih dapat

dikendalikan oleh pengemudi trampil atau pembalap. Namun untuk kendaraan yang terlampaui *oversteer* dia sangat susah dikendalikan “*Lost Of Control*” dimana pengemudi tidak mampu lagi mengendalikan kendaraan. Kondisi kendaraan seperti itu sangat sering menyebabkan kecelakaan. Kendaraan yang mempunyai perilaku terlampaui *oversteer* juga disebut kendaraan yang mempunyai perilaku yang membingungkan. Kendaraan berbelok dengan perilaku yang membingungkan ditunjukkan pada gambar



Gambar 2.15 Geometri Kendaraan Dengan Perilaku Membingungkan

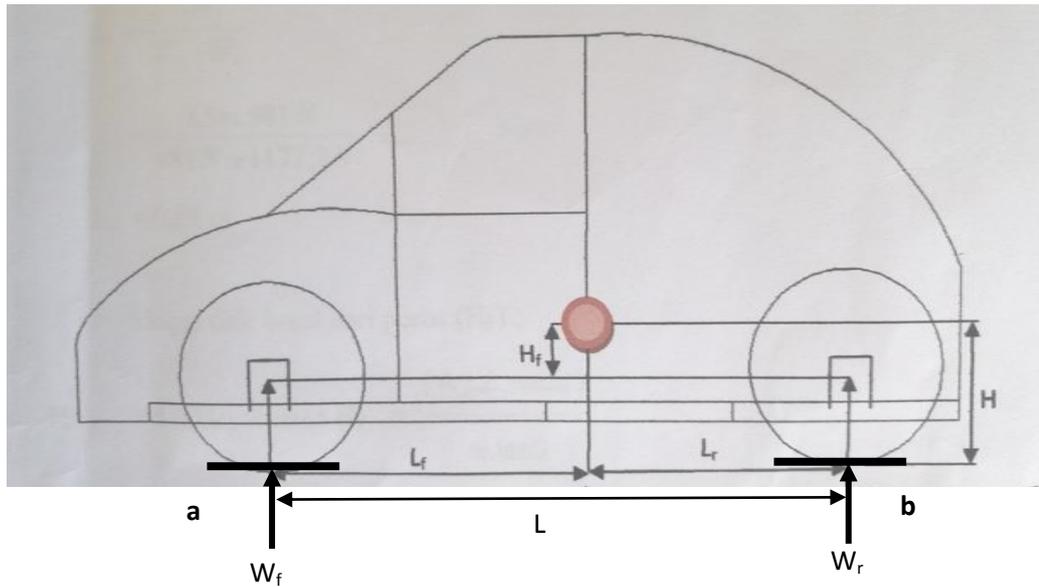
(Sumber: I Nyoman, dkk , 2010.)

Kondisi ini terjadi umumnya diakibatkan karena sudut slip roda belakang α_r , jauh lebih besar dibandingkan sudut slip roda depan α_f .(Sumber: I Nyoman, dkk , 2010)

2.7. Perhitungan Untuk Titik Berat Gokart

Sebelum menganalisa daya, gaya dan torsi kendaraan lebih lanjut, maka perlu ditentukan terlebih dahulu dimana titik berat dari kendaraan. Untuk menentukan titik berat kendaraan dapat menggunakan sebuah sistem eksperimen yaitu ditimbang dengan asumsi bahwa beban terdistribusi merata. Secara

bergantian roda depan dan roda belakang ditimbang seperti gambar berikut :



Gambar 2.16 Titik Berat Gokart

Dari penimbangan tersebut didapat :

1. W_f = berat kendaraan roda depan / gaya reaksi roda depan
2. W_r = berat kendaraan roda belakang / gaya reaksi belakang

Dimana $L = a + b$; adalah jarak antara kedua sumbu roda depan dan belakang, dan $W_t = W_f + W_r$; merupakan berat total.

Dengan menggunakan rumus $\Sigma M = 0$, didapat :

$$(i) L \cdot W_r = L_r \cdot W_{tot} \quad L_r = L \cdot W_f / W_{tot} \quad (2.10)$$

$$(ii) L \cdot W_f = L_f \cdot W_{tot} \quad L_f = L \cdot W_r / W_{tot}$$

Untuk menentukan tinggi titik berat kendaraan maka dapat dihitung dengan persamaan Berikut:

Dalam keadaan statis, dengan rumus $\Sigma M_A = 0$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W \cdot \tan \theta \cdot H_f = W_r \cdot L - W \cdot a$$

$$H_f = \frac{W_f \cdot L - W_{tot} \cdot L_r}{m \cdot \tan \theta}$$

Tinggi titik berat dari permukaan jalan :

$$H = h_f + r \quad (2.11)$$

Dimana :

$$r = \text{jari} - \text{jari roda}$$

2.8. Perancangan *Steering Knuckle* Menggunakan *DFMA* (*Design For Manufacture And Assembly*)

Dalam perancangan sebuah gokart, harus selalu dapat mempertahankan kualitas, meningkatkan efisiensi serta melakukan perbaikan terhadap proses perancangan sehingga diperoleh produk yang handal dan aman dengan harga yang ekonomis.

Sistem manufaktur salah satu penunjang kemajuan dalam perancangan gokart. mahasiswa dituntut menciptakan lebih banyak produk dalam waktu yang singkat dan juga dengan biaya yang rendah. Desain untuk manufaktur (*DFM*) dan desain untuk perakitan (*DFA*) adalah integrasi antara desain produk dan proses perencanaan ke dalam salah satu kegiatan umum yang Tujuannya adalah untuk merancang produk yang mudah dan ekonomis diproduksi. Pentingnya merancang untuk manufaktur Untuk meningkatkan kualitas akan tetapi mengurangi *cost* produksi banyak cara yang dapat digunakan, cara yang sering dipakai yaitu penerapan *Design for manufacture and assembly (DFMA)*. Karena 75-80% *cost* produk manufaktur ditentukan oleh tahap desain, sehingga keputusan desain dapat secara dramatis mengurangi biaya manufaktur dan *assembly*.

DFMA sendiri yaitu dasar studi rekayasa untuk memberikan bimbingan kepada tim desain dalam menyederhanakan struktur produk yang berfungsi mengurangi biaya manufaktur dan perakitan, dan untuk mengukur perbaikan yang akan dilakukan. selain itu *DFMA* berfungsi sebagai alat perbandingan untuk mempelajari produk pesaing dan mengukur kesulitan manufaktur dan perakitan pada suatu produk. Banyak yang berfikir bahwa *DFMA* baru mulai diterapkan ketika akan melakukan modifikasi produk, atau ketika akan melakukan desain untuk tiap elemen. akan tetapi sebenarnya penerapan

DFMA harus dilakukan sejak menentukan mekanisme pembuatan produk. Contohnya ketika memutuskan menerapkan konsep *DFMA* maka suatu produk harus menentukan material yang sangat tepat untuk digunakan, karena nantinya akan berpengaruh pada proses *machining* dan proses *assembly* (*handling, insert, fastening*) pada material tersebut yang berujung pada *cost* produk tersebut.

Konsep dasar *DFMA* atau *design for manufacture and assembly* adalah memecahkan masalah manufaktur dan perakitan komponen pada fase awal perancangan, sehingga kemungkinan beberapa aspek yang berdampak pada hasil akhir keluaran produk dapat diantisipasi sedini mungkin. Dengan begitu waktu dapat dihemat dan biaya produksi dapat ditekan. Machine Design Magazine [1997] menyatakan bahwa :

“DFMA is a set of guidelines developed so that it can be easily and efficiently manufactured and assembled with a minimum of effort, time, and cost”

Dalam perancangan *steering knuckle* menggunakan pendekatan *DFMA* (*Design For Manufacture And Assembly*) untuk merancang produk yang berkualitas maksimum dan berbiaya minimum. *DFMA* adalah metode yang menekankan pada perkembangan desain ke arah bentuk yang paling sederhana tanpa meninggalkan keinginan pasar. Bentuk desain yang paling sederhana berarti waktu pengerjaan yang paling singkat sehingga biaya bisa minimum. Proses *DFMA* dapat dilakukan secara manual atau menggunakan komputer.

Adapun kelebihan menggunakan pendekatan *DFMA* adalah:

1. Meningkatkan mutu produk
2. Mengurangi biaya produk
3. Mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pengembangan produk
4. Kemudahan dalam proses perakitan komponen
5. Meminimalkan komponen yang digunakan
6. Mempermudah dan memperpendek proses perakitan
7. Meminimalkan kesalahan dalam perakitan yang berakibat memperpanjang proses pembuatan produk

2.8.1. Metode Scoring

Metode scoring adalah tahapan dalam pemilihan konsep-konsep dari apa yang diasumsikan oleh perancang, dalam hal ini penulis menggunakan metode scoring. Konsep penilaian adalah teknik yang sangat mirip dengan konsep penyaringan dan digunakan ketika permintaan meningkat dan menyeleksi dari konsep-konsep yang lain. Metode scoring bertujuan untuk mengetahui kelayakan rencana yang akan dirancang sudah tepat atau belum dalam memilih beberapa bentuk/komponen *design* sebelum dirancang.

Langkah - langkah dalam membuat Metode scoring.

1. Pilih kriteria dari perbandingan
2. Pilih yang mana konsep yang akan dievaluasi
3. Memutuskan apakah hanya satu konsep akan digunakan sebagai sebuah datum/titik pusat atau, jika konsepnya berbeda akan digunakan sebagai kriteria yang berbeda.
4. Laju dari konsep
5. Ranging dari konsep
6. Kombinasi dan tingkatan konsep
7. Pilih satu atau konsep lain.

Jadi umumnya langkah dari untuk identifikasi konsep penyaringan hanya satu, hanya pilihan yang berbeda yang akan dibahas selanjutnya. Meskipun satu referensi konsep dapat digunakan untuk membandingkan ranking dari semua kriteria sebagai konsep penyaringan, ini tidak selalu sesuai. kecuali dengan murni kebetulan referensi konsep jika kinerja rata-rata relatif untuk semua kriteria, penggunaan konsep referensi yang sama untuk evaluasi masing-masing kriteria dapat menyebabkan apa yang dikenal sebagai "efek kompresi skala".

Mempertimbangkan, misalnya, bahwa konsep referensi untuk digunakan sebagai data lebih baik daripada sisanya dalam satu kriteria. Jika ini masalah, semua konsep seharusnya sama di evaluasi seperti "varian buruk dari pada" efektif mengkompresi penerapannya. Efek ini berlaku sendiri dari skala yang digunakan, berikut tabel contoh konsep *scoring matrix*.

Tabel 2.1 Konsep *scoring matrix*

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1		
				H	M	BM
1.	Aman Lingkungan					
2.	Aman Operasi					
3.	Komponen Standar					
4.	Komponen yang di Buat					
5.	Perakitan					
6.	Menahan Getaran					
7.	Menahan Beban					
Jumlah				Jumlah		

Keterangan:

M = Poin

B = Bobot

H = Arti atau Hasil

BM = Perkalian Bobot Dengan Poin

2.8.2. **Morfological Chart**

Morphological Chart adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dirancang. *Morphological Chart* berisi elemen-elemen, komponen-komponen atau sub-sub solusi yang lengkap yang dapat dikombinasikan, untuk membuat suatu perancangan tetapi harus membuat proposal terlebih dahulu sebelum membuat perancangan.

Tujuan *morfological chart* untuk memperluas penelitian terhadap solusi baru yang memungkinkan penggambaran secara ringkas dari kesimpulan analisa ini.

Langkah - langkah dalam membuat *Morfological Chart*:

1. Membuat daftar yang penting bagi sebuah produk, yang meliputi seluruh fungsi pada tingkat generalisasi yang tetap.
2. Daftar setiap fungsi berguna untuk mencapai fungsi. Yang meliputi

gagasan baru bagaimana komponen-komponen yang ada dari bagian solusi.

3. Menggambar dan membuat sebuah *chart* untuk mencantumkan sesuai kemungkinan-kemungkinan hubungan solusi.
4. Identifikasi kelayakan gabungan/kombinasi sub-sub solusi.

Dengan pengkombinasian secara potensial ini maka masing-masing fungsi harus mempunyai alasan yang tepat dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 2.2 Kombinasi Prinsip Solusi Sub Fungsi

No	Solusi (S) Sub fungsi (SF)	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
1	Sub Fungsi 1	SF1S1	SF1S2	SF1S3
2	Sub Fungsi 2	SF2S1	SF2S2	SF2S3
3	Sub Fungsi 3	SF3S1	SF3S2	SF3S3
4	Sub Fungsi 4	SF4S1	SF4S2	SF4S4
5	Sub Fungsi 5	SF5S1	SF5S2	SF5S5

1. Dari hasil kombinasi prinsip yang terdapat pada tabel di atas dihasilkan varian-varian sebagai berikut: Varian dan solusi = sama

Varian 1-3: Sub fungsi 1-5 ; solusi 1-3

1. $V_1 = 1.1 ; 2.1 ; 3.3 ; 4.3 ; 5.3$
2. $V_2 = 1.3 ; 2.3 ; 3.2 ; 4.2 ; 5.2$
3. $V_3 = 1.2 ; 2.2 ; 3.1 ; 4.1 ; 5.1$

2. Menentukan nilai keseluruhan varian konsep (*Determining Overall Weighing Value/OWV*). Nilai keseluruhan untuk varian konsep dapat dihitung dengan rumus :

$$WRJ = \frac{OWJ}{V_{max} W_i} \quad (2.12)$$

Dimana :

W_1 = bobot kriteria evaluasi ke j

V_{max} = nilai kriteria evaluasi ke j

2.8.3. Perhitungan Gaya atau Beban Statiska pada Sistem Kemudi

1. Menghitung berat menggunakan besi strip dan besi plat baja

$$\text{Berat Besi} = W \times H \times L \times BJ \quad (2.13)$$

Dimana:

L = Panjang

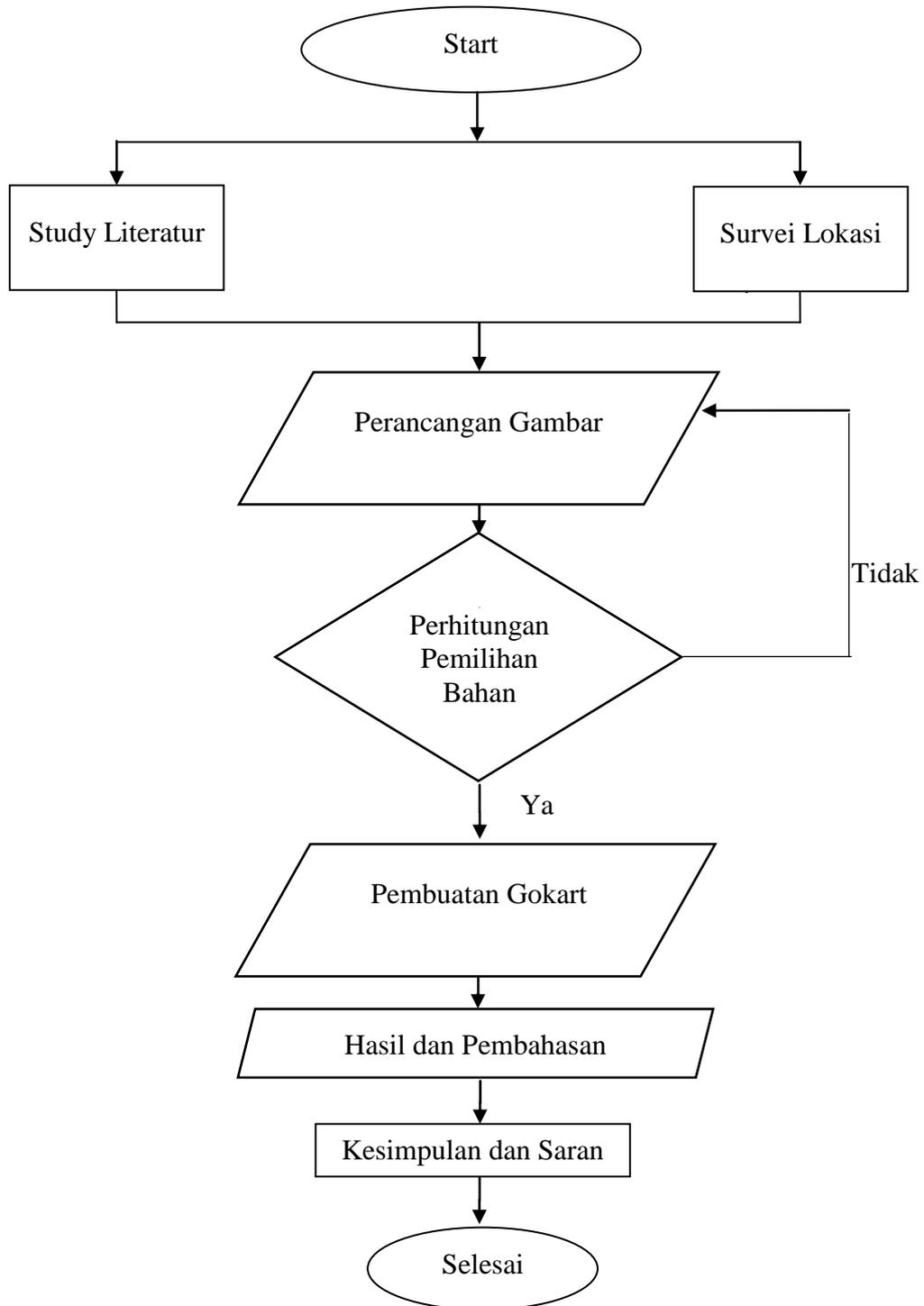
W = Lebar

H = Tinggi

B = Berat jenis besi 7850 (Kg/M3) = 7.85 Kg/ 1.000.000 mm³

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

Keterangan :

Perencanaan alat uji ini akan dilakukan sesuai dengan langkah – langkah sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan melakukan studi data terhadap buku literatur tentang daya penggerak dan sistem transmisi. Selain itu juga dilakukan pencarian di internet tentang jurnal-jurnal yang menyangkut dengan gokart

b. Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan bertujuan untuk melihat langsung gokart yang sudah pernah di buat sebelumnya sehingga memberikan penulis gambaran rancangan gokart yang akan di buat.

c. Perencanaan Gambar Dan Pemilihan Bahan

Setelah memahami dan membaca literatur tentang sistem kemudi barulah dilakukan perancangan gambar dan menentukan dimensi, serta pemilihan bahan yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan gokart.

d. Pembuatan dan Perhitungan

Pembuatan adalah perakitan dan membuat komponen – komponen yang telah direncanakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan yaitu menentukan barulah dilakukan perhitungan hasil berdasarkan variabel-variabel perencanaan.

e. Kesimpulan

Kesimpulan adalah hasil dari perancangan dan pembuatan sistem kemudi gokart.

3.2.Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dalam waktu 10 bulan dimulai dari bulan september 2018 sampai bulan juni 2019, dan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian

3.3.Alat dan Bahan

Untuk melakukan penelitian ini digunakan seperangkat komputer yang mendukung software Office dan Inventor.

Alat-alat yang digunakan dalam proses perancangan gokart antara lain sebagai berikut:

1. Buku – buku tentang Sistem kemudi, dan Jurnal-jurnal
2. Survey data dilapangan
3. Observasi
4. Data-data dari Internet
5. Skripsi senior

Alat-alat yang digunakan dalam proses perancangan gokart antara lain sebagai berikut:

1. Mesin pemotong
 - Mesin potong logam
 - Gerinda tangan
2. Alat ukur
 - Penggaris
 - Penggaris siku
 - Meteran
 - Jangka sorong
 - Busur bilah
3. Perlengkapan las
 - Mesin las listrik
 - Elektroda
 - Palu pembersih kerak
 - Alat keamanan las
4. Alat kerja bengkel
 - Kunci pas 1 set
 - Obeng 1 set (screw driver)
 - Palu
 - Kikir
 - Bor tangan
 - Penggores dan penitik

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses perancangan sistem kemudi gokart antara lain sebagai berikut:

- Setir kemudi
- *Tie rod*
- Poros
- *Universal join*
- Baut dan mur
- Bantalan
- *Steering gear tipe rack and pinion*
- Besi strip

3.4.Langkah perancangan

3.4.1. Perancangan Sistem kemudi

Sebelum masuk ke tahap pembuatan adapun komponen komponen sistem kemudi yang di pilih pada gokart ini adalah sebagai berikut :

1. *Steering Gear*

Steering gear yang dipilih pada perancangan ini adalah *tipe rack and pinion*, karena Dilihat dari konstruksi kemudi jenis ini lebih ringan dan sederhana, pemindahan momen relatif lebih baik (tidak banyak sambungan-sambungan), sehingga lebih ringan. Kemudi tipe ini menggunakan persinggungan secara langsung antara gigi *pinion* dan *rack* sehingga lebih aman untuk digunakan. Alasan lain pemilihan jenis ini adalah banyak di pakai di pasaran.



Gambar 3.2 *Steering Gear*

2. *Steering Wheel*

Tenaga putar dari tangan pengemudi akan disalurkan pertama kali ke roda kemudi. Roda kemudi dapat dijangkau dan dipegang dengan mudah oleh pengemudi. Diameter roda kemudi mempengaruhi tenaga yang akan dikeluarkan oleh pengemudi. Diameter roda yang di gunakan sebesar 25 cm, Jika semakin besar diameter roda kemudi maka momennya akan semakin besar, tenaga yang dikeluarkan pengemudi pun akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Dalam pemilihan roda kemudi ini penulis memilih roda kemudi jenis momo.



Gambar 3.3 Roda Kemudi

3. *Tie Rod End*

Tie Rod End adalah ball joint yang dipasang pada *knuckle* roda dan terhubung dengan *long tie rod* pada *steering* sistem. Jenis *tie rod end* yang dipilih adalah seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 *Tie Rod End*

4. Long Tie Rod

Long tie rod adalah ball joint yang dipasang pada komponen steering rack dan terhubung dengan tie rod end

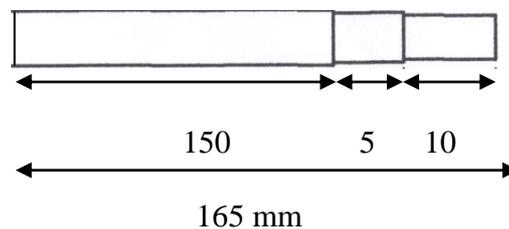


Gambar 3.5 long Tie Rod

5. Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda keran pemutar gerobak. Adapun bahan poros yang digunakan adalah baja *Stainles Steel* 40 dengan tegangan geser yang diizinkan sebesar 40 N/mm^2 .



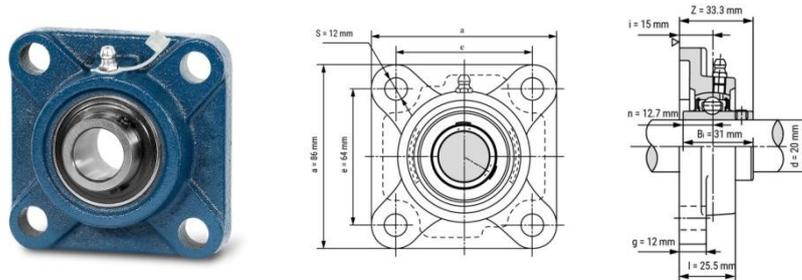
Gambar 3.6 Poros

Spesifikasi poros:

1. Panjang poros : 165 mm
2. Diameter luar poros : 20 mm
3. Diameter bearing : 18 mm

6. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak-balik dapat bekerja dengan aman, halus dan panjang umur. Bantalan harus kokoh untuk memungkinkan poros atau elemen mesin lainnya dapat bekerja dengan baik.



Gambar 3.7 Bantalan

Adapun bantalan yang digunakan pada gokart ini adalah *type UCF 204* dengan spesifikasi lengkapnya pada Tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Spesifikasi Nomor Bantalan

Unit Number	Housing Number	Bearing Number	Shaft Size	L Dimension	J Dimension	Bolt Size	Basic Load Ratings	
							Cr	Cor
UCF201	F204	UC201	12 mm	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF201-8	F204	UC201-8	1/2 in	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF202	F204	UC202	15 mm	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF202-10	F204	UC202-10	5/8 in	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF203	F204	UC203	17 mm	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF204-12	F204	UC204-12	3/4 in	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF204	F204	UC204	20 mm	86 mm 3-3/8 in	64 mm 2-33/64 in	10 mm 3/8 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCF205-14	F205	UC205-14	7/8 in	95 mm 3-3/4 in	70 mm 2-3/4 in	10 mm 3/8 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCF205-15	F205	UC205-15	15/16 in	95 mm 3-3/4 in	70 mm 2-3/4 in	10 mm 3/8 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCF205	F205	UC205	25 mm	95 mm 3-3/4 in	70 mm 2-3/4 in	10 mm 3/8 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCF205-16	F205	UC205-16	1 in	95 mm 3-3/4 in	70 mm 2-3/4 in	10 mm 3/8 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCFX05	FX05	UCX05	25 mm	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFX05-16	FX05	UCX05-16	1 in	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCF305	F305	UC305	25 mm	110 mm 4-11/32 in	80 mm 3-5/32 in	14 mm 1/2 in	21.2 kN 4765 lb	10.9 kN 2450 lb
UCF305-16	F305	UC305-16	1 in	110 mm 4-11/32 in	80 mm 3-5/32 in	14 mm 1/2 in	21.2 kN 4765 lb	10.9 kN 2450 lb
UCF206-18	F206	UC206-18	1-1/8 in	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCF206	F206	UC206	30 mm	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCF206	F206	UC206	30 mm	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCF206-19	F206	UC206-19	1-3/16 in	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCF206-20	F206	UC206-20	1-1/4 in	108 mm 4-1/4 in	83 mm 3-17/64 in	10 mm 3/8 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFX06	FX06	UCX06	30 mm	117 mm 4-19/32 in	92 mm 3-5/8 in	14 mm 1/2 in	25.7 kN 5777 lb	15.4 kN 3462 lb

<https://tekniktepatguna.files.wordpress.com/2015/06/60813-slide10.png>

7. Mur dan Baut

Mur dan baut merupakan alat pengikat yang sangat penting dalam suatu rangkaian mesin. Pemilihan mur dan baut sebagai pengikat harus dilakukan dengan teliti untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan beban yang diterimanya sebagai usaha untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan pada sistem kemudi. Mur dan baut pada sistem kemudi ini digunakan untuk mengikat beberapa komponen, antara lain :

1. Pengikat pada bantalan
2. Pengikat pada dudukan *steering rack*
3. Pengikat pada *steering knuckle*

3.5.Langkah Pembuatan

Dalam proses pembuatan Rancang bangun sistem kemudi gokart meliputi berbagai komponen. Komponen– komponen tersebut terdiri dari atas komponen yang siap pakai dan harus dibuat sendiri.

Berikut ini komponen – komponen siap pakai :

Tabel 3.2 Komponen siap pakai

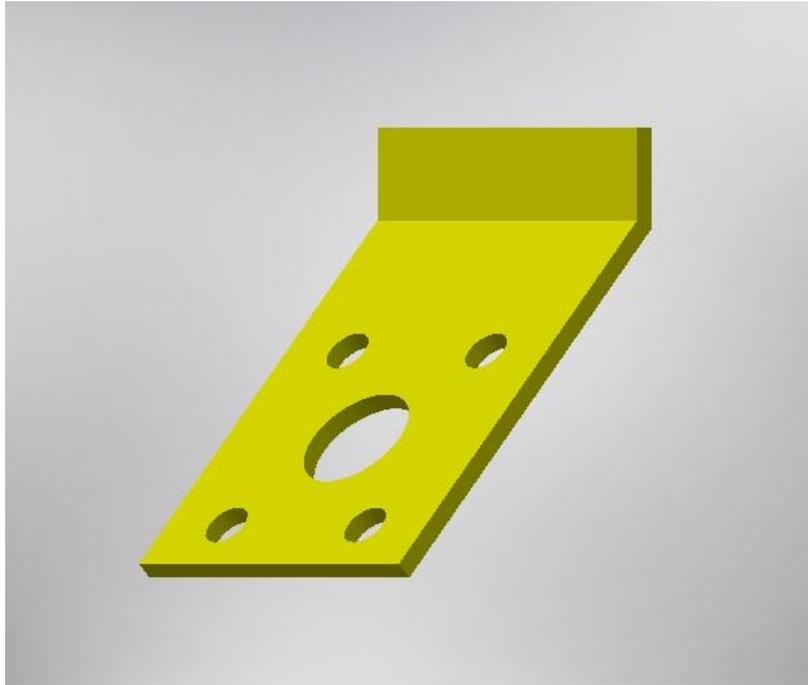
No	Jumlah	Nama Komponen	Keterangan
1	1buah	<i>Steering whell</i>	<i>Merk Momo</i> ukuran 25 cm
2	1 unit	<i>Steering rack and pinion</i>	Kijang super
3	1 set	<i>Tie rod end</i> dan <i>long tie rod</i>	Kijang super
4	2 buah	<i>Universal joint</i>	Kijang super
5	2 buah	Baut	Ukuran 14
6	1 unit	Bantalan (<i>pillow block</i>)	UCF 204 <i>shaft</i> diameter 20 (mm)
7	2 buah	Tromol	Tromol Jupiter
8	2 set	Jari-Jari	9/10x184
9	2 buah	<i>Velg</i>	17 inci
10	1 set	Ban	Ukuran 80/90-17
11	2 buah	Ban dalam	Ukuran 80/90-17

Adapun komponen – komponen yang harus dibuat sendiri antara lain :

Tabel 3.3 Komponen yang di Buat

No	Jumlah	Nama bagian	Bahan	Proses Pembuatan	Peralatan yang digunakan
1	1	Poros kemudi	St 40	Pengukuran, pemotongan, pembubutan, dan pengeboran.	Jangka sorong, gerinda duduk, mesin bubut, mesin bor.
2	2	<i>Steering knuckle</i>	St 37	Pengukuran, pemotongan, pengelasan.	Meteran, Las karbit, trafo las, gerinda palu, Ragum
3	8	Dudukan <i>steering gear</i>	Plat (5mm) St 37	Pengukuran, pemotongan, pengeboran	Meteran, Mesin gerinda, mesin Bor, mesin las.
4	1	Dudukan <i>steering knuckle</i>	Plat (8mm) St 37	Pengukuran, pemotongan, pengelasan.	Mistar ukur, jangka sorong, mesin las, mesin bor.
5	2	Dudukan bantalan poros kemudi	Plat (5mm) St 37	Pengukuran, Pemotongan, pengeboran, pengelasan	, Mesin bor, gerinda, meteran, mesin las

3.5.1. Pengerjaan Dudukan Bantalan Poros Kemudi



Gambar 3.8 Dudukan Bantalan Poros kemudi

Bagian dari : Rangka gokart

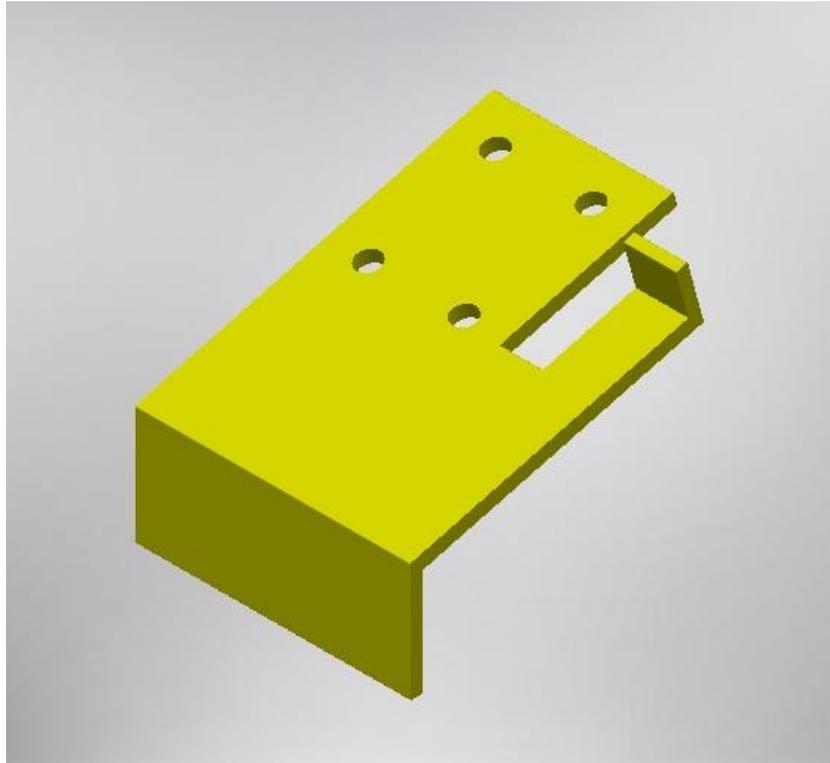
Bahan : Plat St.37 ukuran 200x200x5 mm

Peralatan : Mesin gerinda, mesin bor, Mesin las listrik

Proses pengerjaan_:

1. Mempelajari gambar dan memeriksa ukuran bahan
2. Mempersiapkan peralatan dan perlengkapannya
3. Mencekam benda kerja
4. Memotong plat dengan panjang 150 dan lebar 100 mm
5. Melepas benda kerja dan menghilangkan bagian yang tajam
6. Mempersiapkan mesin bor duduk.
7. Mencekam benda kerja
8. Mengebor empat buah lubang dengan \varnothing 12 mm sampai tembus dan satu lubang besar yang terletak di tengah dengan \varnothing 21mm.
9. Melepaskan benda kerja dan menghilangkan bagian yang tajam
10. Mempersiapkan mesin las listrik.
11. Mengelaskan benda kerja ke rangka gokart sesuai desain yang telah di buat
12. Melepas benda kerja dan memeriksa hasil akhir.

3.5.2. Pengerjaan Dudukan *Steering Gear*



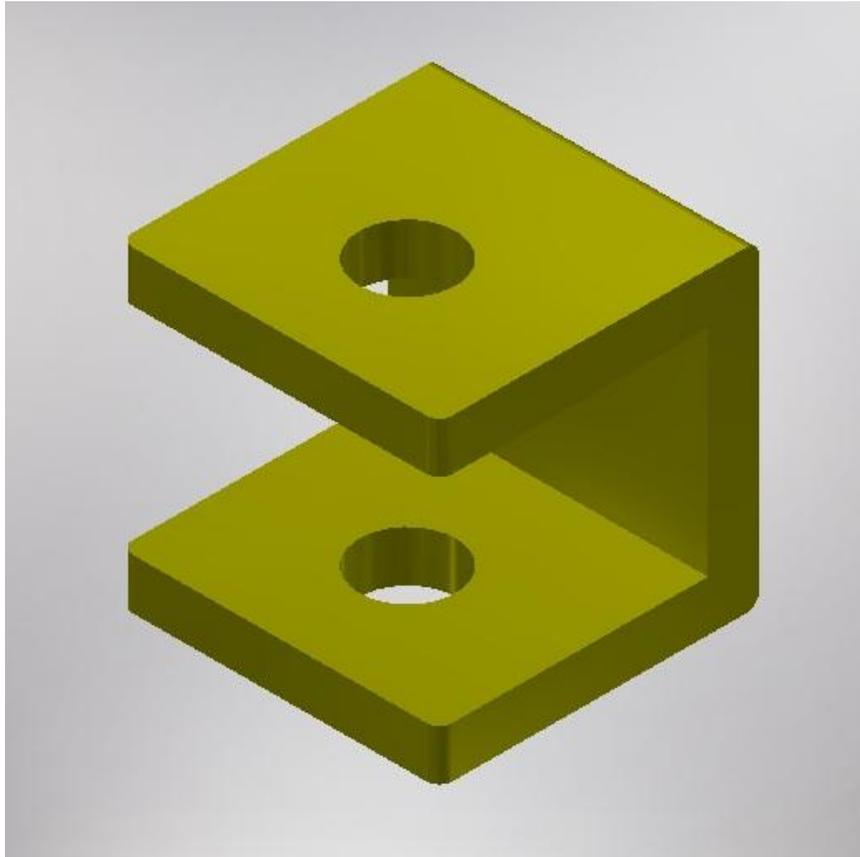
Gambar 3.9 Dudukan *Steering Gear*

Bagian dari : Rangka gokart
Bahan : Plat St.37 ukuran 300 x 300 x 5 mm
Peralatan : Mesin potong, gerinda tangan, mesin bor duduk, mesin las.

Proses Pengerjaan :

1. Mempelajari gambar dan memeriksa ukuran bahan
2. Mempersiapkan mesin potong dan perlengkapannya
3. Memotong plat dengan ukuran 150 x 130 x 5 mm dengan las elpiji
4. Menghaluskan permukaan hasil pemotongan
5. Mempersiapkan mesin bor duduk
6. Mencekam benda kerja
7. Mengebor dengan \varnothing 10 hingga berlubang di empat tempat
8. Melepaskan benda kerja dan menghilangkan bagian yang tajam
9. Mengelaskan benda kerja ke rangka gokart
10. Memeriksa hasil akhir

3.5.3. Pengerjaan Dudukan *Steering Knuckle*



Gambar 3.10 Dudukan *steering Knuckle*

Bagian dari : Rangka gokart
Bahan : Plat strip St.37 ukuran 50 x 300 x 8 mm
Peralatan : Mesin potong, gerinda tangan, mesin bor duduk, mesin las.

Proses Pengerjaan :

1. Mempelajari gambar dan memeriksa ukuran bahan
2. Mempersiapkan mesin potong dan perlengkapannya
3. Memotong plat strip dengan ukuran 50x 50 x 8 mm sebanyak empat buah dan ukuran 65x 50 x 8 mm sebanyak dua buah untuk kanan dan kiri.
4. Menghaluskan permukaan hasil pemotongan
5. Menyambungkan semua komponen dengan mesin las sesuai gambar desain yang sudah dibuat
6. Mempersiapkan mesin bor duduk
7. Mencekam benda kerja

8. Mengebor dengan $\varnothing 15$ hingga berlubang di dua tempat
9. Melepaskan benda kerja dan menghilangkan bagian yang tajam
10. Mengelaskan benda kerja ke rangka gokart
11. Memeriksa hasil akhir

3.5.4. Pengerjaan *Steering Knuckle*



Gambar 3.11 *Steering Knuckle*

Bagian dari : Sistem Kemudi

Bahan : 1. poros roda sepeda motor ukuran $\varnothing = 11$ dan $L=165$ mm
 2. Plat St.37 ukuran 300 x 200 x 5 mm
 3. besi pipa ukuran $\varnothing = 35$ dan $L=70$ mm

Peralatan : Mesin potong, mesin bor koordinat, mesin las.

Proses Pengerjaan :

1. Mempelajari gambar dan memeriksa ukuran bahan
2. Mempersiapkan mesin potong dan perlengkapannya
3. Memotong besi pipa dengan ukuran $\varnothing = 31,5$ dan $L=50$ mm
4. Memotong plat untuk panjang *steering knuckle* sesuai dengan ukuran 205 x 35 x 5 mm dan memotong plat untuk dudukan *kaliper* sesuai dengan

- desain dan memotongnya menggunakan las asetelin
5. Menghaluskan permukaan hasil pemotongan
 6. Menggabungkan dengan Mengelaskan semua komponen sesuai desain
 7. Menghaluskan permukaan hasil pengelasan
 8. Melubangi ujung dari *steering knuckle* dengan diameter 15 mm
 9. Melubangi bagian dari dudukan kaliper dengan diameter 12 mm sebanyak dua buah
 10. Memeriksa hasil akhir

3.5.5. Pengerjaan Poros Roda Kemudi



Gambar 3.12 Poros Roda Kemudi

- Bagian dari : Sistem kemudi
- Bahan : Besi Pejal St.40 diameter 20 mm dengan panjang 400 mm
- Peralatan : Mesin potong, mesin bor koordinat, mesin las., mesin bubut jangka sorong

Poros roda kemudi digunakan sebagai penerus putaran dari roda kemudi ke *steering gear*, dimana poros didukung oleh 1 buah bantalan pada bagian tengah. Poros gokart ini membentuk poros seperti terlihat pada gambar. Proses pembubutan poros adalah sebagai berikut:

- Untuk poros dicekam dengan menggunakan pencekam ragum
- Kemudian ujung poros yang panjang 400 mm dan berdiameter 20 mm dibubut sampai mencapai diameter 18 mm sepanjang 20 mm dengan jarak makan dari ujung. Untuk pembubutan lubang pada tengah poros dilakukan pengeboran dengan menggunakan mata bor diameter 5 mm dan dengan kedalaman 400 mm.
- Untuk pembuatan dudukan roda kemudi dibuat seperti pada gambar, dan dilakukan pengeboran di 7 titik dengan diameter 6 mm
- Kemudian dudukan roda kemudi di laskan ke poros. Setelah itu rapikan poros dengan gerinda tangan dan memeriksa hasil akhir.
- Merapikan sisa pemotongan dan pengelasan
- Memeriksa hasil akhir

3.6. Perakitan Sistem Kemudi

Perakitan merupakan tahapan akhir dalam proses penyempurnaan sistem kemudi. Perakitan adalah kegiatan penggabungan komponen-komponen kemudi menjadi sebuah sistem kemudi yang dapat difungsikan dan digunakan sesuai dengan yang diharapkan. Ada beberapa hal yang penting yang harus diperhatikan sebelum dilakukan perakitan, antara lain :

- a. Jumlah komponen dan jenis komponen
- b. Komponen- komponen pendukung dari kemudi yang telah selesai dikerjakan dan fungsi dari setiap komponen.
- c. Telah tersedia komponen yang standar.
- d. Memahami konstruksi dan stabilitas kendaraan, pengenalan terhadap komponen secara detail akan mempermudah pula dalam langkah selanjutnya.
- e. Menyusun langkah perakitan secara sistematis dengan langkah perakitan yang benar akan mempermudah dan mempercepat perakitan

dan menjadikan sistem kemudi dapat berfungsi dengan tepat.

f. Mewujudkan alat bantu perakitan.

Setelah seluruh komponen yang dibutuhkan telah tersedia dan dibuat maka dilakukan proses *assembling* atau perakitan perakitan. Pada proses *assembling* dapat dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain :

3.6.1. Proses Perakitan

Proses perakitan sistem kemudi merupakan proses penggabungan bagian-bagian dari komponen-komponen kemudi yang sesuai dan benar sehingga menghasilkan satu kesatuan dari sistem kemudi tersebut sesuai dengan fungsi masing-masing. Dalam proses perakitan perlu memperhatikan bagian-bagian dari komponen tersebut seperti ukuran, letak, toleransi, dan kesesuaian sistem.

Dalam proses perakitan terkadang memerlukan peralatan bantu untuk memudahkan kerja dan menjaga kondisi komponen baik dalam setiap pemasangannya. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses perakitan sistem kemudi gokart adalah:

1. Komponen-komponen sistem kemudi secara menyeluruh telah selesai dikerjakan sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang ada.
2. Sesuai dengan urutan proses perakitan komponen secara baik dan benar.
3. Sesuai fungsi, posisi, metode, dan perawatan dalam proses perakitan.
4. Ketersediaan alat bantu proses perakitan.
5. Menyeluruh secara berurutan.

Untuk memudahkan proses perakitan mesin perlu dilakukan identifikasi komponen-komponen yang akan dirakit. Adapun komponen-komponen yang dirakit adalah sebagai berikut:

1. Roda kemudi
2. Poros roda kemudi
3. Bantalan
4. *Universal joint*
5. *Steering gear* (tipe *rack and pinion*)
6. *Long tie rod*
7. *Tie rod end*
8. *Steering knuckle*

9. *Baut 17,14, 12*

Sedangkan alat bantu untuk proses perakitan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin las *SMAW* dan elektroda RB-26 diameter 2,6
2. Kunci *ring pass* 17 mm
3. Kunci *ring pass* 14 mm
4. Kunci *ring pass* 12 mm
5. Kunci *ring pass* 10 mm
6. Obeng

Setelah identifikasi komponen-komponen sistem kemudi gokart dan pengkondisian alat bantu untuk proses perakitan selesai, langkah selanjutnya adalah proses perakitan sebagai berikut:

1. Perakitan roda kemudi, poros kemudi, bantalan poros dan *universal joint*

Letakkan roda kemudi pada dudukan di poros kemudi, pasang dan kuatkan dengan baut 6 mm sebanyak 7 buah dan kuatkan dengan obeng, setelah itu pasang ke bantalan poros. Kemudian pada ujung poros di sambung dengan *universal joint* lalu pasang baut 12 dan kuatkan dengan kunci.

2. Perakitan *steering gear*, *long tie rod* dan *tie rod*

Perakitan *steering gear* awalnya adalah dengan memasang *steering gear* pada dudukan rangka, pasang baut 12 sebanyak 4 buah, setelah itu pasang sambungan sambungan seperti *long tie rod* dan *tie rod* pada sisi sebelah kanan dan kiri. Kencangkan dengan kunci.

3. Perakitan *steering knuckle*

Pasang bantalan ke dudukan bantalan sebanyak dua buah, kemudian pasang *steering knuckle* ke dudukan yang ada pada rangka lalu pasang baut 17 dan kencangkan dengan kunci, lalu lakukan hal yang sama pada *steering knuckle* bagian sebaliknya, setelah selesai gabungkan komponen *steering gear* ke *steering knuckle* dengan di baut ukuran 17 lalu kencangkan. Setelah semuanya selesai lakukan penyetelan ban pada baut penyetel yang ada pada *tie rod*.