

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mencakup segala bidang dan membawa dampak baik yang sangat besar dalam masyarakat. Tuntutan teknologi akan membawa manusia berpikir untuk menciptakan sesuatu yang baru. Salah satu hasil karya manusia yang sangat membantu di bidang teknologi adalah terciptanya kendaraan baik roda dua maupun roda empat yang membantu meringankan pekerjaan manusia. Kemajuan jaman dan berkembangnya teknologi di bidang otomotif, membuat kehidupan dunia otomotif semakin dinamis. Hal ini dapat dilihat sekarang kendaraan bermotor tidak hanya sebagai alat transportasi, tetapi berkembang menjadi sarana rekreasi dan meraih prestasi.

Gokart pertama kali dirancang oleh *Art Ingels* pada tahun 1956 di California bagian selatan. Dia menguji coba di area *Parker Rose Bowl*. Dia membuat gokart dari sisa-sisa potongan besi dan menggunakan mesin 2 langkah. Ketika itu dia adalah seorang perancang mobil balap di perusahaan *Kurtis Kraft*. Sampai-sampai dia dijuluki "*Father of Karting*" oleh para penggemarnya.

Rangka adalah tempat menyatunya semua komponen kendaraan termasuk bodi. Rangka merupakan salah satu bagian penting pada gokart yang harus mempunyai konstruksi yang kuat, ringan, kokoh dan tahan terhadap getaran dan guncangan. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraan seperti penumpang, mesin, sistem kemudi semuanya diletakkan di atas rangka. Oleh karena itu untuk merancang rangka kita membutuhkan penggunaan *Autodesk inventor* sebagai aplikasi untuk mendisain bentuk rangka dan proses menganalisisnya yang didukung dengan perhitungan teoritis menggunakan hitungan kinematika teknik.

Berdasarkan pertimbangan beberapa faktor di atas maka melalui skripsi ini penulis mengambil judul skripsi yaitu Rancang Bangun Dan Analisis Kekuatan Rangka Gokart Menggunakan Mesin Yamaha Z1 115 cc *Sohc* .

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Merancang dan membuat rangka gokart
2. Menghitung kekuatan rangka secara teoritis yang didukung *software Computer-Aided Engineering (CAE)*.
3. Menghitung gaya dan momen yang terjadi pada rangka.
4. Menentukan jenis bahan rangka gokart .

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas batasan masalah yang dibahas sebagai berikut :

1. Beban yang diterima rangka 95 kg
2. Menganalisis kekuatan bahan rangka menggunakan *software Autodesk Inventor* khususnya *Computer-Aided Engineering (CAE)*
3. Bahan rangka baja ringan (besi hollow) 50 mm x 25 mm x 1,4 mm
4. Dimensi rangka dengan panjang 2200 mm dan lebar 800 mm

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan ini yaitu:

1. Menghasilkan desain rangka yang mempunyai kekuatan dan ketangguhan.
2. Menghasilkan prototype rangka yang ringan dan memiliki kelenturan.
3. Menghasilkan desain gokart yang handal dengan kekuatan rangka yang mendukung.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari rancang bangun rangka gokart ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menambah alat instrumen laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian, yang mampu meningkatkan kualitas proses belajar mengajar baik bagi para dosen maupun mahasiswa.
2. Menjadikan ilmu teknologi bagi mahasiswa teknik mesin dari ilmu yang di peroleh selama kuliah.
3. Menambah wawasan penelitian bagi mahasiswa teknik mesin pada masa mendatang.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Skripsi adalah:

Bab I Pendahuluan

Menguraikan tentang latar belakang masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Menguraikan tentang tinjauan pustaka dan teori dasar yang digunakan pada rancang bangun Rangka Gokart .

Bab III Metodologi

Menguraikan tentang tahapan – tahapan rancang bangun pada Rangka Gokart .

Bab IV Hasil

Menguraikan tentang hasil perencanaan dan perancangan Rangka Gokart .

Bab V Penutup

Menguraikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil rancang bangun Rangka Gokart .

Daftar pustaka

Lampiran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Rangka Gokart

Rangka adalah bagian penting pada mobil (tulang punggung) selain harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakkan di atas rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraan nya. Sedangkan untuk rangka adalah satu bagian dari kendaraan, atau dengan kata lain adalah bagian yang tinggal bila bodi mobil dilepaskan keseluruhannya, untuk bagian rangka itu sendiri terdiri dari rangka, mesin, pemindah tenaga, sistem kemudi, sistem suspensi, sistem rem dan kelengkapan lainnya.

Rangka adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku (las atau lebih dari satu). Semua batang yang disambung secara kaku (las) mampu menahan gaya axial, gaya normal, dan momen. Elemen rangka merupakan elemen dua dimensi dan kombinasi antara elemen *truss* dan *beam*, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal, dan rotasi. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut. Sebuah kendaraan bermotor terbentuk dari beberapa bagian utama, yaitu:

1. Rangka
2. Bodi
3. Sistem penghasil tenaga (*power plane*)
4. Sistem penerus tenaga (*driver train*)

Ada juga beberapa fungsi utama dari rangka, yaitu :

1. untuk mendukung berat dari bodi kendaraan, penopang, dan mesin.
2. untuk mengakomodasikan suspensi.
3. untuk menahan torsi dari mesin, transmisi, aksi percepatan perlambatan, dan juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan.
4. untuk meredam dan menyerap energi akibat beban kejutan yang diakibatkan

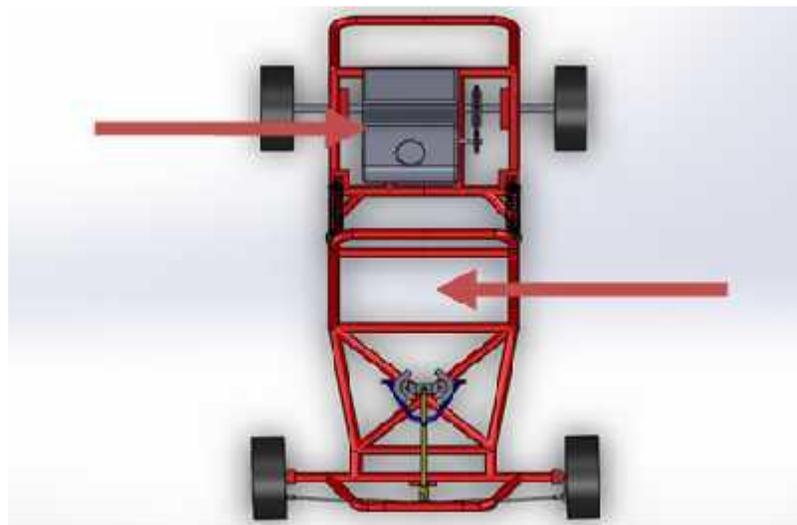
benturan dengan benda lain.

5. sebagai landasan untuk meletakkan bodi kendaraan, mesin, sistem transmisi, tangki bahan bakar dan lain-lain.
6. untuk menahan getaran dari mesin dan getaran akibat permukaan jalan.

Rangka pada mobil pada umumnya mempunyai konstruksi yang sederhana, terdiri dari bagian yang membujur dan melintang. Bagian yang membujur umumnya untuk mengikat bagian yang melintang agar konstruksi rangka lebih kokoh dan kuat menahan beban.

Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, rangka harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

1. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang mesin beserta kelengkapan kendaraan lainnya, menyangga penumpang maupun beban tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.
2. Ringan, sehingga tidak terlalu membebani mesin (meningkatkan efektivitas tenaga yang dihasilkan mesin).
3. Mempunyai nilai kelenturan atau *fleksibel*, yang berfungsi untuk meredam getaran atau guncangan berlebihan yang diakibatkan tenaga yang dihasilkan mesin maupun akibat kondisi jalan yang buruk



Gambar 2.1 Rangka Gokart

2.2. Jenis - Jenis Rangka

2.2.1. *Ladder Frame*

Jenis *Ladder Frame* adalah rangka yang tertua dan banyak digunakan khususnya untuk kendaraan berbeban berat (*heavy duty*). rangka ini biasanya terbuat dari material baja simetris atau model balok yang kemudian di perkuat dengan *crossmembers* dan *joint-joint*. untuk beberapa desain kadang kala *Ladder frame* diberi perkuatan besi menyilang agar tetap menjaga kekakuan.



Gambar 2.2 Rangka Jenis *Ladder Frame*

Sumber : Yudianto Aan (2015)

2.2.2. Rangka *Monocoque*

Jenis *Monocoque Chassis*, Pada rangka jenis ini Bodi kendaraan berfungsi sebagai *Chassis*, sehingga bentuknya sangat tergantung dari model dari kendaraan itu sendiri, rangka *monocoque* atau sering kita dengar dengan nama sasis *monocoque*, kekuatan utamanya ada pada lembaran-lembaran baja/ composit yang disatukan atau diperkuat. Pada dewasa ini jenisrangka *monocoque* banyak diaplikasikan pada kendaraan ringan karena memiliki keuntungan diantaranya bisa menghemat pemakaian bahan selain itu dapat mempersingkat proses produksi. karena tidak perlu membuat sasis tambahan.



Gambar 2.3 Rangka Jenis *Monocoque*

(Sumber : Calvin 2015)

2.2.3. *Tubular space frame*

Jenis *Tubular space frame*, *rangka* ini menggunakan bermacam balok atau pipa yang dirangkai menjadi satu dan hampir menyerupai dari konstruksi kendaraan tersebut. *rangka* ini biasanya banyak diaplikasikan dalam dunia balap mobil, Jenis *rangka* ini sangat mudah untuk ditambah atau di desain dan diberi perkuatan tambahan. Dalam struktur jenis ini sangat penting untuk memastikan semua bidang ter triangulasi (coba anda amati kuda-kuda pada rumah atau jembatan dimana semua struktur tercipta dengan sambungan model segitiga. Kekuatan dari *rangka* ini amat tergantung dari mutu dan kualitas sambungan las tiap sendi nya.



(Sumber : Ikwan Yamato 2012)

Gambar 2.4 Rangka Jenis *Tubular*

2.2.4. Rangka *Backbone*

Rangka Jenis *Backbone*, Ide awalnya adalah dengan membuat struktur depan dan belakangnya yang terhubung dengan sebuah rangka tube yang melintang disepanjang mobil. Tidak seperti transmisi tunel, rangka *backbone* ini hampir seluruhnya adalah struktur kaku dan dapat menahan semua beban. Ini terdapat beberapa lubang yang kontinyu. Karena begitu sempit dindingnya umumnya dibuat tebal. Rangka *Backbone* memiliki kekakuan dari luas area bagian *backbone* itu sendiri.

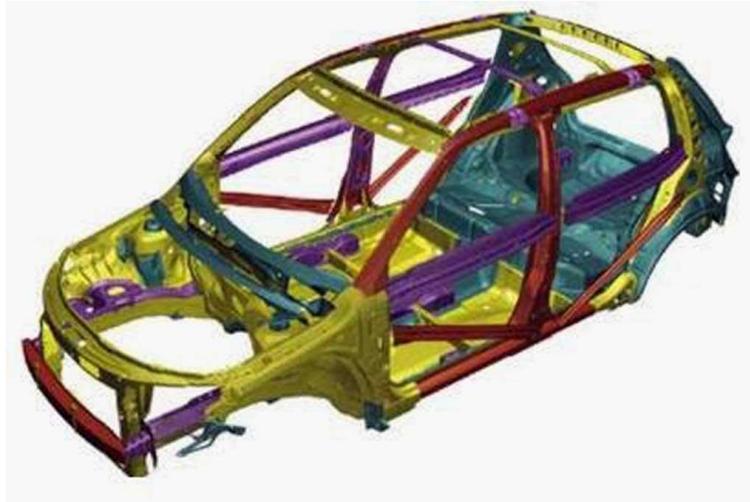


Gambar 2.5 Rangka Jenis *Backbone*

(Sumber : Ikwan yamato 2012)

2.2.5. Rangka Aluminium *Space Frame*

Rangka jenis ini ialah model rangka yang dikembangkan pertama kali oleh pabrikan mobil Audi bersamaan dengan sebuah perusahaan pembuatan aluminium Alcoa. Walaupun rangka ini lebih kaku, model darirangka aluminium *space frame* ini didesain untuk dijadikan pengganti dari rangka *monocoque* dimana memiliki keunggulan utama yakni bobot nya lebih ringan sekitar 40% dari bentukrangka yang dibuat sama persis namun menggunakan material non aluminium.



Gambar 2.6 Rangka Jenis Aluminium *Space Frame*

(Sumber : Ikwan yamoto 2012)

2.3. Teori Tegangan Utama (*Principal Stress*)

Hukum Newton pertama tentang aksi dan reaksi, bila sebuah balok terletak di atas lantai, balok akan memberikan aksi pada lantai, demikian sebaliknya lantai akan memberikan reaksi yang sama, sehingga benda dalam keadaan seimbang.

2.3.1. Teori Tegangan Tarik

Tegangan Tarik adalah tegangan yang diakibatkan beban Tarik atau beban yang arahnya tegak lurus meninggalkan luasan permukaan. Tegangan Tarik adalah besar gaya Tarik dibagi dengan luas penampang suatu benda. Jika Pada suatu area diberi tekanan, maka daerah tekanan tersebut terjadi tegangan Tarik karena adanya *displacement* dari tekanan tersebut.

2.3.2. Teori Tegangan Geser

Mytho (2010) mengatakan tegangan geser adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan bidang pembebanan, tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi.

2.4. Regulasi Rangka Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE)

2.4.1. Pasal 25: Rancangan Kendaraan

1. Ketika merancang kendaraan, konstruksi dan perencanaan perlombaan, Tim yang berpartisipasi harus memperhatikan semua aspek keselamatan, misalnya keselamatan pengemudi, keselamatan anggota tim lainnya dan keselamatan penonton.
 - Kendaraan *Prototype* harus mempunyai tiga atau empat roda, yang di bawah kondisi normal harus selalu menempel pada permukaan lintasan.
 - Kendaraan *prototype* harus memiliki zona *crumple* minimal 100 mm antara bagian depan bodi kendaraan dan kaki pengemudi.
 - Kendaraan *Urban Concept* harus mempunyai empat roda, yang pada kondisi normal harus selalu menempel pada permukaan lintasan. Roda kelima untuk tujuan apa pun tidak diperbolehkan.
2. Tidak diperbolehkan menggunakan pelengkap *aerodynamic* yang dapat disesuaikan atau dapat berubah bentuk karena angin ketika kendaraan bergerak.
3. Badan kendaraan tidak boleh mudah berubah bentuk karena faktor angin dan tidak boleh termasuk tambahan eksternal yang mungkin berbahaya terhadap anggota Tim lainnya, misalnya ujung runcing yang mempunyai radius 5 cm atau lebih besar, sebagai alternatif bahan tersebut harus terbuat dari gabus atau bahan yang semisal itu. Misalnya, bagian tajam badan kendaraan, dan lain-lain.
4. Interior kendaraan tidak boleh berisi objek yang dapat melukai pengemudi jika terjadi tabrakan.
5. Jendela tidak boleh dibuat dari bahan yang dapat pecah menjadi pecahan tajam. Material yang direkomendasikan: Polycarbonate (misalnya Lexan).
6. Semua penutup pada energi *compartment* seperti *engine*, sistem transmisi, baterai dan lain-lain harus mudah untuk dibuka pada saat inspeksi.

7. Semua bagian dari *drive train*, termasuk tangki bahan bakar, harus berada dalam posisi yang tidak membahayakan pengemudi.
8. Semua benda di dalam kendaraan harus terpasang dengan kencang. Tali *Bungee* atau bahan elastis lainnya tidak diizinkan untuk mengamankan benda berat seperti baterai.
9. Semua kendaraan harus memiliki lantai dan rangka yang solid yang menghalangi bagian tubuh pengemudi agar tidak menyentuh tanah.
10. Semua kendaraan harus ditutup sepenuhnya. Kendaraan terbuka atas tidak diperbolehkan. Kendaraan yang terlihat seperti sepeda, becak dan kursi roda tidak dapat diterima.

2.4.2. Pasal 26: Kekuatan dan Kekakuan Rangka *Monocoque*

1. Tim harus memastikan bahwa struktur rangka kendaraan memiliki kekakuan dan kekuatan yang dapat melindungi bodi pengemudi secara efektif jika terjadi tabrakan termasuk dampak depan, dampak samping, atau *rollover* kendaraan. Penyelenggara tidak akan mengizinkan kendaraan yang konstruksinya tidak aman. *Monocoque* adalah konstruksi penopang beban struktur menggunakan bodi cangkang sebagai pengganti rangka *chassis*.
2. Rangka kendaraan harus dilengkapi dengan *roll bar* yang memanjang berjarak sekitar 5 cm di sekitar helm pengemudi yang duduk pada posisi mengemudi normal dengan sabuk pengaman terpasang.
3. *Roll bar* ini harus melebar melebihi bahu pengemudi ketika pengemudi duduk pada posisi mengemudi normal dengan sabuk pengaman terpasang. Diperbolehkan menggunakan *roll* berjenis pipa atau panel. Jika menggunakan *roll bar* jenis pipa, *roll bar* harus dibuat dari logam. *Roll bar* panel adalah struktur kaku yang memisahkan ruang kemudi dengan ruang *engine*. *Roll bar* panel tersebut harus menyatu dengan rangkarakna kendaraan atau *monocoque*.

4. *Roll bar* harus dapat menahan beban statik sebesar 700 N (~70 kg) pada arah vertikal, horizontal (pada segala arah) atau tegak lurus tanpa mengalami deformasi.
5. Rangka harus cukup lebar atau panjang untuk melindungi badan pengemudi jika terjadi tabrakan samping atau depan.
6. Jika kendaraan harus diangkat di tempat tertentu pada bodi nya, tempat itu harus ditandai dengan jelas dengan kotak persegi panjang yang menyatakan "ANGKAT DISINI".

2.4.3. Pasal 45: Definisi *Urban Concept*

Kendaraan *Urban Concept* adalah kendaraan irit bahan bakar yang tampilannya menyerupai mobil penumpang saat ini. Kendaraan *Urban Concept* harus memenuhi peraturan khusus yang ditetapkan oleh KMHE untuk kelompok ini. Salah satu persyaratan khusus untuk kendaraan yang berlomba di kelompok ini adalah '*stop & go driving*'.

2.4.4. Pasal 46: Dimensi

1. Tinggi keseluruhan kendaraan antara 100 cm hingga 130 cm.
2. Lebar keseluruhan kendaraan antara 120 cm hingga 130 cm.
3. Panjang keseluruhan kendaraan antara 220 cm hingga 350 cm.
4. *Track width* (jarak antar roda pada satu sumbu) tidak boleh kurang dari 100 cm untuk roda depan dan 80 cm untuk roda belakang, diukur dari kedua titik kontak roda dengan lintasan.
5. Jarak *wheelbase* (sumbu roda) minimal adalah 120 cm
6. Tinggi ruang kemudi tidak boleh kurang dari 88 cm dan lebar minimum 70 cm pada bahu pengemudi.
7. Jarak terendah komponen kendaraan dari lintasan (*ground clearance*) tidak boleh kurang dari 10 cm dengan sopir (dan ballast yang diperlukan) di kendaraan.
8. Berat total kendaraan, tanpa pengemudi, adalah maksimal 225 kg.

2.5. Analisis Titik Berat dan Momen

Analisis titik berat konstruksi merupakan cara yang pokok untuk mendapatkan data apakah perancangan sudah cukup baik atau belum. Hal ini disebabkan karena pada setiap konstruksi mempunyai titik berat, dimana titik berat ini nantinya akan mempengaruhi stabilitas dan kemampuan beban pada setiap konstruksi pada analisis perancangan balok dan kolom.

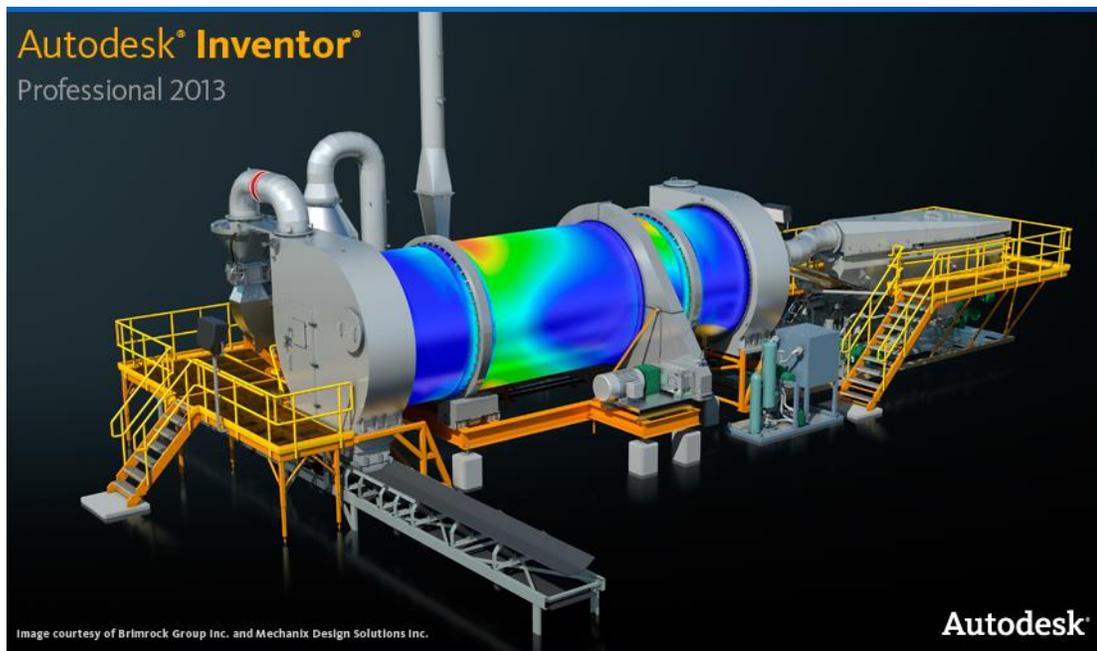
Konsep titik berat lebih mudah dimengerti bila kita mula-mula meninjau konsep pusat gravitasi plat tipis dengan tebal merata dan bahan yang homogen. Untuk menentukan pusat gravitasi plat rata dengan bentuk tidak teratur tapi tebalnya merata dan bahannya serba sama bila berat masing-masing elemen W yaitu berat seluruh plat, bekerja melalui pusat gravitasi plat.

Ada beberapa hal pokok yang harus kita perhatikan diantaranya adalah :

1. Menentukan titik berat luas potongan penampang.
2. Menghitung momen pertama atau momen statis setiap luasan terhadap sumbu.
3. Menghitung momen kedua atau momen inersia setiap luasan terhadap sumbu.

2.5.1. Autodesk Inventor

Merupakan program penyempurna dari *software Autocad* maupun *Autodesk Mechanical Desktop* dengan konsep yang hampir sama dalam membuat gambar 3 dimensi seperti: desain mesin, mold dan konstruksi. *Autodesk Inventor Professional* adalah suatu perangkat lunak *Computer-Aided Engineering (CAE)* dari perusahaan USA yang diberi nama *Autodesk*. *Autodesk Inventor Professional* cocok diaplikasikan dalam suatu pekerjaan seperti: perancangan komponen mekanik dan sistem mekanik, sampai analisis kekuatan mekanis dari berbagai komponen mekanik. Dalam *software* ini memiliki sifat yang parametrik sehingga memudahkan dalam pengeditan dan modifikasi perancangan.



Gambar 2.7 Tampilan Awal pada Autodesk Inventor 2013

Langkah yang dapat kita lakukan sebagai berikut :

1. Membuat Sketsa

Sketsa mempunyai fungsi penting karena menjadi titik awal dalam menggambar 3 dimensi maupun bentuk *parts*. Sketsa terdiri atas gambar suatu *geometry*. Sketsa digambar secara sederhana karena dapat memudahkan suatu *process* pembentukan. Dalam perlakuan *detailing* pada akhir pembentukan, dengan menggunakan *Fillets*, *Chamfers* dan *Face-Drafts* pada 3 dimensi maupun bentuk *parts*. Dalam pembuatan suatu *solid draw*(gambar solid), dapat dipastikan bahwa sketsa dalam kondisi menutup dan menyambung melalui *Concident-Constraints* atau *Trims*, *Extend-Curves*. Sesudah sketsa selesai terbentuk, lebih dahulu dilakukan *Constraints* sebelum menggunakan *dimensions*. Terdapat 2 macam sketsa yaitu : 2 D Model dan 3 D Model

2. Membuat Part

Proses membuat suatu *parts* tidak semua dapat menggunakan bentuk *solid draw*. Sehingga, hanya ada beberapa bentuk *part-part* rumit yang dapat memerlukan bentuk *surfaces*. Jadi, kita dapat terus membentuk *parts* maupun obyek 3 dimensi.

Sesudah menggambar suatu *sketchs*, maka kita dapat masuk ke sesi *parts*. Berbagai *toolbars* misalnya *panelbars* yang dapat menjadi *toolbar* untuk membentuk suatu *parts*.

3. *Asembly Part*

Proses membentuk suatu mesin maupun produk yang terdiri dari beberapa macam *parts* sehingga memerlukan *assembly* dalam melakukan penyambungan. Saat proses *assembly*, dapat dilakukan suatu modifikasi, simulasi, sampai berbagai macam analisis *parts* lainnya. Maka dari itu, dalam membentuk akan lebih mudah. *Assembly* terdiri dari *single-parts* dan *sub-assembly*, itu semua masuk ke dalam *file-assembly*. Pada *assembly* terdapat bermacam *parts* maka dari itu dibuatlah *assembly* kecil atau *sub-assembly*. Dengan adanya *sub-assembly* dapat mempercepat pekerjaan modifikasi *parts* dan mudahnya pencarian karena terbentuk menjadi kelompok atau bagian-bagian kecil.

4. Analisis Struktur pada *Autodesk Inventor*

a. *Stress Analysis*

Stress Analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *Autodesk Inventor* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Computer-Aided Engineering* (CAE). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh software, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat.

b. *Frame Analysis*

Selain *Stress Analysis*, pada *Autodesk Inventor* juga terdapat alat pengujian struktur yang lain, yaitu *Frame Analysis*. Konsep dari pengujian ini adalah dengan menerapkan ilmu mekanika teknik yaitu berkaitan dengan struktur truss, beam, dan frame. Input data beban dan tumpuan, sedangkan output nya diagram tegangan, regangan dan displacement.

2.6. Dasar-Dasar Penghitungan Rangka

Pada dasarnya perhitungan rangka mencakup beberapa hal atau poin yang perlu diperhitungkan yaitu pada kekuatan batang, menahan getaran-getaran pada mesin, menahan aksi percepatan perlambatan, dan juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan. Untuk mengetahui berapa besar beban yang diterima rangka dapat diketahui dengan momen inersia dan beban yang akan terjadi pada batang karena terdapat sejumlah gaya yang bekerja pada bidang dengan sumbu-sumbunya.

2.6.1. Konsep Rangka Batang (*Truss Bridge*)

Truss adalah susunan elemen linier (batang) yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga sehingga membentuk rangka stabil. Ada 6 konsep Truss Yaitu :

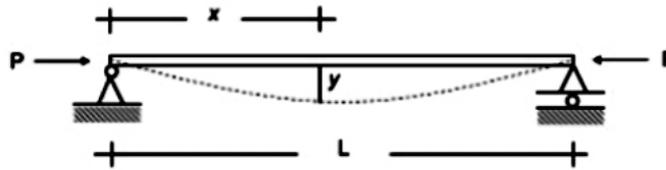
1. Batang 2 saling terhubung dengan titik (joint) dengan hubungan sendi (pin joint).
2. Sumbu 2 batang bertemu di satu titik joint.
3. Beban yang bekerja berupa beban terpusat (searah sumbu batang) baik di tumpuan maupun joint.
4. Beban dan reaksi tumpuan bekerja pada joint.
5. Gaya yang bekerja pada sumbu batang berupa aksial sentris (gaya normal saja)
6. Hubungan sendi:
 - Memberi tahanan translasi ke semua arah → vertikal dan horizontal ditahan.
 - Tidak mampu menahan rotasi

Truss yang stabil ialah Sebuah rangkaian segitiga yang membentuk rangka batang akan tetap stabil jika memenuhi persamaan^[1]: pada tekuk elastis, komponen struktur yang dibebani gaya tekan, masih dalam keadaan elastis, akan melengkung secara perlahan – lahan. Gaya yang bekerja sentris pada batang menyebabkan batang tersebut melentur sejauh y , sehingga terjadi momen lentur tambahan sekunder yang besarnya :

$$M_x = P \cdot y \quad (1)$$

Garis lentur diberikan oleh persamaan berikut,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{-Mx}{El} = \frac{P}{El} \cdot y \quad (2)$$



Gambar 2.8 Kolom tekuk Euler

Dimana : E = modulus elastisitas baja

I = Momen Inersia Batang

Persamaan di atas adalah persamaan homogeny linier orde kedua apabila di integral kan menghasilkan persamaan beban kritis yang bekerja pada batang tekan:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lk^2} \quad (3)$$

Dimana :

Lk = Panjang Tekuk Batang

Hubungan tegangan dan *safety factor* dapat digambarkan melalui persamaan berikut :

$$n = \frac{S}{\sigma} \quad (4)$$

Dimana:

n = *safety factor* (angka keamanan) (N/mm²)

S = *yield strength* (kekuatan) (N/mm²)

σ = tegangan (N/mm²)

Hasil pengujian ini akan menunjukkan kelemahan dan kelebihan dari rancangan. Analisis data yang telah dilakukan nantinya akan dapat mewujudkan sebuah rancangan rangka-rangka mobil listrik yang telah memenuhi rancangan berskala industri, sehingga menjadikan rancangan tersebut siap untuk diproduksi. Untuk menentukan ukuran elemen mesin dan beban batang yang diterima dapat dihubungkan sebagai berikut.

2.6.2. Konsep Tegangan

1. Untuk tarik atau tekanan, tegangan normal nominal

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Dimana :

A = luas penampang normal yang memberi tahanan terhadap gaya normal

F, σ_t = adalah tegangan σ_c = adalah tegangan tarik tekan dan σ

2. b. Untuk putus geser, tegangan putus normal

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (6)$$

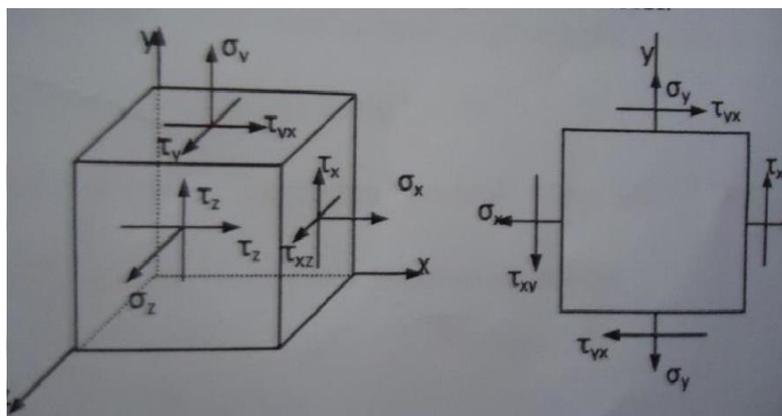
Dalam hal ini A = adalah luas penampang yang memberikan tahanan terhadap gaya geser F .

3. Untuk lenturan, tegangan lentur normal

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (7)$$

Dalam hal ini W_b adalah momen tahanan terhadap lenturan pada penampang normal yang memberi tahanan terhadap momen lentur dalam M_b .

4. Tegangan geser adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser, gaya puntir, dan torsi.



Gambar 2.9. Tegangan yang Bekerja pada Suatu Bidang

Keterangan :

σ_x = tegangan normal yang bekerja pada bidang x

σ_y = tegangan normal yang bekerja pada bidang y

σ_z = tegangan normal yang bekerja pada bidang z

τ_{xy} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal x dan arah y

τ_{xz} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal x dan arah z

τ_{yx} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal y dan arah x

τ_{yz} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal y dan arah z suatu tegangan normal, secara matematis dalam didefinisikan sebagai :

$$\sigma = \lim \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (8)$$

Dimana :

σ tegangan: normal (N/m²)

F : gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan (N) A : luas bidang (m²)

Tegangan normal terbagi menjadi dua macam, yaitu :

Tegangan tarik : tegangan yang menghasilkan suatu tarikan pada permukaan suatu benda

Tegangan tekan : Tegangan normal yang menghasilkan suatu dorongan pada permukaan benda.

Komponen dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elemen adalah seperti terlihat pada gambaran di atas tegangan geser di lambang kan

Dengan tanda τ , yang secara matematis d

$$\tau = \lim \frac{\Delta v}{\Delta a} \quad (9)$$

Dimana

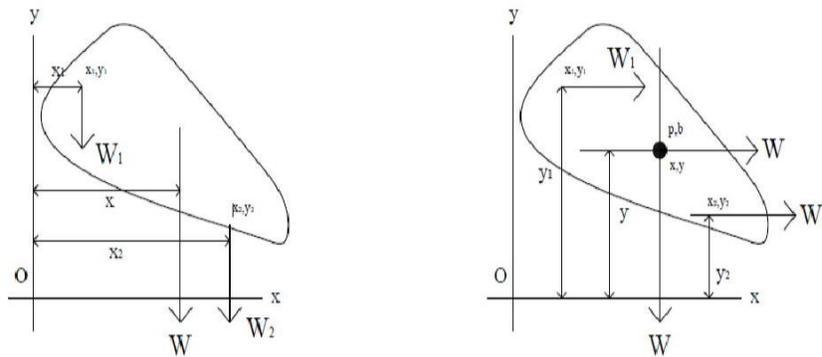
τ : tegangan geser (N/m)

V : komponen yang sejajar dalam bidang elemen

2.6.3. Pusat Beban

Berat adalah resultan dari semua gaya tarik bumi yang dialami oleh partikel zat dalam suatu benda. Tetapi karena jarak ke pusat bumi sedemikian jauhnya sehingga gaya-gaya tersebut dapat dianggap sejajar. Dengan demikian berat benda dapat diartikan sebagai resultan dari sejumlah besar gaya sejajar.

Sedangkan pusat berat dari benda dapat diilustrasikan dari gambar berikut yang memperlihatkan benda tipis sembarang bentuk dan terletak pada bidang xy. Jika dimisalkan benda tersebut terbagi atas partikel-partikel dengan berat w_1, w_2



Gambar 2.10. Menentukan Berat Total

Berat total benda tersebut adalah:

$$W = W_1 + W_2 + \Sigma \dots = \dots \quad (10)$$

Koordinat x garis kerja W adalah:

$$x = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots}{w_1 + w_2 + \dots} = \frac{\Sigma wx}{\Sigma w} = \frac{\Sigma wx}{W} \quad (11)$$

Kemudian jika gaya gravitasi kita putar 90° berlawanan jarum jam, maka koordinat y dari garis kerjanya adalah:

$$y = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2 + \dots}{w_1 + w_2 + \dots} = \frac{\Sigma wy}{\Sigma w} = \frac{\Sigma wy}{W} \quad (12)$$

Titik perpotongan garis kerja W pada kedua bagian dengan koordinat x , y dinamakan pusat berat benda tersebut. Dan simetri suatu benda sering kali berguna untuk menentukan pusat berat benda.

2.7. Perancangan Rangka 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. *Design For Manufacture (DFM)* dan *Design For Assembly (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 oleh perusahaan manufaktur 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 berpikiran 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 :

Dalam perancangan rangka 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

Meningkatkan mutu produk

1. Mengurangi biaya produk
2. 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

2.7.1. 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 atau titik pusat, jika konsepnya berbeda akan digunakan sebagai kriteria yang berbeda.
4. Laju dari konsep
5. Ranking 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 2.1 Konsep *scoring matrix*

No.	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1		
				H	M	BM
1	Kekakuan					
2.	Tidak mudah korosi					
3.	Menahan getaran					
4.	Aman operasi					
5.	Stabilitas					
6.	Komponen yang di buat					
7	Komponen Standar					
Jumlah				Jumlah		
Keterangan :						
M	= Poin					
B	= Bobot					
H	= Arti/Hasil					
BM	= Perkalian bobot dengan poin					

2.7.2 *Morphological 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 *morphological chart* untuk memperluas penelitian terhadap solusi baru yang memungkinkan penggambaran secara ringkas dari kesimpulan analisa ini.

Langkah - langkah dalam membuat *Morphological 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 atau kombinasi sub-sub solusi.

Dengan mengkombinasikan secara potensial ini maka masing-masing fungsi harus mempunyai alasan yang tepat dapat dilihat di bawah ini:

Tabel 2.2 Kombinasi Prinsip Solusi Sub Fungsi

No	Sub fungsi (SF) Dan Solusi (S)	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. $V_1 = 1.1 ; 2.1 ; 3.3 ; 4.3 ;$
2. $V_2 = 1.3 ; 2.3 ; 3.2 ; 4.2 ;$

3. $V_3 = 1.2 ; 2.2 ; 3.1 : 4.1 ;$

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

rumus : $WRJ = \frac{OWJ}{vmax.Wi}$

Dimana :

W_1 = bobot kriteria evaluasi ke j

V max = nilai kriteria evaluasi ke j

Perhitungan Beban Statistik Pada Besi Hollow:

1. Menghitung berat rangka menggunakan besi *hollow* 40x250x2mm.

$$\text{Berat Besi Hollow} = 2(W+H) \times B \times L \times BJ \quad (2.13)$$

(L) = Panjang Hollow

(W) = Lebar Hollow

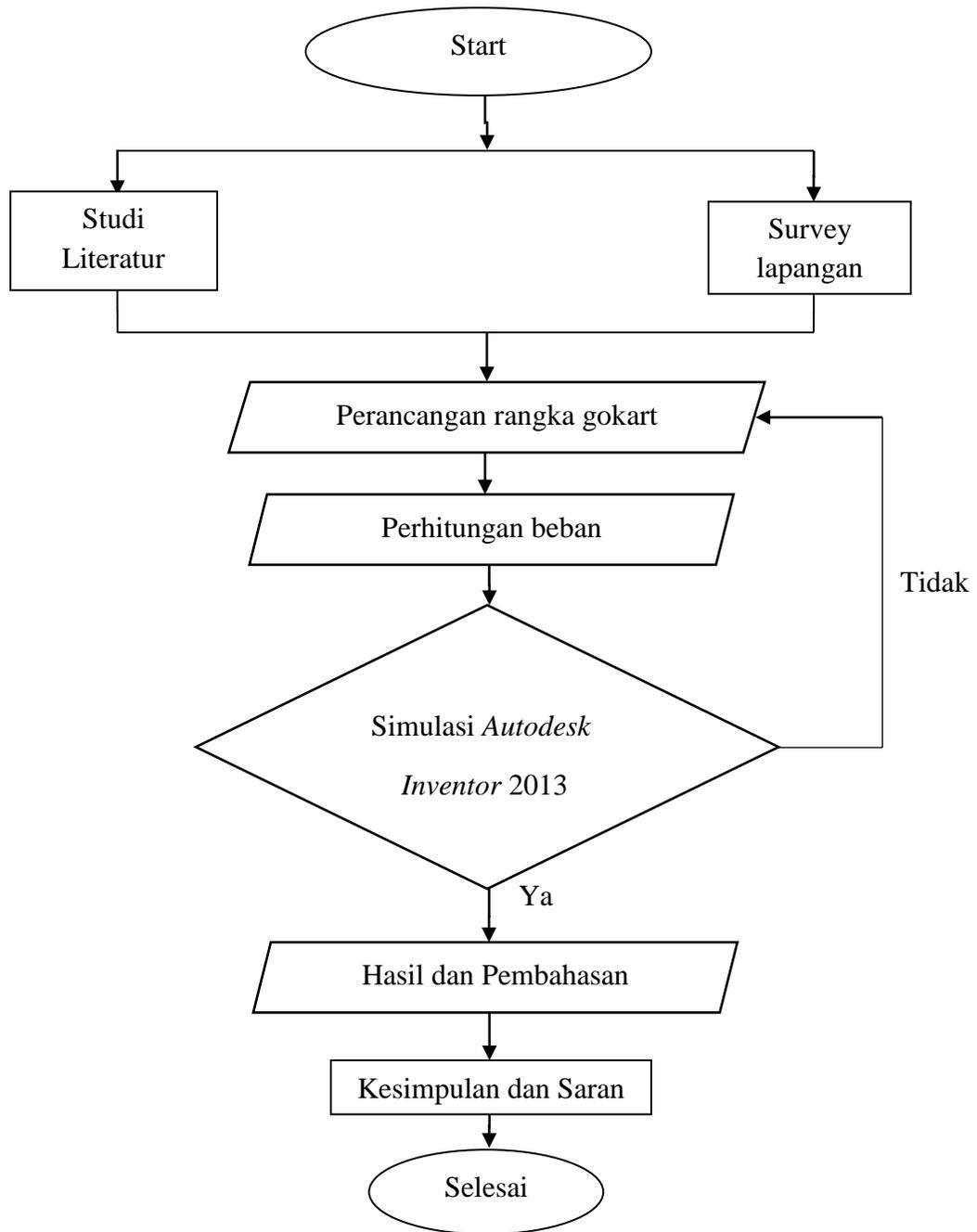
(H) = Tinggi hollow

(B) = Ketebalan

(BJ) = Berat jenis besi $7850 \text{ (Kg/M}^3\text{)} = 7.85 \text{ Kg/ } 1.000.000 \text{ mm}^3$

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

Keterangan Diagram Alir diatas :

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan mencari referensi yang berhubungan dengan judul penelitian baik berupa buku-buku maupun jurnal dan artikel yang relevan.

2. Survei lapangan

Dilakukan untuk mengetahui bentuk fisik dari rancangan rangka yang akan di buat.

3. Perancangan rangka

Perencanaan adalah menentukan dimensi, gambar menggunakan Aplikasi *Autodesk Inventor* serta pemilihan bahan – bahan yang akan dibuat.

4. Perhitungan Beban

Menghitung beban yang diterima rangka dari mesin, pengemudi dan bodi.

5. Simulasi inventor 2013

Melakukan simulasi Beban rangka dengan menggunakan inventor 2013

6. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penghitungan keseluruhan rangka *gokart*

3.2 Tempat & Waktu Penelitian skripsi

- Tempat penelitian skripsi : Lab. Teknik Mesin UPP
- Waktu Penelitian : Bulan September 2018 - juni 2019

3.3 Alat dan Bahan

Alat –alat yang digunakan untuk pengerjaan pembuatan rangka gokart ini adalah:

1. laptop
2. Mesin gerinda
3. Roll meteran
4. Mesin las
5. Rol siku
6. Mistar baja
7. Mesin bor tangan

bahan – bahan yang digunakan dalam pengerjaan pembuatan rangka *gokart* ini adalah:

1. Besi hollow galvanis (50 mm x 25 mm x 1,4mm)
2. Pipa 1 inch
3. *Elektroda* las
4. Mata gerinda potong
5. Cat
6. Tiner

3.4 Langkah Penelitian

Adapun langkah - langkah yang diambil pada penelitian perancangan rangka ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bentuk nyata yang didapat dari survey lokasi di SKPA dan di UNRI
2. Merancang rangka sesuai ukuran yang ditetapkan oleh KMHE
3. Menggambar rancangan rangka di aplikasi *Autodesk Inventor 2013*
4. Melakukan simulasi Beban rangka dengan menggunakan *Autodesk Inventor 2013*
5. Menghitung kekuatan rangka dari berat beban yang diberikan oleh *engine*, dan pengemudi.

3.4.1 Langkah Perancangan

1. Perancangan Rangka *gokart*

Rangka *gokart* yang akan dibuat menggunakan baja karbon rendah, dan profil yang digunakan adalah jenis *hollow*. Proses pembuatan rangka yaitu dengan melakukan proses pemotongan menggunakan alat *cutting wheel* sesuai ukuran yang telah di tentukan dalam proses perancangan, setelah itu dilakukan proses penyambungan logam dengan menggunakan las listrik. Rangka ini berfungsi untuk menumpu seluruh komponen kendaraan.

3.4.2 Langkah Pembuatan

Pada proses pembuatan rangka *gokart* beberapa proses yang harus di ikuti agar pembuatan tersebut baik dan sesuai perencanaan. Prosedur tersebut meliputi serangkaian langkah-langkah pengerjaan komponen serta perakitan komponen menjadi satu kesatuan rangka yang sempurna sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Berikut adalah prosedur proses pembuatan rangka *gokart*.

1. Bahan Yang Digunakan

Persiapan bahan yang digunakan untuk membuat rangka *gokart* yaitu:

- Besi hollow dengan ukuran 50 x 25 mm dengan tebal 1,4 mm yang digunakan sebagai rangka utama *gokart*.
- Plat baja dengan tebal 3,5 mm yang nantinya akan digunakan sebagai tempat kedudukan mesin.

2. Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan rangka *gokart* adalah:

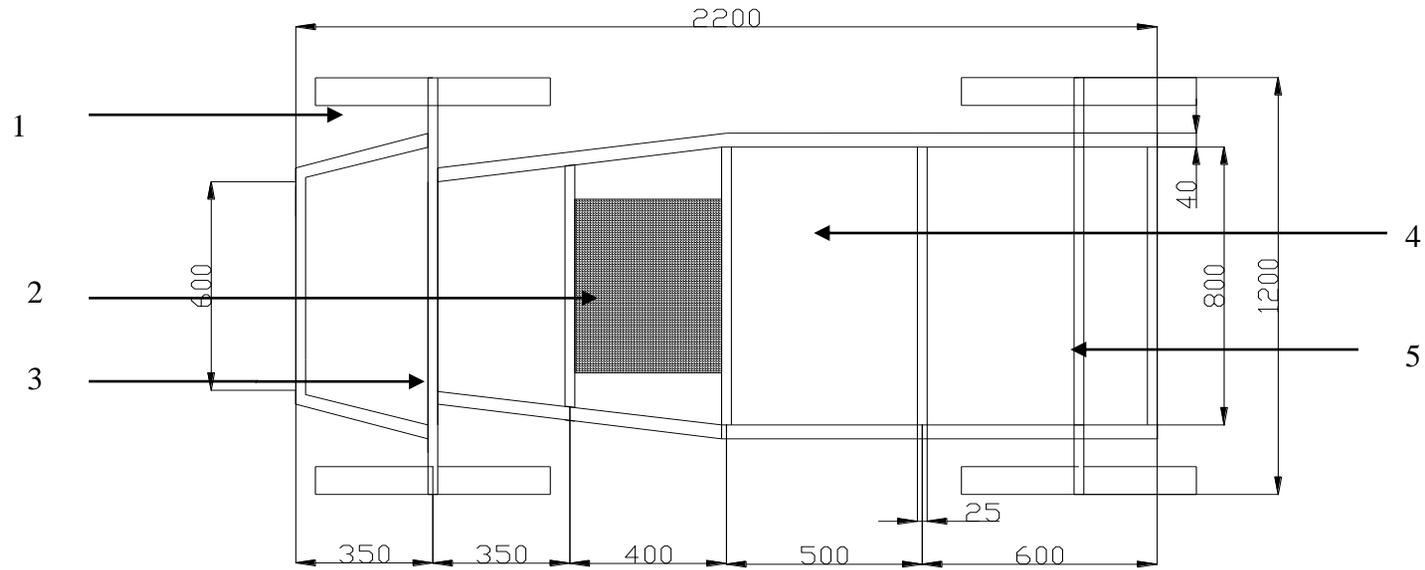
- Mesin las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) digunakan untuk proses penyambungan material pembuatan rangka *gokart*,
- Mesin gerinda potong digunakan untuk proses pemotongan beberapa jenis bentuk besi hollow yang akan di potong.
- Jangka sorong, meteran, kikir, tang, siku-siku, gergaji besi, spidol digunakan sebagai peralatan kerja bantu untuk proses pembuatan mesin. Genset atau pembangkit listrik negara (PLN) digunakan sebagai sumber listrik untuk pengoperasian mesin las, dan, gerinda. *Brander* las potong digunakan sebagai pemotong plat penutup kedudukan mesin.

3. Proses Pembuatan Rangka *Gokart*

Rangka yang ada pada *gokart* tersebut menggunakan material besi *hollow* 50 mm x 25 mm. prosesnya adalah sebagai berikut:

- Untuk pembuatan rangka *gokart* terlebih dahulu melakukan pengukuran pada besi *hollow* 50 mm x 25 mm dengan panjang 750 mm sebanyak 6 buah, 600 mm sebanyak 2 buah, serta 2200 mm sebanyak 2 buah. Kemudian dipotong dengan gerinda potong.
- Penyatuan dengan proses pengelasan rangka mesin dibantu dengan menggunakan siku-siku agar masing-masing sudut kerangka yang berbentuk empat persegi panjang membentuk sudut 90°.
- Setelah proses penyambungan masing-masing potongan besi *hollow* dengan proses pengelasan, maka kerangka *gokart* memiliki ukuran, panjang 2200 mm dan lebar 800 mm.

3.5 Gambaran Yang Akan Di Rancang



Gambar 3.2 Gambaran rangka gokart Yang Akan Dirancang

Keterangan:

1. Roda
2. Tempat duduk
3. Poros roda depan
4. Kedudukan mesin
5. Poros roda belakang