

BAB III
METODELOGI PERANCANGAN KENDARAAN UNTUK KOMPETISI
KMHE KATEGORI *PROTOTYPE GASOLINE*

Pada bab ini akan membahas tahap-tahap dalam perancangan kendaraan untuk kompetisi kmhe kategori *prototype gasoline* meliputi: alat dan bahan perancangan, diagram alir perancangan, serta prosedur-prosedur perancangan.

3.1. Alat dan Bahan Perancangan

3.1.1. Alat Perancangan

Alat-alat yang digunakan pada perancangan ini yaitu:

1. Satu perangkat komputer dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi komputer yang dipakai

<i>Operation System</i>	<i>Windows 8.1 Pro</i>
<i>Processor</i>	<i>Intel(R) Core(TM)i7-3770</i>
<i>CPU</i>	<i>3.40GHz 3.90 GHz</i>
<i>Installed Memory (RAM)</i>	<i>16 GB</i>
<i>System Type</i>	<i>64-bit Operating system, x64-Based Processor</i>
<i>Pen and Touch</i>	<i>No Pen or Touch input is available for this display</i>

2. *Software* perancangan

Dalam perancangan ini jenis *software* yang digunakan yaitu *SOLIDWORKS 2016 x64 Edition*. Sedangkan untuk simulasi aerodinamis jenis *software* yang digunakan yaitu *Autodesk Flow Design*

3. Jangka sorong (*vernier caliper*)

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dengan presisi dimensi komponen-komponen yang sudah ada di pasaran diantaranya mesin penggerak, roda, transmisi, rem, dan lain sebagainya.

4. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur komponen-komponen yang lebih panjang dari pada kemampuan ukuran maksimal jangka sorong.

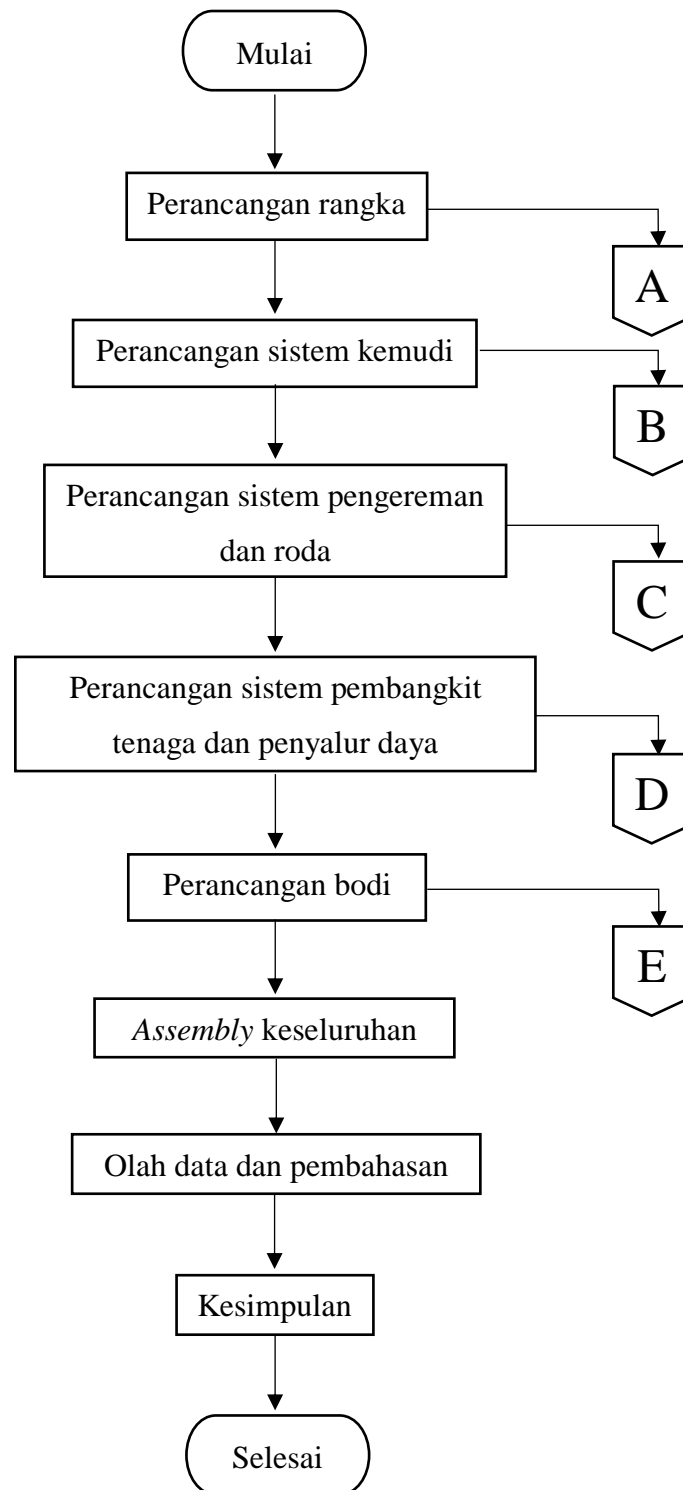
3.1.2. Bahan Perancangan

Dalam perancangan ini sangat memerlukan ukuran yang tepat khususnya ukuran komponen-komponen. Agar pada saat proses pembuatan tidak mengalami kesulitan dalam pencarian komponen yang dibutuhkan, maka dalam perancangan ini ukuran komponen disamakan dengan ukuran komponen yang mudah dijumpai di pasaran diantaranya:

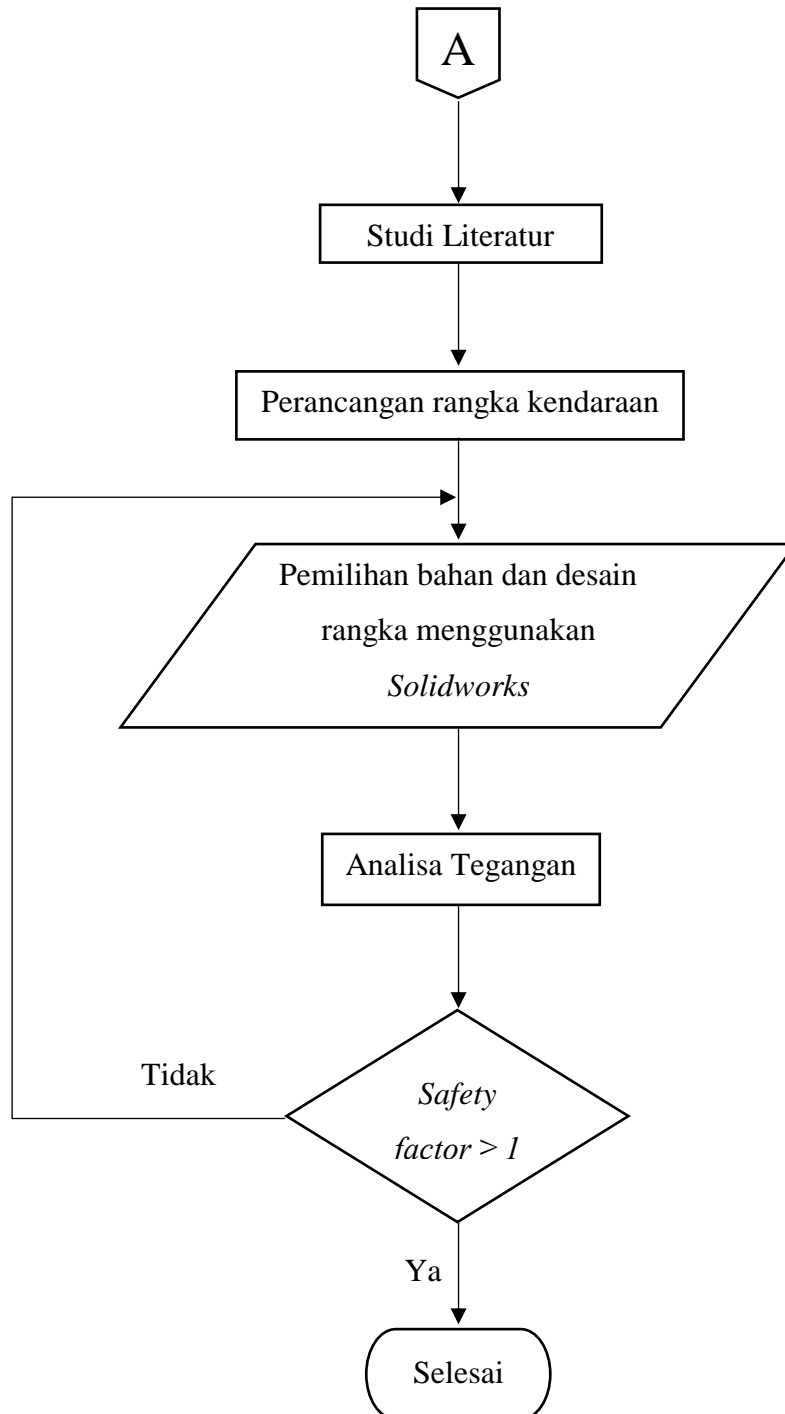
1. Satu set mesin penggerak Honda Beat PGM FI
2. Satu set sistem penerus daya
3. Satu set roda
4. Satu set rem

3.2. Diagram Alir Perancangan

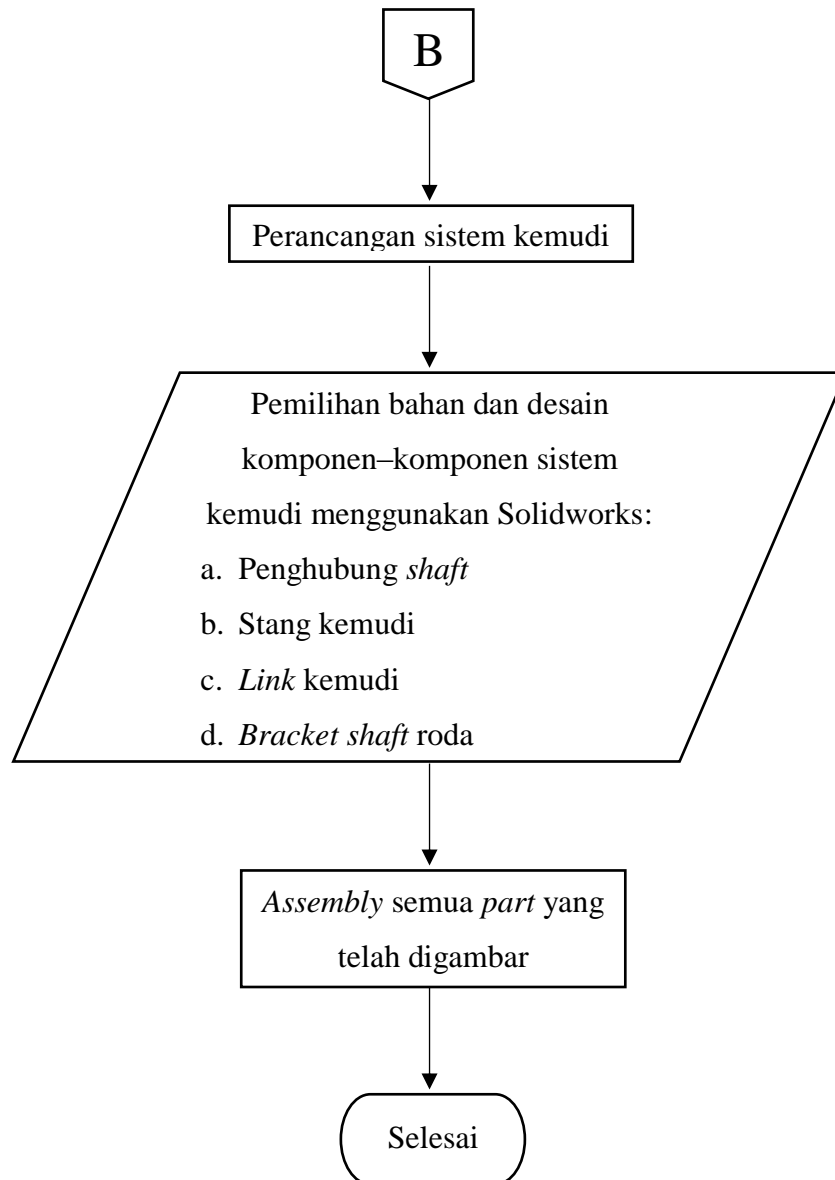
Diagram alir dalam perancangan kendaraan untuk kompetisi KMHE kategori *prototype gasoline* bertujuan untuk memudahkan dalam melaksanakan penelitian dan memperjelas tahapan-tahapan dalam perancangan kendaraan tersebut. Diagram alir pada metodologi perancangan *prototype gasoline* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6.



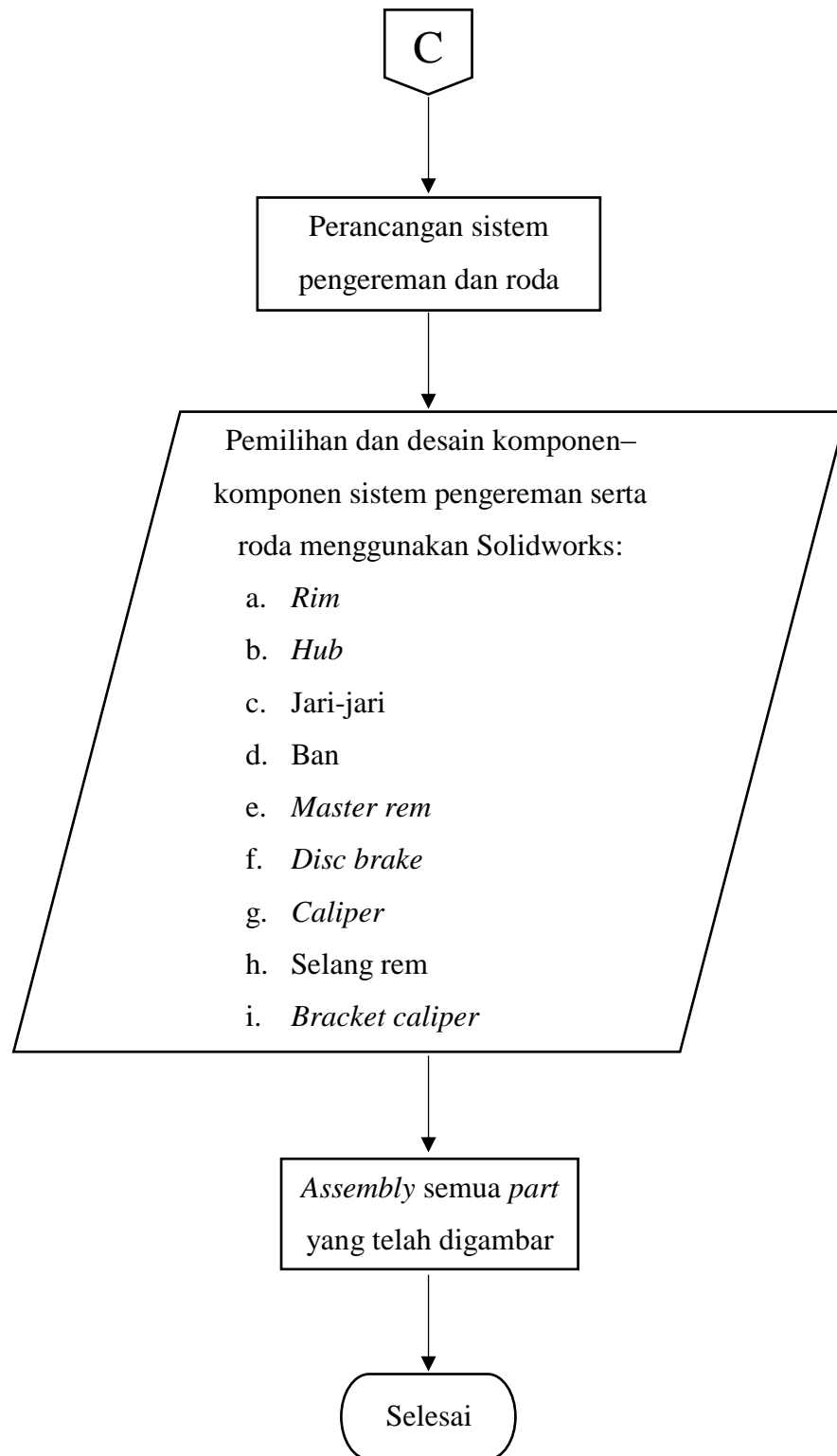
Gambar 3.1. Diagram alir perancangan *prototype gasoline*



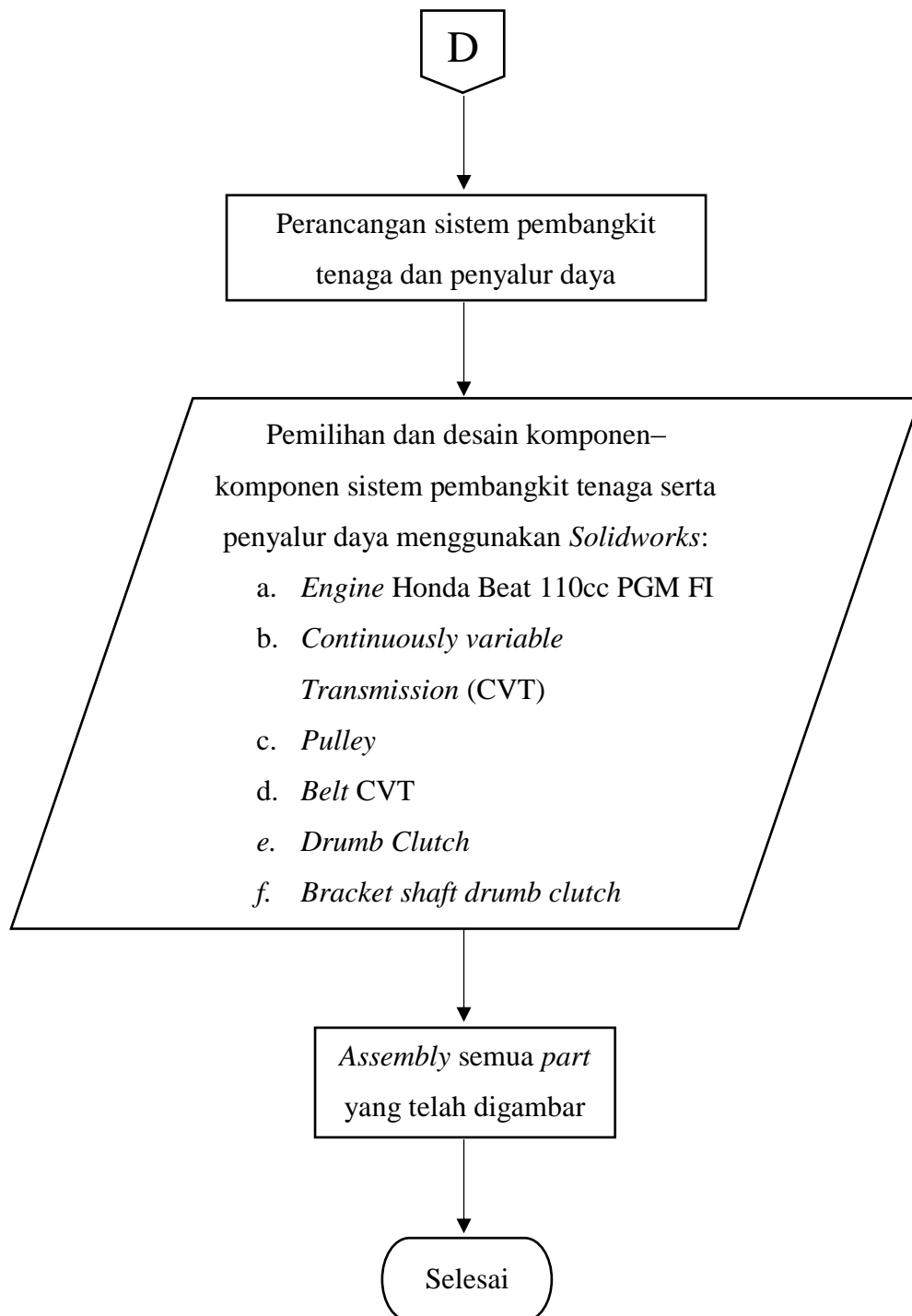
Gambar 3.2. Diagram alir perancangan rangka



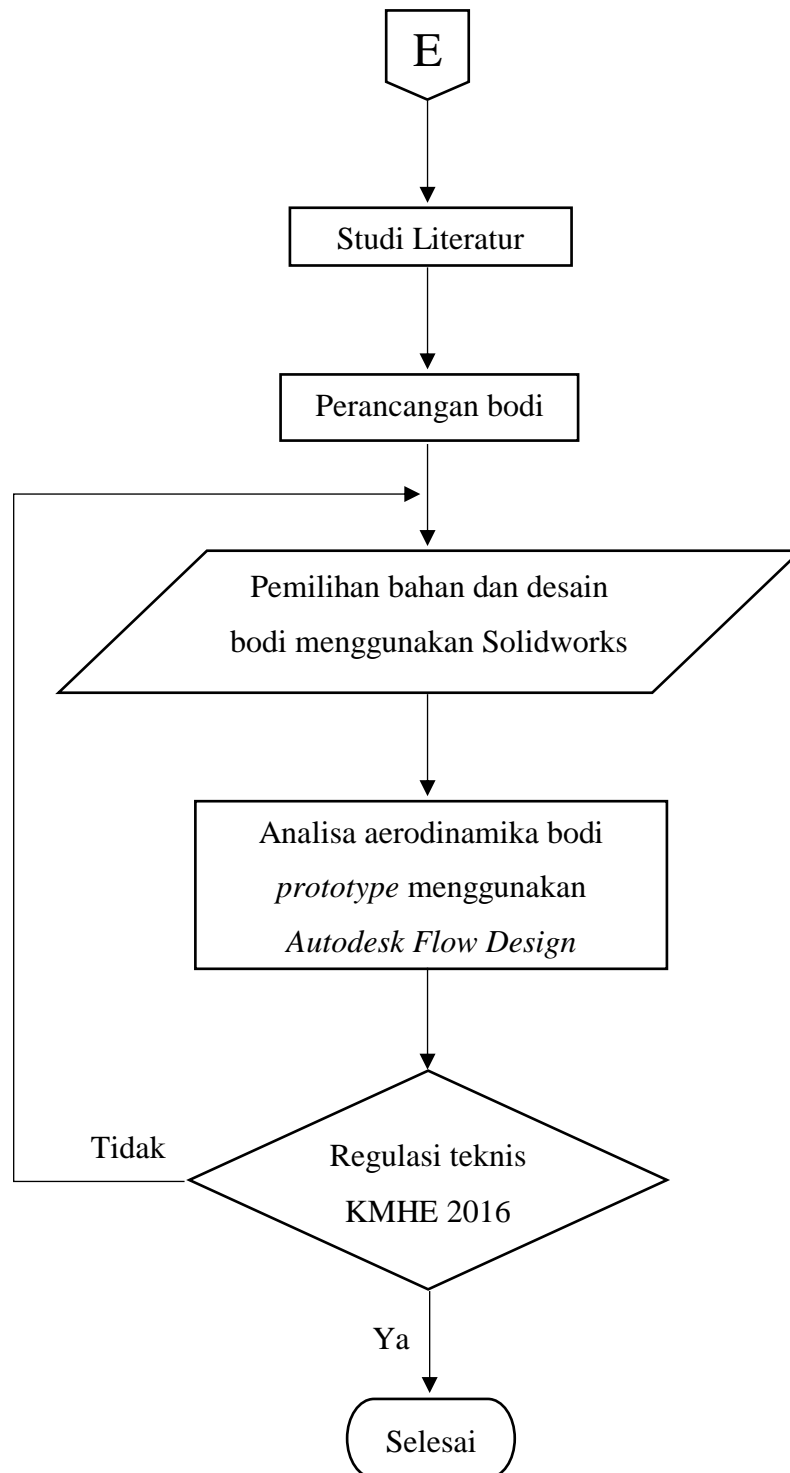
Gambar 3.3. Diagram alir perancangan sistem kemudi



Gambar 3.4. Diagram alir perancangan sistem pengereman dan roda



Gambar 3.5. Diagram alir perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya



Gambar 3.6. Diagram alir perancangan bodi

3.3. Perancangan Kendaraan *Prototype Gasoline*

Dalam perancangan kendaraan *prototype gasoline* terdapat lima tahap yaitu perancangan rangka kendaraan, perancangan sistem kemudi, perancangan sistem pengereman dan roda, perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya, dan perancangan bodi *prototype*.

3.3.1. Perancangan Rangka Kendaraan

Terdapat beberapa tahapan dalam merancang rangka kendaraan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Studi literatur

Perancangan *prototype* pada tahap awal dimulai dengan studi literatur, perancangan–perancangan rangka *prototype* sebelumnya dan mengacu pada regulasi teknis KMHE 2016 agar mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik. Pemilihan model rangka yang akan digunakan ialah mengadopsi rancangan Wibisono dan Yadi (2013) yaitu rangka tipe *ladder frame*. Alasan pemilihan tipe rangka ini yaitu karena jenis rangka ini berbentuk tangga sehingga memiliki keunggulan mampu menahan beban yang lebih dibandingkan dengan jenis-jenis rangka yang lainnya. Selanjutnya Setyono dan Gunawan (2015) melakukan desain rangka *prototype* dengan tipe rangka yang sama seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15. Namun pada perancangan yang dilakukan oleh Setyono dan Gunawan (2015) mengganti jenis material rangka yaitu menggunakan material aluminium sehingga beban dari rangka tersebut menjadi lebih ringan.

2. Dasar perancangan rangka *prototype*

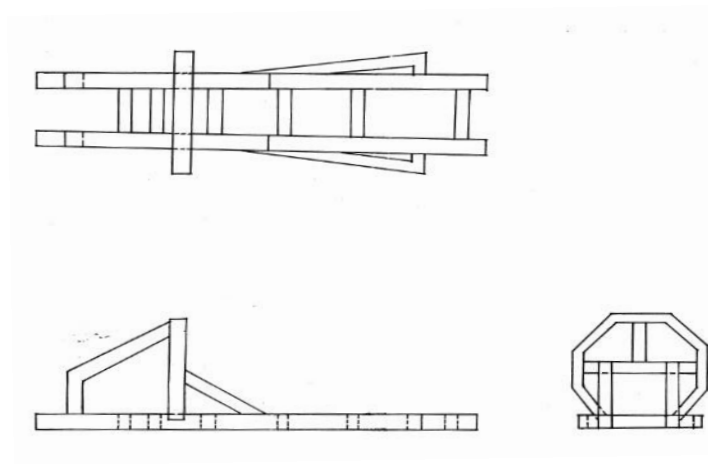
Perancangan rangka yang akan dibuat merujuk regulasi teknis KMHE 2016 sebagai berikut:

- a. Rangka kendaraan dirancang kaku dan kuat.
- b. Rangka kendaraan dilengkapi dengan *roll bar* yang memanjang, berjarak 5 cm di atas helm pengemudi yang duduk pada posisi mengemudi normal dengan sabuk pengaman terpasang.

- c. *Roll bar* dirancang melebar melebihi bahu pengemudi ketika pengemudi duduk pada posisi mengemudi normal dengan sabuk pengaman terpasang.
- d. *Roll bar* dirancang dapat menahan beban *static* sebesar 700 N pada arah *vertical, horizontal* (pada segala arah) atau tegak lurus tanpa mengalami deformasi.

3. Sketsa awal rangka

Langkah selanjutnya adalah membuat sketsa rangka *prototype* pada kertas A4 dengan tinta hitam. Hal ini dengan mempertimbangkan agar sketsa *prototype* dapat terlihat dengan jelas sehingga mudah dalam proses perancangan menggunakan *software Solidworks*. Gambar sketsa awal seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7. Berdasarkan gambar tersebut bahwa untuk menambah kekuatan pada rangka utama, maka penyusunan pada batang rangka tersebut disusun secara membujur dengan penampang arah vertikal.



Gambar 3.7. Sketsa awal rangka

4. Pemilihan bahan

Jenis material yang digunakan pada perancangan ini yaitu mengadopsi perancangan yang telah dilakukan oleh Setyono dan Gunawan (2015) yaitu aluminium *square hollow* tipe 6061. Kriteria dalam pemilihan material jenis ini yaitu *high strength to weigh ratio*, ketahanan terhadap korosi bahan kimia, *non toxicity*, mudah untuk *formability, machinability*,

material *non magnetic*, murah, dan mudah didapatkan di pasaran. Sifat mekanis material *aluminium alloy 6061* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	6.9e+010	N/m ²
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	2.6e+010	N/m ²
Mass Density	2700	kg/m ³
Tensile Strength	124084000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	55148500	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-005	/K
Thermal Conductivity	170	W/(m·K)

Gambar 3.8. Sifat mekanis material *aluminium alloy 6061* (*Solidworks 2016 x64 Edition*)

Untuk menambah kekuatan material rangka, maka aluminium *square hollow* dipasang *filler* dengan jenis material kayu balsa. Hal ini dipilih karena mempunyai massa jenis yang kecil sehingga beban dari *filler* tersebut tetaplah ringan. Sifat mekanis material kayu balsa seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2999999232	N/m ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	299999910.5	N/m ²
Mass Density	159.99	kg/m ³
Tensile Strength		N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	19999972	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.05	W/(m·K)

Gambar 3.9. Sifat mekanis material kayu balsa (*Solidworks 2016 x64 Edition*)

5. Perancangan menggunakan *software Solidworks*

Dengan mengacu pada sketsa awal rangka *prototype*, maka tahap selanjutnya yaitu melakukan perancangan menggunakan *software solidworks 2016* untuk mendapatkan detail dimensi dan bentuk rangka yang lebih nyata yaitu berupa gambar tiga dimensi.

6. *Stress Analysis*

Setelah merancang detail dimensi rangka *prototype*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan *stress analysis*. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangka tersebut mampu menahan beban yang ditimbulkan dari komponen penggerak, beban pengemudi, baterai, bodi, dan beban lain yang dapat membuat rangka *prototype* terdeformasi.

Hasil analisis simulasi didapat setelah proses *running* simulasi selesai, maka nilai maksimum dan minimum dapat dilihat secara langsung pada tampilan *software solidworks 2016*. Hasil analisa simulasi yang lebih detail dapat dilihat pada *stress analisis report*.

3.3.2. Perancangan Sistem Kemudi

Dalam perancangan sistem kemudi, terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Dasar perancangan sistem kemudi

Dasar perancangan sistem kemudi kendaraan *prototype* merujuk pada regulasi teknis KMHE 2016 sebagai berikut:

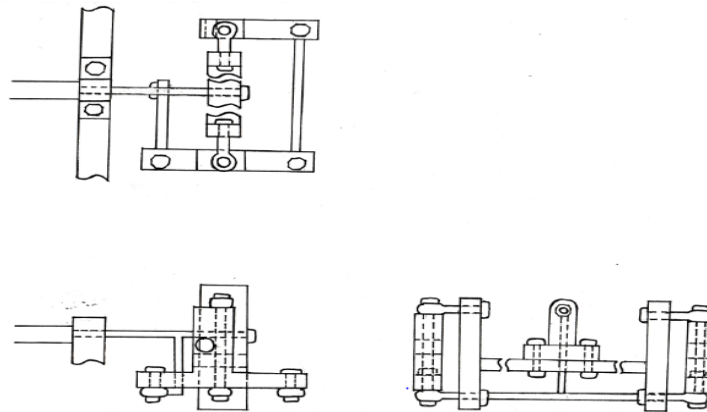
- a. *Track width* minimal 50 cm diukur pada titik kontak roda pada lintasan.
- b. Jarak sumbu roda depan dengan belakang (*wheelbase*) minimal 100 cm.
- c. Radius belok kendaraan yaitu sejauh 6 m.

Diantara banyak jenis sistem kemudi yang tersedia, maka dipilih sistem *steering* tipe *linkage*. Hal ini dikarenakan kontruksinya yang sederhana dan mudah dalam proses pembuatannya.

2. Sketsa awal sistem kemudi

Pada tahap sketsa awal ini sangat diperlukan untuk memudahkan dalam pemilihan bahan, menentukan detail dimensi perancangan, dan dapat menghasilkan rancangan gambar yang terstruktur. Gambar sketsa awal

perancangan kendaraan *prototype* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10. Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa untuk membelokkan roda depan, maka stang kemudi diputar sehingga kolom kemudi meneruskan putaran ke link kemudi. Selanjutnya *link* kemudi tersebut memperbesar momen putar, sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*).



Gambar 3.10. Sketsa awal sistem kemudi

3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software Solidworks*

Setelah menentukan komponen-komponen yang akan didesain, maka tahap selanjutnya ialah visualisasi desain awal. Pada tahap ini dapat terlihat detail dimensi dari perancangan sistem kemudi. Komponen utama penyusun sistem kemudi dan jenis material seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2.




Tabel 3.2. Jenis material komponen sistem kemudi

No.	Nama komponen	Jenis material
1	Penghubung <i>shaft</i>	<i>Steel Square hollow</i> ASTM A38
2	Stang kemudi	Aluminium <i>alloy hollow</i> 6061
3	<i>Link</i> kemudi	Aluminium <i>alloy</i> 6061
4	Bracket <i>shaft</i> roda	Aluminium <i>alloy</i> 6061
5	<i>Bracket</i> setang kemudi	Kayu balsa
6	<i>Link</i> penghubung kemudi	<i>Steel</i> ASTM A38
7	<i>Link stabizer</i> kemudi	Aluminium <i>alloy</i> 6061

4. Pemilihan komponen sistem kemudi

Untuk memudahkan dalam perancangan ini, beberapa komponen penyusun sistem kemudi sengaja mengambil komponen yang telah tersedia di pasaran antara lain seperti ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Komponen sistem kemudi

No	Nama komponen	Keterangan	Gambar
1	<i>Ball joint</i>	M8	
2	<i>Universal ball joint</i>	1/2"	
3	<i>Bearing</i>	6000ZZ Bearing 10x26x8 Shielded	

5. Assembly

Setelah merancang setiap komponen (*part*) yang dibutuhkan pada kendaraan *prototype*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan (*assembly*) setiap *part* menjadi satu kesatuan. Dari sinilah detail dimensi mesin tersebut dapat ditentukan.

3.3.3. Perancangan Sistem Pengereman Dan Roda

Dalam perancangan sistem pengereman dan roda, terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

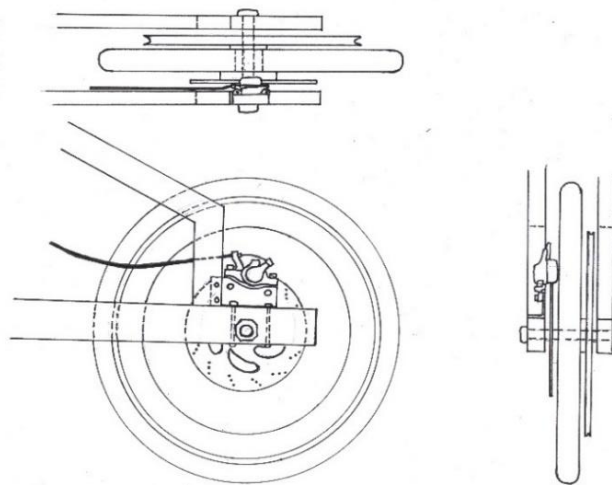
1. Dasar perancangan sistem pengereman dan roda

Dasar perancangan *prototype* pada sistem pengereman dan roda mengacu pada regulasi teknis KMHE 2016 sebagai berikut:

- a. Kendaraan harus dilengkapi dengan sistem pengereman yang terpisah, yaitu sistem pengereman roda depan dan roda belakang.

- b. Setiap sistem pengereman memiliki mekanisme kendali tersendiri (tuas atau pedal injak), transmisi aktuasi (kabel atau pipa) dan mekanisme aktuasi (penjepit atau sepatu rem).
 - c. Dalam mengaktifkan kedua sistem pengereman harus dimungkinkan secara bersamaan tanpa melepaskan pegangan dari stang kemudi.
 - d. Diperbolehkan dalam penggunaan segala jenis velg dan ban.
2. Sketsa awal sistem pengereman dan roda

Pada tahap ini sketsa awal meliputi penggambaran komponen-komponen sistem pengereman dan roda *prototype* pada kertas A4 dengan tinta hitam seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11. Berdasarkan regulasi di atas maka jenis sistem pengereman yang akan digunakan yaitu sistem pengereman dengan mekanisme kendali berupa tuas pada stang kemudi untuk pengereman roda belakang dan pedal injak untuk pengereman roda depan. Jenis transmisi aktuasi pada sistem pengereman berupa kabel yang dihubungkan ke *caliper* sebagai komponen untuk menjepit *disk brake* sehingga menghasilkan daya pengereman. Sebagai penggerak *prototype*, maka komponen roda dipilih ukuran velg dan ban dengan ukuran diameter 15 *inch*.



Gambar 3.11. Sketsa awal sistem pengereman dan roda

3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software Solidworks*

Untuk visualisasi awal rancangan pada sistem pengereman dan roda, maka tahap selanjutnya yaitu perancangan menggunakan *software Solidworks*. Perancangan ini meliputi pembuatan desain komponen bracket rem depan dan belakang dengan pemilihan jenis material yaitu *steel sheet* ASTM A36. Jenis material ini dipilih karena dalam pengaplikasiannya bracket rem menjadi tumpuan caliper yang harus mampu menahan laju kendaraan saat terjadi pengereman, sehingga material harus mempunyai kekuatan yang lebih baik.

4. Pemilihan komponen sistem pengereman dan roda

Jenis komponen-komponen penyusun yang dipilih untuk sistem pengereman dan roda seperti ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Komponen sistem pengereman dan roda

No	Nama komponen	Spesifikasi	Gambar
1	<i>Brake lever</i>	Shimano BL-M445	
2	Selang rem	Shimano SM-BH59-1250	
3	<i>Brake caliper</i>	Shimano BR-M446	
4	<i>Disk brake</i>	Avid G3CS	
5	<i>Hub depan</i>	Novatech DH41SB	

No	Nama komponen	Spesifikasi	Gambar
6	Hub belakang	Novatech DO42SB	
7	Velg depan	Free 36H 20 Inch	
8	Velg belakang	Eclat bondi Etrto 20" 406x28	
9	Jari-jari	Novatech 18 cm	
10	Ban depan	Schwalbe Kojak 35-406 (20x1,35)	
11	Ban belakang	Maxxis Miracle 20x2,10	
12	Ban dalam roda depan	Schwalbe	
13	Ban dalam roda belakang	Maxxis 20x1,90/2,125	

5. Assembly

Setelah selesai proses desain komponen-komponen pengereman, maka langkah selanjutnya ialah penggabungan atau *assembly* antar komponen-komponen tersebut agar menjadi satu kesatuan gambar desain sistem pengereman dan roda yang terstruktur.

3.3.4. Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga Dan Penyalur Daya

Perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

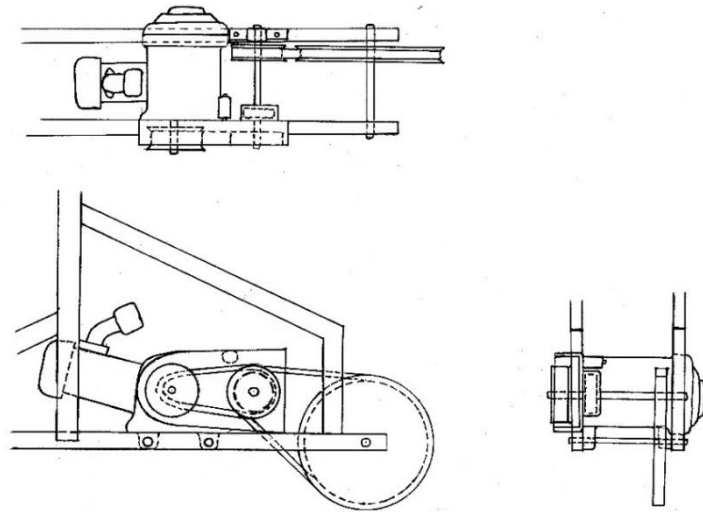
1. Dasar perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

Dasar perancangan pada sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya merujuk pada regulasi teknis KMHE 2016 sebagai berikut:

- a. Semua kendaraan dengan sistem pembangkit tenaga pembakaran dalam (*internal combustion*) wajib dilengkapi dengan penerus dan pemutus aliran daya (*clutch*). Hal ini dimungkinkan agar selama pemeriksaan maupun pengisian bahan bakar kendaraan tetap pada kondisi diam meskipun mesin bekerja.
- b. Bagi kendaraan dengan tranmisi rantai atau *belt* harus dilengkapi dengan penutup agar pengemudi atau teknisi terlindungi apabila sewaktu-waktu rantai atau *belt* putus.

2. Sketsa awal sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

Sketsa awal perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12. Berdasarkan gambar tersebut, maka jenis pembangkit tenaga (*engine*) dipilih menggunakan *engine* sepeda motor tipe *scooter* yaitu Honda Beat PGM FI dengan kubikasi silinder 110 cc. Sistem pemutus dan penyalur daya yang digunakan yaitu jenis *Continuously Variable Transmission* (CVT) yang dilengkapi dengan *pulley* dan *belt* CVT disebelah kanan yang terhubung langsung oleh poros dari *drumb clutch*.



Gambar 3.12. Sketsa awal sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software Solidworks*

Tahap ini dengan maksud untuk memperjelas gambar komponen-komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya dari sketsa awal agar terlihat lebih detail lagi. Perancangan ini meliputi pembuatan desain komponen-komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya seperti ditunjukkan pada Tabel 3.5.








Tabel 3.5. Jenis material komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

No.	Nama komponen	Jenis material
1	<i>Bracket shaft transmisi</i>	<i>Steel sheet ASTM A38</i>
2	Penutup transmisi primer	<i>E-Glass fiber</i>
3	Penutup transmisi sekunder	<i>E-Glass fiber</i>
4	<i>Pulley belakang transmisi</i>	<i>Aluminium alloy 6061</i>

4. Pemilihan komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

Pada perancangan sistem ini, terdapat banyak komponen yang sengaja dipilih karena ketersediaan di pasaran cukup banyak. Komponen-komponen tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

No	Nama komponen	Spesifikasi	Gambar
1	<i>Engine</i>	Honda Beat PGM FI	
2	Pulley CVT depan	AHM 22110-K44-V00	
3	<i>Pulley CVT belakang</i>	AHM 23224-K44-V00	
4	<i>Belt primer</i>	Cogged Classical V-Belts AX20	
5	<i>Belt sekunder</i>	Cogged Classical V-Belts AX49	
6	<i>Drumb clutch</i>	Staton-Inc 5000	
7	<i>Free wheel</i>	Shimano CS-HG50-10	

5. Assembly

Agar komponen-komponen yang telah didesain menjadi rancangan sebuah sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya, maka perlu dilakukan *assembly* antar komponen-komponen tersebut secara sempurna.

3.3.5. Perancangan Bodi

Perancangan bodi meliputi tahap-tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap awal perancangan *prototype* dimulai dengan studi literatur, dengan melihat perancangan–perancangan *prototype* sebelumnya dan regulasi teknis KMHE 2016 agar dapat menghasilkan rancangan yang lebih baik. Pada perancangan sebelumnya yang telah dilakukan oleh Azwir dkk (2014) pada Mataram Proto Modifikasi mempunyai desain aerodinamis yang baik namun mempunyai kelemahan kurangnya struktur profil penguat pada bodi tersebut. Selanjutnya Sapto dan Yamin (2014) melakukan rancangan bodi pada mobil *hybrid* kategori *urban concept*. Pada rancangan tersebut mempunyai kelemahan yaitu terlalu banyaknya profil penguat yang berakibat membesarnya nilai *coefficient drag* serta pada saat proses pembuatan bodi menjadi lebih rumit. Berdasarkan studi literatur di atas, maka akan dilakukan perancangan sebuah bodi *prototype* yang aerodinamis dengan mengadopsi rancangan yang telah dilakukan oleh Azwir dkk (2014) dengan opsi penambahan profil penguat di beberapa bagiannya.

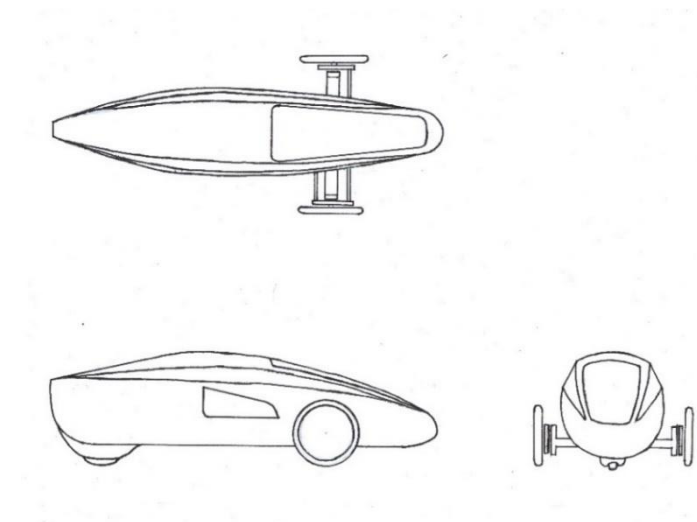
2. Dasar perancangan bodi

Bodi perlu dirancang dengan baik agar menghasilkan bodi kendaraan yang *streamline* dan aerodinamis tanpa mengesampingkan faktor keamanan pengemudi maupun orang lain. Dasar perancangan bodi ini mengacu pada regulasi teknis KMHE 2016 sebagai berikut:

- a. Panjang keseluruhan kendaraan maksimal 350 cm.
- b. Lebar keseluruhan kendaraan maksimal 130 cm.
- c. Ketinggian maksimal kendaraan adalah 100 cm
- d. Tidak diperbolehkan menggunakan pelengkap *aerodynamic* yang dapat diatur atau dapat berubah bentuk karena angin ketika kendaraan bergerak.
- e. Badan kendaraan tidak boleh mudah berubah bentuk karena faktor angin dan tidak boleh termasuk tambahan eksternal yang mungkin berbahaya terhadap anggota tim lainnya.

3. Sketsa awal bodi

Pada tahap ini rancangan awal kendaraan digambar menggunakan tinta hitam pada kertas A4 sesuai dengan regulasi teknis KMHE 2016 di atas. Hal-hal penting yang diperhatikan adalah bentuk dasar bodi yang *streamline*, yaitu bentuk berupa tetesan air agar mendapatkan nilai aerodinamis yang maksimum. Bentuk sketsa awal bodi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Sketsa awal bodi

4. Pemilihan bahan

Untuk mendapatkan bodi yang baik maka diperlukan jenis material yang bersifat aman, ringan, dan mudah dalam proses pembentukan. Salah satu jenis material yang digunakan pada perancangan ini yaitu *C glass fiber* dengan motif serat berupa anyaman dan mempunyai massa jenis yang ringan yaitu 2520 kg/m^3 . Hal ini dipilih karena jenis serat ini sangat ringan dan lebih mudah saat proses pembentukan bodi dari pada jenis serat acak. Material *C glass fiber* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.

Gambar 3.14. Material C *glass fiber*

Selain jenis material C *fiber glass*, dalam perancangan ini juga menggunakan jenis material acrylic. Material ini diaplikasikan pada bodi bagian depan, samping kanan dan kiri untuk memberi jarak pandang bagi pengandara. Propertis material *acrylic* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	3000000000	N/m ²
Poisson's Ratio	0.35	N/A
Shear Modulus	890000000	N/m ²
Mass Density	1200	kg/m ³
Tensile Strength	73000000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	45000000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	5.2e-005	/K
Thermal Conductivity	0.21	W/(m·K)

Elastic Modulus	3000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.35	N/A
Shear Modulus	890	N/mm ²
Mass Density	1200	kg/m ³
Tensile Strength	73	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	45	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	5.2e-005	/K
Thermal Conductivity	0.21	W/(m·K)

Gambar 3.15. Propertis material *acrylic*

3. Perancangan menggunakan *software Solidworks*

Dengan mengacu pada sketsa awal bodi, maka tahap selanjutnya melakukan perancangan dengan menggunakan *software solidworks* untuk mendapatkan detail dimensi dan visualisasi rancangan desain yang lebih nyata yaitu berupa gambar tiga dimensi. Pada tahap ini perancangan bodi dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah. Pada bodi bagian atas sisi depan dan samping kanan maupun kiri dilengkapi dengan

bodi transparan untuk visibilitas pengemudi dan juga dilengkapi dengan pintu sebagai akses pengemudi di sisi sebelah atas. Pada bodi bagian bawah dilengkapi dengan ventilasi udara yang berfungsi sebagai akses jalan udara masuk ke ruang *engine*.

4. Analisa aerodinamika bodi

Setelah merancang detail dimensi bodi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisa aerodinamika. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai hambat udara yang terjadi apabila kendaraan sedang bergerak, sehingga mendapatkan hasil rancangan desain bodi kendaraan yang aerodinamis namun juga kuat.