

BAB III
METODOLOGI PERANCANGAN *PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK
LINGSAR PROTO 3

3.1. Waktu dan Tempat Perancangan

Waktu perancangan : Juli – September (2 bulan)

Tempat perancangan : Lab. Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta

3.2. Alat dan Bahan Perancangan

3.2.1. Alat Perancangan

Alat yang digunakan pada perancangan ini yaitu:

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

Tabel 3.1. Spesifikasi Laptop Asus

<i>Operation System</i>	<i>Windows 10 Home Single Language</i>
<i>Processor</i>	Intel(R) Core(TM) i5-8250 U
CPU	1.60 GHz 1.80 GHz
<i>Installed Memory (RAM)</i>	4 GB
<i>System Type</i>	64-bit <i>Operating system,</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:

- a) *Autodesk Inventor 2017 x64 Edition*, untuk perancangan rangka dan komponen *prototype*.
- b) *Autodesk Fusion 360*, untuk perancangan bodi *prototype*.
- c) *Autodesk Flow Design*, untuk simulasi aerodinamis *prototype*.

3. Jangka sorong (*vernier caliper*)

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi komponen-komponen yang terdapat di pasaran, diantaranya motor penggerak, roda, transmisi, rem dan lain sebagainya.

4. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur dimensi komponen-komponen dengan ketelitian yang lebih besar misalnya

5. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur komponen-komponen yang lebih panjang terkait tinggi pengemudi dan acuan panjang *prototype* kendaraan yang terdahulu.

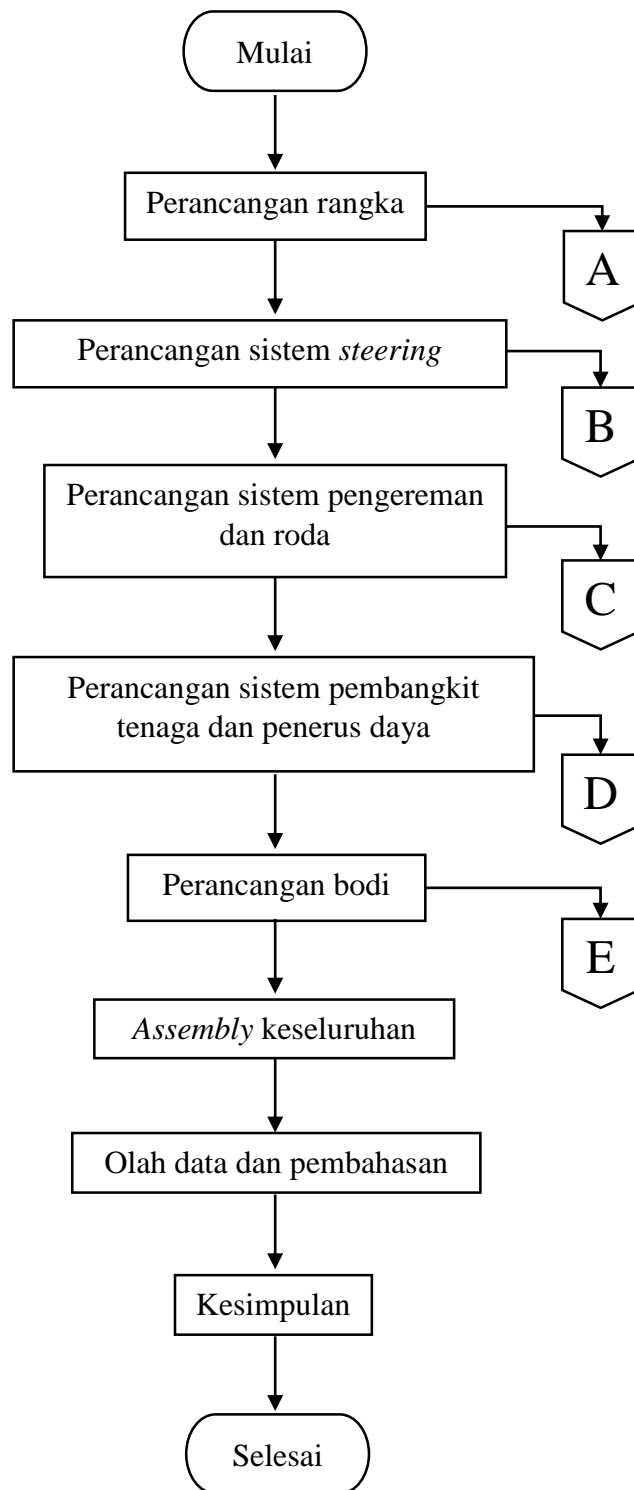
3.2.2. Bahan Perancangan

Dalam perancangan ini diperlukan ukuran yang tepat khususnya ukuran komponen-komponen yang akan digunakan. Dalam mempermudah saat proses pembuatan dan perakitan, maka ukuran komponen-komponen yang dibutuhkan disamakan dengan ukuran komponen yang terdapat di pasaran, antara lain:

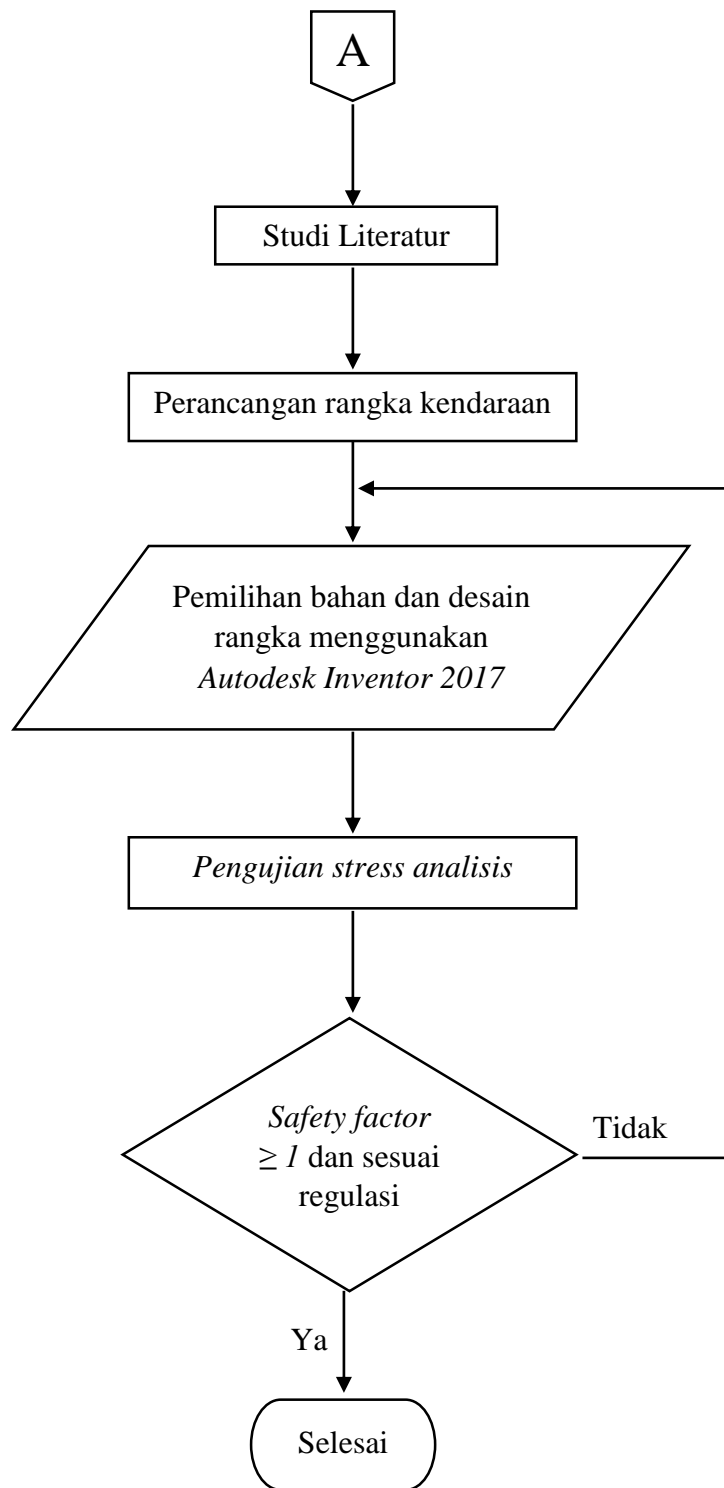
1. Satu set motor penggerak *Electric BLDC Hub Motor* 1000 Watt
2. Satu set roda
3. Satu set sistem penerus daya
4. Satu set rem
5. Satu set komponen elektrik.

3.3. Diagram Alir Perancangan

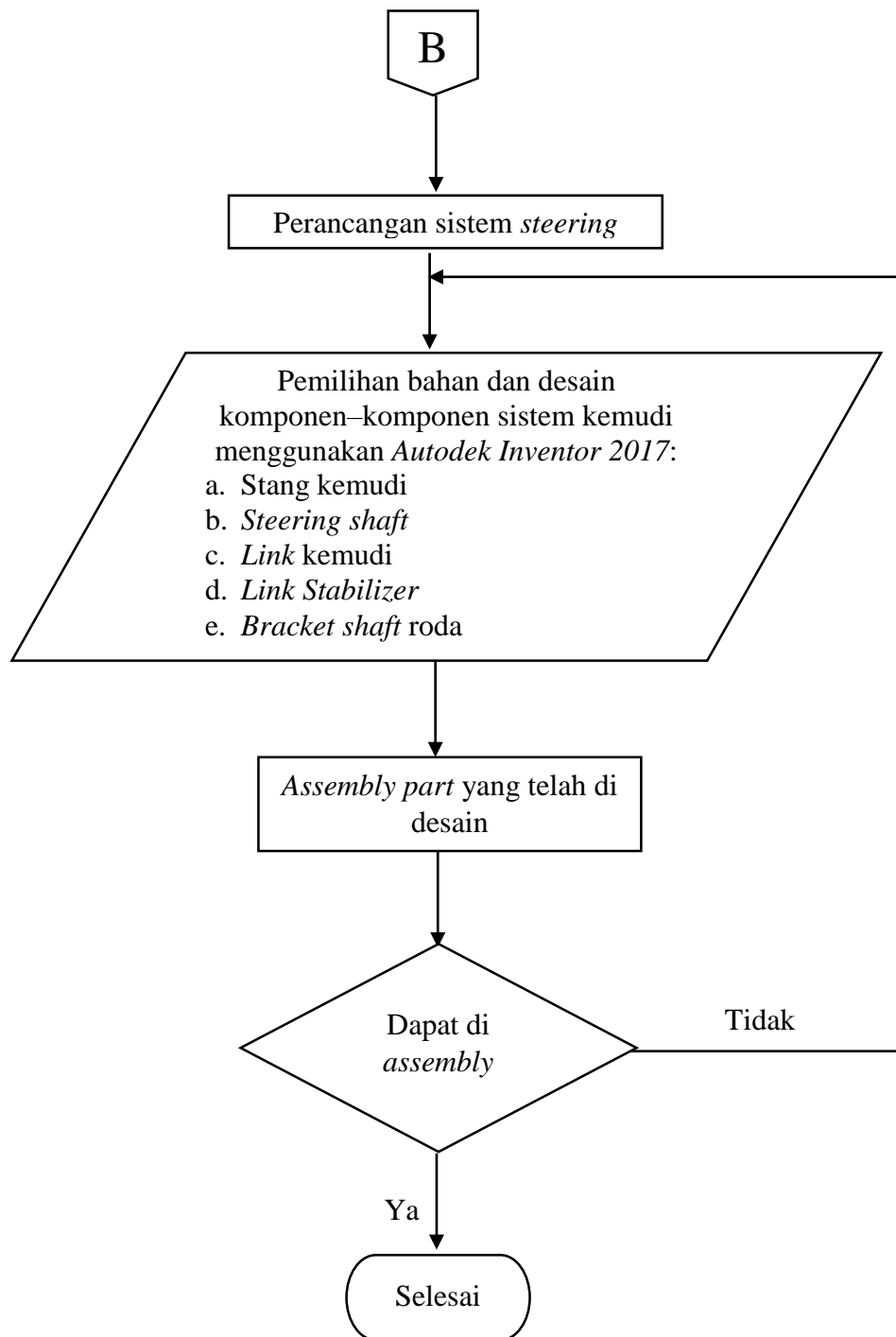
Diagram Alir dalam perancangan *prototype* mobil listrik Lingsar Proto 3 bertujuan untuk memudahkan dalam melaksanakan perancangan dan memperjelas tahapan-tahapan dalam perancangan *prototype* tersebut. Diagram alir pada metodologi perancangan *prototype* Lingsar Proto 3 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6.



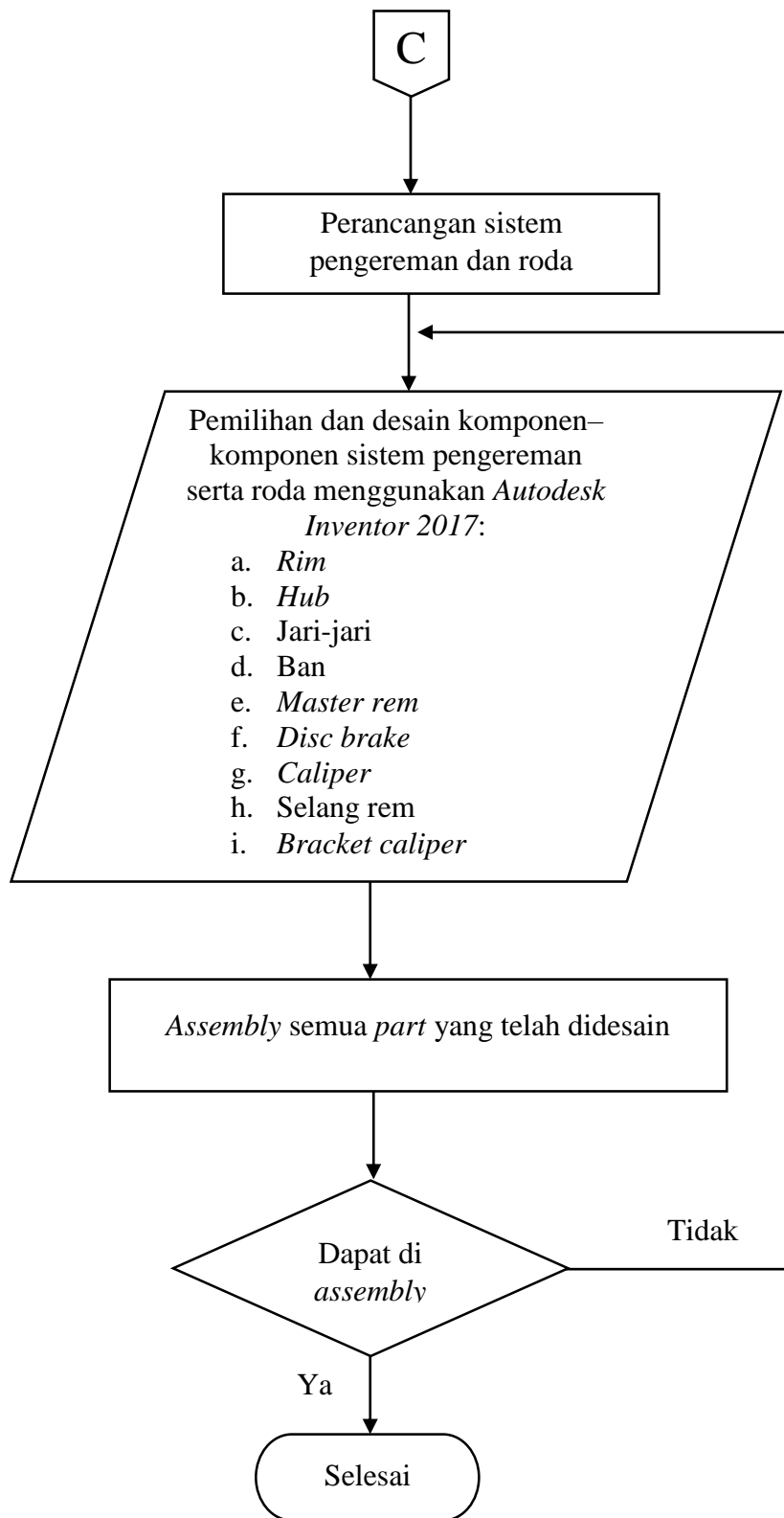
Gambar 3.1. Diagram alir perancangan *prototype* Lingsar Proto 3



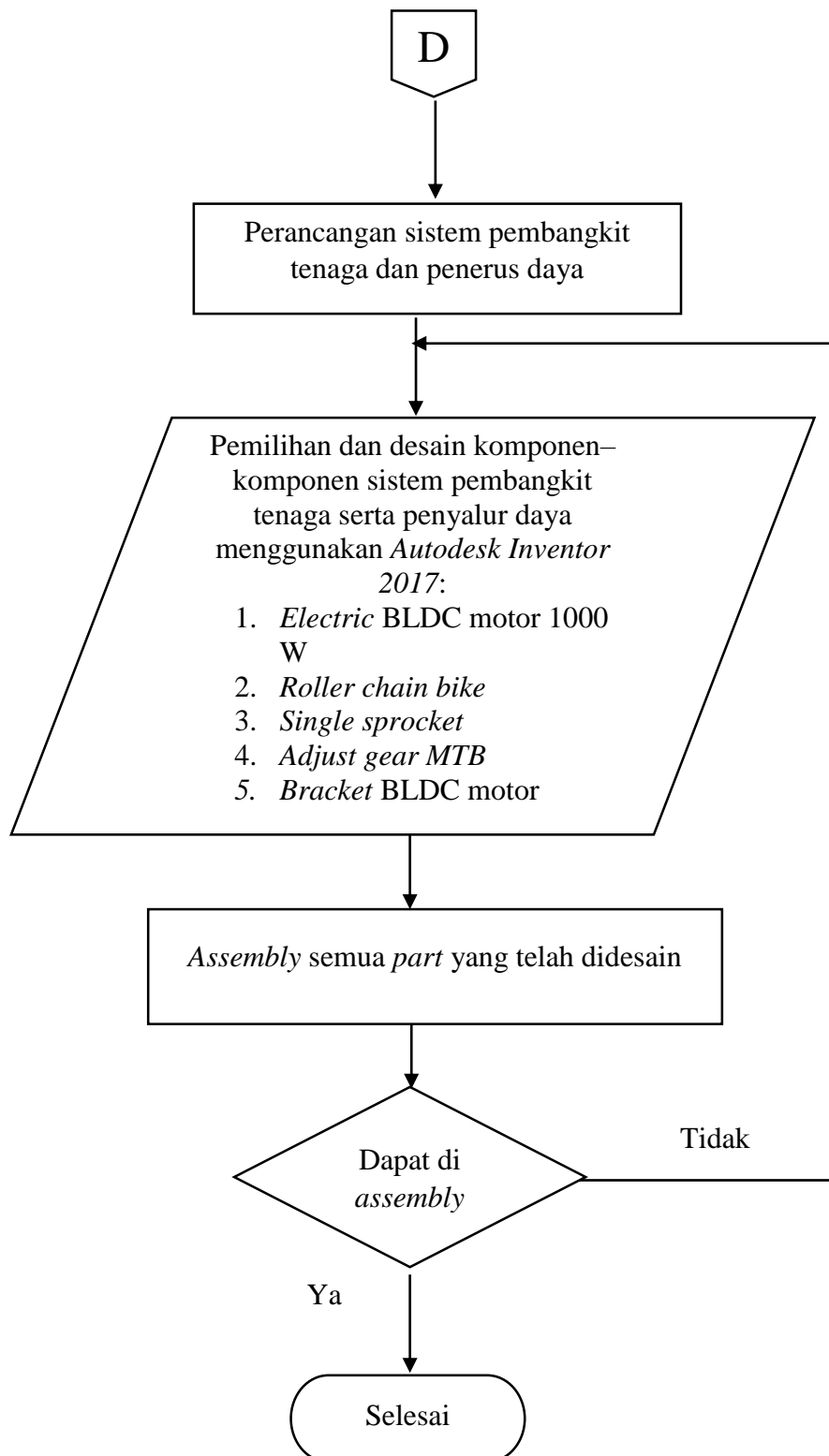
Gambar 3.2. Diagram alir perancangan rangka



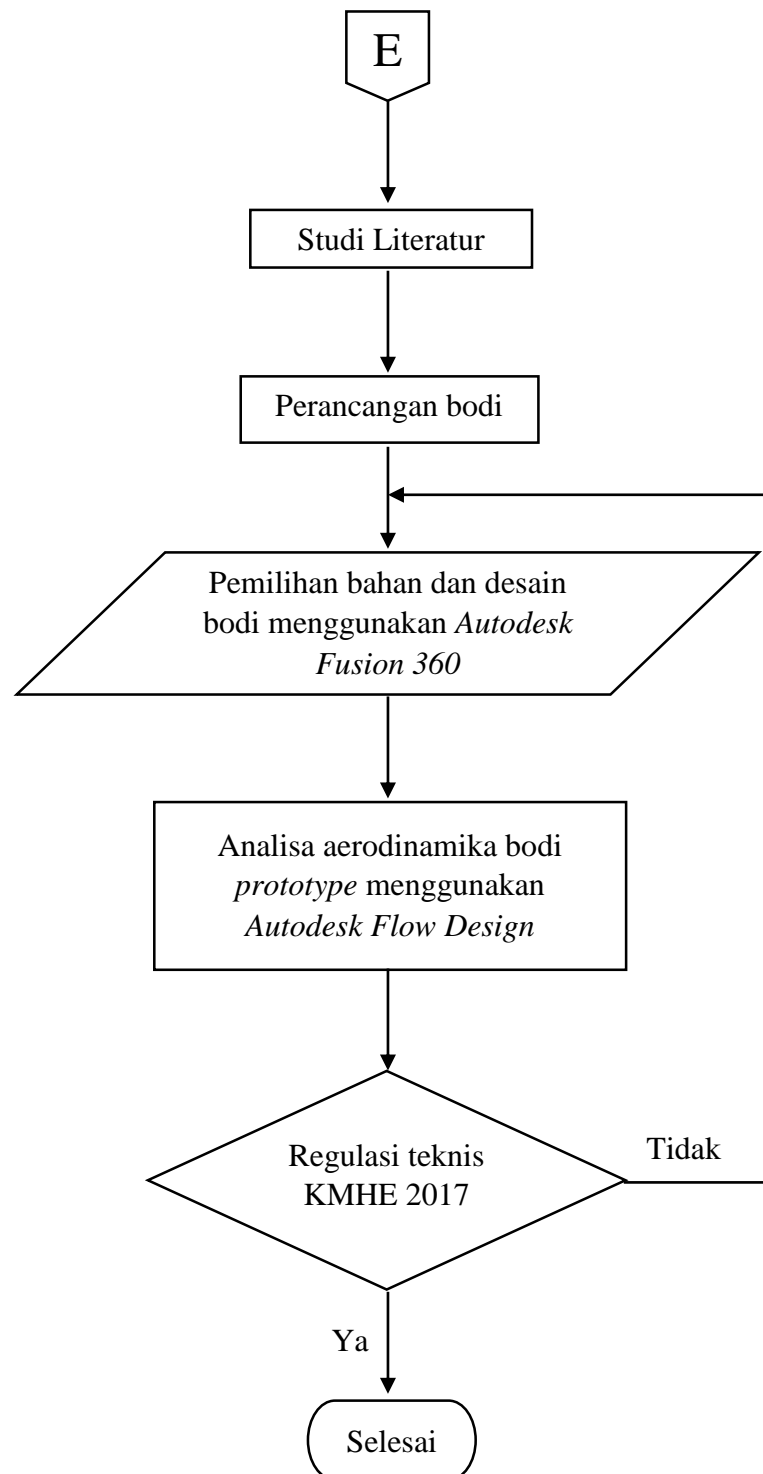
Gambar 3.3. Diagram alir perancangan sistem *steering*



Gambar 3.4. Diagram alir perancangan sistem pengereman dan roda



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



Gambar 3.6. Diagram alir perancangan bodi *prototype*

3.4. Perancangan *Prototype* Kendaraan Lingsar Proto 3

Dalam perancangan kendaraan Lingsar Proto 3 dibagi menjadi lima tahapan yaitu perancangan rangka *prototype*, perancangan sistem *steering*, perancangan sistem pengereman dan roda, perancangan sistem pembangkit tenaga dan penerus daya, dan perancangan bodi *prototype*.

3.4.1. Perancangan Rangka Lingsar Proto 3

Dalam perancangan rangka Lingsar Proto 3 terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut

1. Studi literatur

Tahapan awal yang dilakukan dalam perancangan Lingsar Proto 3 dimulai dengan studi literatur, perancangan rangka dilakukan dengan mengacu pada regulasi teknis KMHE 2017 dan perancangan-perancangan rangka kendaraan sebelum-sebelumnya agar mendapatkan hasil rancangan yang baik. Perancangan model rangka yang akan digunakan ialah mengadopsi rancangan Wahyudi dan Fahrudi (2016) yaitu rangka dengan jenis *ladder frame*. Perancangan rangka dengan jenis *ladder frame* ini memiliki keunggulan mampu menahan dan menopang beban yang lebih dibandingkan dengan rangka jenis lainnya.

Dalam mengurangi beban kendaraan perancangan rangka dilakukan dengan melakukan penggantian material menjadi aluminium dan tipe rangka yang dirancang yaitu tipe *ladder frame* seperti yang dilakukan oleh Setyono dan Gunawan (2015).

2. Dasar perancangan rangka *prototype*

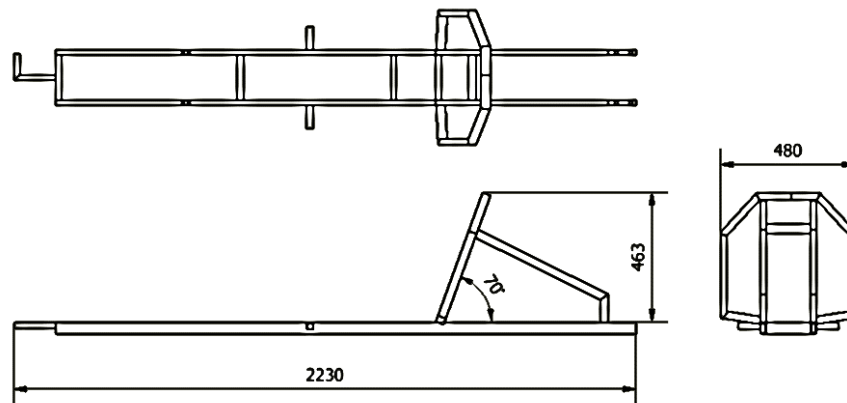
Perancangan rangka yang dilakukan yaitu dengan merujuk regulasi teknis KMHE 2017 sebagai berikut:

- a. Rangka kendaraan yang dirancang harus kaku dan kuat.
- b. Pada rangka kendaraan dibuat *roll bar* yang memanjang berjarak 5 cm di atas helm pengemudi saat posisi mengemudi normal.
- c. Lebar *roll bar* dirancang melebihi lebar bahu pengemudi saat pengemudi dalam posisi mengemudi normal dengan sabuk pengaman terpasang.

- d. *Roll bar* dirancang dapat menahan beban statis sebesar 700 N pada arah *vertical, horizontal* (segala arah) atau tegak lurus tanpa mengalami deformasi.

3. Rancangan awal rangka (sketsa)

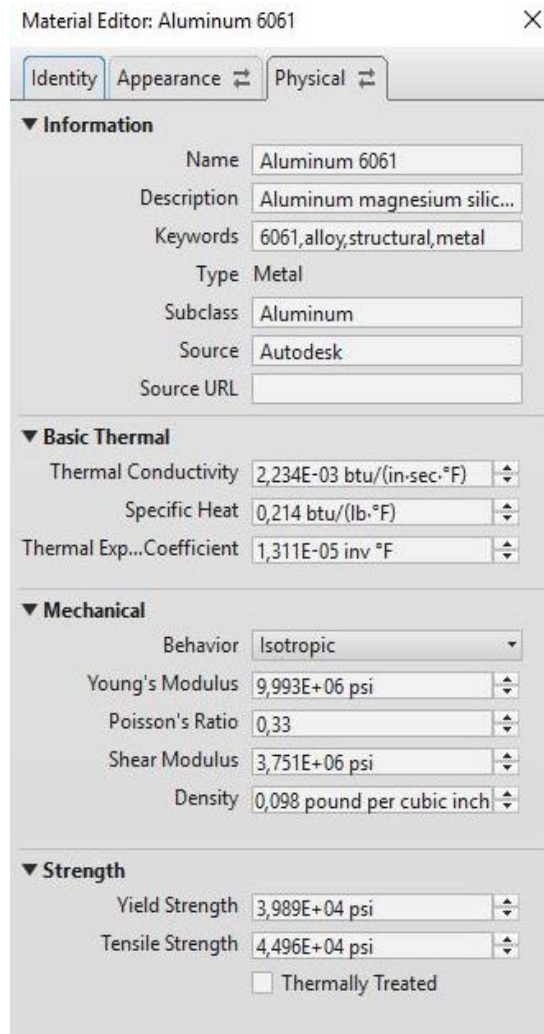
Langkah selanjutnya yaitu pembuatan sketsa rangka pada kertas A4 dengan tinta hitam. Rangka dirancang dengan dua batang utama yang diletakkan sejajar kemudian disambung dengan lima batang penguat yang diletakkan melintang, *roll bar* dirancang miring untuk memperluas ruang kemudi dan menyesuaikan posisi pengemudi keadaan setengah tegak saat mengemudi namun tetap kuat dengan ditambahnya penyangga pada bagian belakang *roll bar*. Gambar sketsa awal rangka seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Sketsa rangka

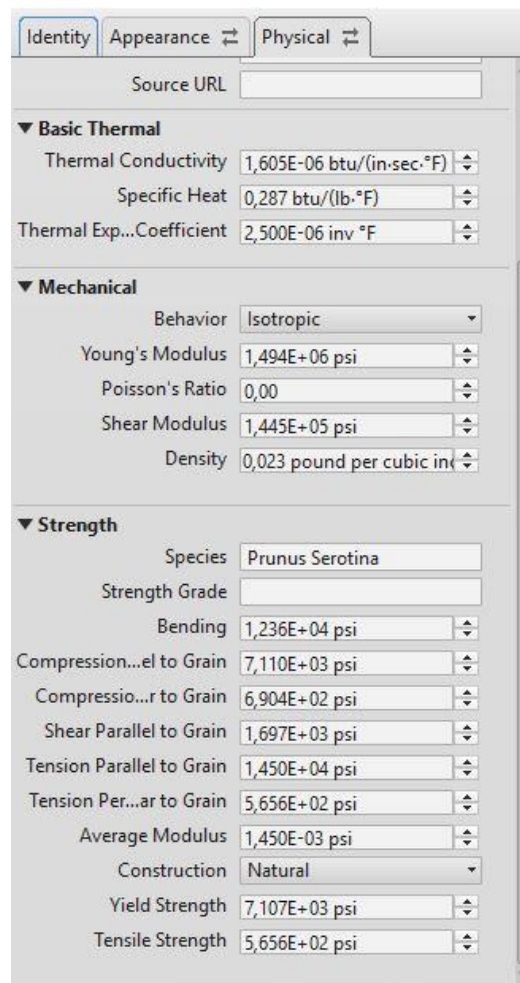
4. Pemilihan bahan

Jenis material yang digunakan dalam perancangan rangka ini yaitu mengacu pada perancangan yang telah dilakukan oleh Setyono dan Gunawan (2015) yaitu aluminium *alloy* persegi panjang berongga tipe 6061. Pertimbangan kriteria dalam pemilihan material jenis ini yaitu tahan terhadap korosi bahan kimia, *non toxicity*, mudah dibentuk (*formability*), mudah dilakukan proses pemesinan (*machinability*), *high strength to weight ratio*, murah dan banyak dijual di pasaran. Sifat mekanis material aluminium alloy 6061 sepperti ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Sifat mekanis aluminium *alloy* 6061 (*Autodesk Inventor* 2017)

Untuk menambah kekuatan rangka, maka material aluminium *rectangle hollow* ditambahkan *filler* dengan jenis material kayu balsa. Kayu balsa dipilih karena mempunyai massa jenis yang kecil sehingga *filler* yang ditambahkan pada rangka tidak menambah berat yang signifikan pada rangka. Sifat mekanis kayu balsa seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Sifat mekanis kayu balsa (*Autodesk Inventor 2017*)

5. Perancangan menggunakan *software*

Dalam perancangan menggunakan *software Autodesk Inventor 2017* maka dapat dilakukan dengan mengacu pada sketsa awal yang telah digambar sebelumnya. Perancangan ini bertujuan untuk mendapatkan detail, ukuran dan bentuk rangka yang lebih nyata yaitu berupa gambar tiga dimensi.

6. *Stress analysis*

Setelah merancang detail dan ukuran rangka, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian *stress analysis*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan desain rangka yang telah dirancang melalui *software Autodesk Inventor 2017* dalam menahan beban-beban yang diterima oleh rangka diantaranya beban komponen penggerak, sumber tenaga, bodi, beban pengemudi, dan beban-beban lain yang diterima oleh rangka. Serta mencegah

terjadinya kegagalan sebelum dilakukan proses pembuatan (Vijaykumar dan Patel, 2012).

Hasil pengujian *stress analysis* akan didapat setelah proses *running* simulasi pengujian selesai, hasil yang muncul berupa nilai dan posisi *stress* serta defleksi minimum dan maksimum yang terjadi pada rangka, dapat dilihat pada tampilan *software Autodesk Inventor 2017*. Untuk hasil pengujian *stress analysis* dapat dilihat secara detail pada *stress analysis report*. Dari hasil analisis tersebut, maka dapat dilakukan perbaikan dan modifikasi rangka untuk mengurangi besarnya defleksi sebelum proses pembuatan. (Sani, dkk, 2009)

3.4.2. Perancangan Sistem *Steering*

Dalam perancangan sistem *steering*, dibagi menjadi beberapa tahap yaitu sebagai berikut:

1. Dasar perancangan sistem *steering*

Sistem *steering* berfungsi untuk mengatur arah kendaraan dengan membelokkan roda depan ataupun roda belakang (Setyono dan Setiawan, 2015). Perancangan sistem *steering* Lingsar Proto merujuk pada regulasi teknis KMHE 2017 sebagai berikut:

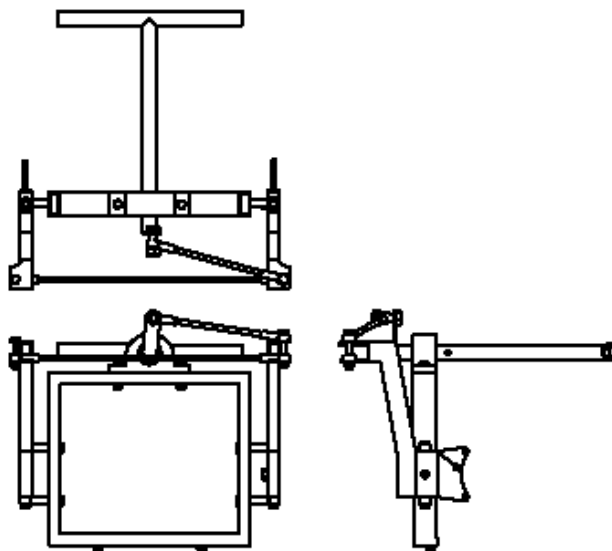
- a. Radius belok maksimal kendaraan sejauh 6 meter
- b. *Track width* minimal kendaraan yaitu 50 cm diukur pada titik kontak roda dengan lintasan
- c. Jarak sumbu roda depan dan belakang (*wheelbase*) minimal 100 cm.

Jenis sistem *steering* yang dipilih dalam perancangan *prototype* Lingsar Proto 3 adalah tipe *ackerman*. Hal ini karena sistem *steering* jenis ini memiliki konstruksi yang sederhana, ringan, dan mudah dalam pembuatannya. Pada sistem *steering* ini sudut belok roda akan berbeda yaitu sudut belok roda bagian dalam akan lebih besar daripada sudut belok ban bagian luar agar lebih optimal saat kendaraan berbelok.

2. Sketsa awal sistem *steering*

Pada tahap sketsa awal berfungsi untuk memudahkan proses perancangan detail dimensi gambar yang terstruktur, pemilihan bahan *steering* dan pembuatan sistem *steering* maka dilakukan pembuatan sketsa awal Sketsa awal sistem

steering prototype Lingsar Proto 3 seperti ditunjukkan pada gambar 3.10. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk membelokkan roda depan, maka stang *steering* diputar sehingga kolom *steering* meneruskan putaran ke *link-link* pada *steering*. Kemudian *link-link* kemudi tersebut memperbesar momen putar dan menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk membelokkan roda depan melalui sambungan-sambungan pada sistem *steering* (*steering linkage*).



Gambar 3.10. Sketsa sistem *steering*

3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software*

Setelah membuat sketsa awal serta menentukan komponen-komponen yang akan didesain, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan desain perancangan menggunakan *software Autodesk Inventor 2017* untuk membuat desain sistem *steering prototype* Lingsar Proto 3. Pada tahap ini akan dibuat gambar detail dimensi dan perancangan sistem *steering* secara visual yang lebih nyata. Komponen utama penyusun sistem *steering* 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>	Aluminium <i>alloy rectangle hollow</i> 6061 dengan <i>filler</i> tambahan kayu
2	Stang kemudi	<i>Stainless Stell</i>
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	Aluminium <i>alloy</i> 6061
7	<i>Link stabizer</i> kemudi	Aluminium <i>alloy</i> 6061

4. Pemilihan komponen sistem *steering*

Pada perancangan sistem *steering* yang dilakukan, komponen-komponen yang dipilih yaitu komponen yang banyak tersedia di pasaran. Ini berguna untuk mempermudah dalam penentuan dimensi dari komponen tersebut saat proses perancangan. Komponen yang dipilih antara lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Komponen sistem kemudi

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

5. *Assembly* (perakitan)

Setelah semua komponen kebutuhan *prototype* dirancang, langkah selanjutnya yaitu menggabungkan atau merakit (*assembly*) setiap *part* menjadi satu kesatuan.

3.4.3. Perancangan Sistem Pengereman dan Roda

Perancangan sistem pengereman dan roda pada *prototype* Lingsar Proto 3 dibagi dalam beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

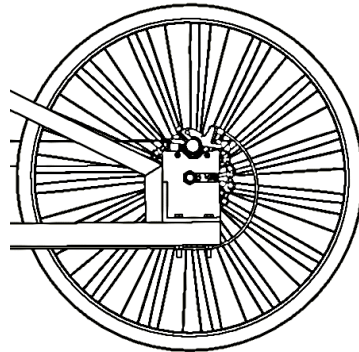
1. Dasar Perancangan sistem pengereman dan roda

Merujuk pada regulasi teknis KMHE 2017, dasar perancangan sistem pengereman dan roda *prototype* Lingsar Proto 3 yaitu 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

Dalam tahap ini penggambaran sketsa awal meliputi komponen sistem pengereman dan roda pada kertas A4 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11. Merujuk dari regulasi teknis di atas maka jenis sistem pengereman yang digunakan pada *prototype* Lingsar Proto 3 yaitu dengan mekanisme tuas pada stang *steering* dan pedal injak untuk pengereman roda depan. Jenis transmisi aktuasi yang digunakan *prototype* Lingsar Proto 3 yaitu berupa pipa yang dihubungkan ke *caliper* untuk mengalirkan fluida untuk mendorong *break pad* dan menjepit *disk brake* untuk menghasilkan daya pengereman. Sebagai penggerak *prototype* maka dipilih komponen roda dengan ukuran *velg* dan ban dengan diameter 20 *inch* (ukuran ban sepeda).



Gambar 3.11. Sketsa awal sistem pengereman dan roda



3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software*

Pada tahap ini digunakan *software Autodesk Inventor 2017* untuk menggambarkan visualisasi dari sketsa awal rancangan sistem pengereman dan roda. Perancangan ini meliputi perancangan dudukan (*bracket*) rem depan dan belakang dengan memilih bahan aluminium *alloy square 5052*. Pemilihan material jenis ini karena aluminium jenis memiliki kekuatan yang lebih baik dari pada aluminium 6061 namun tetap lebih ringan dari pada besi atau baja. Material ini mampu menahan beban yang diterima dari *caliper* rem akibat adanya pengereman.

4. Pemilihan komponen sistem pengereman dan roda

Komponen-komponen penyusun yang akan digunakan pada *prototype* Lingsar Proto 3 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	

No	Nama komponen	Spesifikasi	Gambar
3	<i>Brake caliper</i>	Shimano BR-M446	
4	<i>Disk brake</i>	Avid G3CS	
5	<i>Hub depan</i>	Novatech DH41SB	
6	<i>Hub belakang</i>	Novatech DO42SB	
7	<i>Velg depan</i>	Free 36H 20 Inch	
8	<i>Velg belakang</i>	Eclat bondi Etrto 20" 406x28	
9	<i>Jari-jari</i>	Novatech 18 cm	
10	<i>Ban depan</i>	Schwalbe Kojak 35-406 (20x1,35)	
11	<i>Ban belakang</i>	Schwalbe Kojak 35-406 (20x1,35)	
12	<i>Ban dalam roda depan</i>	Schwalbe (20x1,35)	
13	<i>Ban dalam roda belakang</i>	Schwalbe 20x1,90/2,125	

5. *Assembly* (perakitan)

Setelah semua komponen kebutuhan *prototype* dirancang, langkah selanjutnya yaitu menggabungkan atau merakit (*assembly*) setiap *part* menjadi satu kesatuan.

3.4.4. Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga dan Penerus Daya

Perancangan sistem pembangkit tenaga dan penerus daya *prototype* Lingsar Proto 3 dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

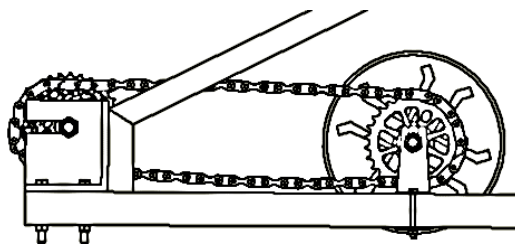
1. Dasar perancangan sistem pembangkit tenaga dan penerus daya

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

- a. Kendaraan dengan sistem pembangkit tenaga menggunakan motor listrik wajib dilengkapi dengan tombol darurat berjumlah 2 buah dan sekering pemutus daya. Hal ini untuk mencegah terjadinya korsleting atau masalah pada sistem kelistrikan.
- b. Bagi kendaraan dengan transmisi 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 penerus daya

Sketsa awal perancangan sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12. Berdasarkan gambar tersebut, jenis pembangkit tenaga yang dipilih yaitu menggunakan motor listrik BLDC tipe hub dengan tegangan daya input sebesar 1000 W, tegangan input yaitu 48 Volt, dan arus maksimum yaitu 20 Ampere. Sistem penerus daya yang digunakan yaitu jenis rantai yang dilengkapi dengan *single sprocket* pada poros motor dan *sprocket* bertingkat pada poros roda belakang.



Gambar 3.12. Sistem penerus daya *prototype* Lingsar Proto 3

3. Pemilihan bahan dan perancangan menggunakan *software*

Pada tahap ini dilakukan perancangan menggunakan *software Autodesk Inventor 2017* dengan tujuan memperjelas detail komponen-komponen gambar sistem pembangkit tenaga dan penerus daya dari sketsa awal yang sudah dibuat. Perancangan pada tahap ini meliputi pembuatan desain komponen-komponen sistem pembangkit daya dan penerus daya seperti ditunjukkan pada tabel 3.5.




Tabel 3.5. Komponen sistem pembangkit tenaga dan penyalur daya

No.	Nama komponen	Jenis material
1	<i>Bracket shaft</i> transmisi	<i>Alluminium 5052</i>
2	Penutup transmisi	<i>Acrylic</i>
4	<i>Sprocket</i> bertingkat	<i>Corrosion resistant steel</i>

4. Pemilihan komponen sistem pembangkit tenaga dan penerus daya

Dalam pemilihan komponen yang akan digunakan pada rancangan *prototype* Lingsar Proto 3 dipilih komponen yang ketersediaannya cukup banyak di pasar. 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	Motor Listrik	BLDC Hub Motor	
2	<i>Sprocket</i> depan	Shimano	
3	<i>Sprocket</i> belakang	Shimano	

No	Nama komponen	Spesifikasi	Gambar
4	<i>Roller chain</i>	KMC X-2.0 10 Speed	
5	<i>Free wheel</i>	Shimano CS-HG50-10	

5. *Assembly* (perakitan)

Setelah semua komponen kebutuhan *prototype* dirancang, langkah selanjutnya yaitu menggabungkan atau merakit (*assembly*) setiap *part* menjadi satu kesatuan.

3.4.5. Perancangan Bodi

Dalam perancangan bodi meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Tahap awal dalam perancangan bodi *prototype* Lingsar Proto 3 adalah studi literatur. Dengan melihat hasil rancangan-rancangan *prototype* sebelumnya dan merujuk dari regulasi teknis KMHE 2017 untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik. Seperti yang telah dirancang oleh Azwir dkk (2014) pada bodi *prototype* Mataram Proto, hasil modifikasi yang telah dilakukan mempunyai desain aerodinamis yang baik, namun mempunyai kelemahan kurangnya struktur profil penguat bodi tersebut. Kemudian perancangan sebelumnya telah dilakukan oleh Hakim dkk (2016), yang merancang bodi *prototype* kendaraan hemat energi yang diberi nama Engku Putri, perancangan dilakukan untuk tiga buah *prototype* dengan hasil desain yang aerodinamis dengan nilai koefisien hambatan udara yang relatif kecil. Berdasarkan studi literatur tersebut, maka akan dilakukan perancangan sebuah bodi *prototype* Lingsar Proto 3 yang aerodinamis dengan merujuk kedua perancangan yang telah dilakukan oleh Azwir dkk (2015) dan Hakim dkk (2016).

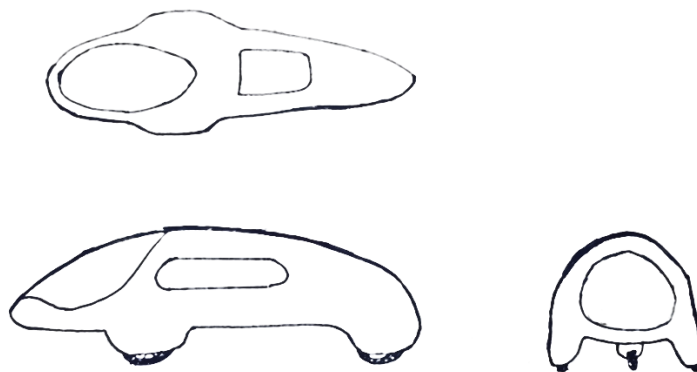
2. Dasar Perancangan bodi

Bodi perlu dirancang dengan bentuk sedemikian rupa agar didapatkan bodi yang *streamline* dan aerodinamis tanpa mengabaikan faktor keamanan pengemudi maupun orang lain. Dasar perancangan bodi *prototype* Lingsar Proto 3 ini Mengacu pada regulasi teknis KMHE 2017 sebagai berikut:

- a. Panjang total kendaraan maksimal 350 cm.
- b. Lebar total kendaraan maksimal 130 cm.
- c. Ketinggian maksimal kendaraan 100 cm.
- d. Pengatur aerodinamis tambahan yang dapat diatur atau berubah bentuk saat kendaraan bergerak tidak diperbolehkan.
- e. Badan kendaraan tidak boleh berubah bentuk karena faktor angin dan tidak diperbolehkan menambah komponen yang membahayakan anggota tim lain.

3. Sketsa awal bodi

Rancangan awal bodi sesuai regulasi teknis KMHE 2017 di atas digambarkan pada kertas A4. Hal penting yang perlu diperhatikan adalah bentuk dasar bodi yang *streamline*, yaitu bentuk berupa tetesan air agar mendapatkan nilai aerodinamis yang baik. bentuk sketsa awal bodi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13.

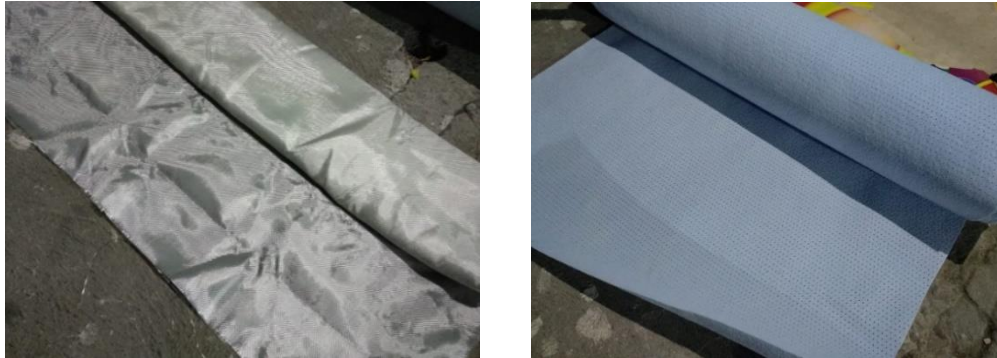


Gambar 3.13. Sketsa awal bodi

4. Pemilihan bahan

Untuk mendapatkan bodi yang baik maka digunakan material yang bersifat aman, ringan, dan mudah dalam proses pembentukannya. Material yang akan digunakan pada perancangan ini yaitu *fiberglass* dengan motif serat berupa

anyaman dan mempunyai massa jenis yaitu 2520 kg/m^3 dikombinasikan dengan *lantor core* material yang mempunyai sifat ringan dan kuat. Material *fiberglass* dan *lantor core* material seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.



(a)

(b)

Gambar 3.14. Material *fiberglass* (a), Material *lantor core* (b)

Selain kedua jenis material di atas, dalam perancangan ini juga menggunakan jenis material *acrylic*. Material ini akan diaplikasikan pada bagian depan, samping kanan, dan samping kiri bodi untuk memberi jarak pandang bagi pengemudi. Sifat mekanis *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	$5.2\text{e-}005$	/K
Thermal Conductivity	0.21	$\text{W/(m}\cdot\text{K)}$

PBTP		
PEI		
Polyester Resin		
Polyether Polyol		
Polyetheretherketone (PEEK)		
Polyethylene Cross-Linked		
PE High Density Film		
PE Low Density Film		

Poisson's Ratio	0.35	N/A
Shear Modulus	890	N/mm^2
Mass Density	1200	kg/mm^3
Tensile Strength	73	N/mm^2
Compressive Strength		N/mm^2
Yield Strength	45	N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	$5.2\text{e-}005$	/K
Thermal Conductivity	0.21	$\text{W/(m}\cdot\text{K)}$

Gambar 3.15. Sifat mekanis material *acrylic* (Solidworks)

5. Perancangan menggunakan *software*

Mengacu pada sketsa awal bodi, maka pada tahap ini bodi dirancang menggunakan *software Autodesk Fusion 360* untuk mendapatkan detail dimensi dan visualisasi yang lebih nyata yaitu berupa gambar tiga dimensi. Pada tahap ini bodi dirancang menjadi dua bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah. Pada

bodi bagian atas sisi bagian depan, samping kiri dan kanan dirancang dengan bodi transparan untuk memberi jarak pandang dan visibilitas pengemudi, bodi bagian atas juga dilengkapi pintu sebagai akses pengemudi disisi sebelah atas. Ventilasi juga diberikan sebagai suplai udara ke ruang kemudi agar pengemudi mendapat suplai oksigen saat berada di dalam kendaraan. Pada bagian bawah bodi dirancang ventilasi udara untuk mensuplai udara ke dalam ruang *engine*.

6. Analisa aerodinamika bodi

Setelah bodi dirancang secara detail, maka dapat dilakukan analisa aerodinamika. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui nilai aerodinamis *prototype* yang berupa nilai hambatan udara, gaya *lift* yang terjadi saat kendaraan bergerak, sehingga didapat hasil rancangan bodi kendaraan yang aerodinamis dan kuat.