

Kategori	: Urban Concept
Kelas	: Motor Listrik

**LAPORAN DESAIN KENDARAAN**

**KONTES MOBIL HEMAT ENERGI TAHUN 2021**

**TIM UNTAN-ECT**

**MOBIL LISTRIK KAPUAS 2**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
TAHUN 2021**

## LEMBAR PENGESAHAN PESERTA KMHE 2021

1. Nama Tim : UNTAN-ECT  
2. Nama Kendaraan : KAPUAS 2  
3. Kategori/Kelas : URBAN/MOTOR LISTRIK  
4. Nama Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
5. Nama Dosen Pembimbing : ROMARIO ALDRIAN WICAKSONO  
6. Nama Anggota Tim :  
a. Nama,Nim : NUGROHO KARYA YUDHA D1131181020  
b. Nama,Nim : ELSANTO D1131181017  
c. Nama,Nim : WIRANTO D1131181005  
d. Nama,Nim : RIZAL MUHAMMAD D1131181004  
e. Nama,Nim : AIDIL MUHAMAD D1021191091  
7. Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kecamatan Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat  
Telepon : 0561739630  
Faksimile : 0561739637  
E-mail : untan\_59@untan.ac.id  
8. Biaya Kendaraan : Rp.54.720.000

Pontianak, 18 juni 2021

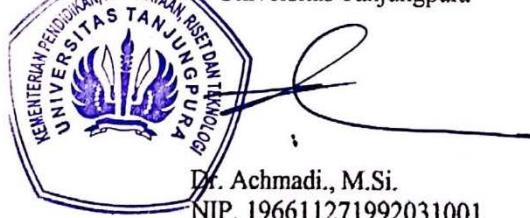
Mengetahui,  
Wakil Dekan Bidang  
Kemahasiswaan Dan Alumni  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura



Dosen Pembimbing

Romario Aldrian Wicaksono, S.T., M. Eng.  
NIP. 199407152019031010

Menyetujui,  
Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan Dan Alumni  
Universitas Tanjungpura



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN PESERTA KMHE 2021 .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Capaian Kendaraan dan Hasil Evaluasi.....	2
<b>BAB II PEMODELAN KENDARAAN .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pemodelan Kendaraan .....	5
2.1.1 Gaya Hambat Aerodinamika ( <i>Aerodynamic Force</i> ).....	5
2.1.2 Gaya Hambat Rolling (Rolling Resistance).....	6
2.1.3 <i>Gravitational force</i> .....	7
2.1.4 Gaya inersia ( <i>inertia force</i> ).....	7
2.1.5 Gaya traksi ( <i>Traction Force</i> ).....	9
2.1.6 <i>Power traction</i> .....	9
2.2 Perhitungan <i>Energy Consumtion</i> .....	10
<b>BAB III PERANCANGAN KENDARAAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Perancangan Aerodinamika <i>Body</i> .....	15
3.1.1 Aerodinamika <i>Body</i> .....	15
3.1.2 Perancangan <i>Body</i> .....	27
3.1.2.1 Rancangan proses produksi pembuatan <i>body</i> .....	27
3.1.2.2 Sifat Fisis Material Komposit.....	29
3.1.2.3 Sifat Mekanis Material Komposit.....	29
3.1.2.4 Proses <i>Treatment</i> tanah liat untuk pembuatan <i>body</i> .....	29
3.1.2.5 Pembuatan mal/master dari <i>body</i> mobil Kapuas 2 .....	30
3.1.2.6 Pembuatan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2 .....	31
3.1.2.7 Pembuatan <i>body</i> mobil Kapuas 2.....	32

3.1.2.8 Proses <i>finishing body</i> mobil Kapuas 2 .....	34
3.1.3 Manajemen <i>Project</i> Proses Produksi Pembuatan <i>Body</i> .....	35
3.2 Perancangan <i>Body</i> dan Sasis.....	37
3.2.1 Perancangan <i>Layout</i> Kendaraan.....	37
3.2.2 <i>Center of Gravity</i> .....	38
3.2.3 Pendistribusian Beban Kendaraan Kapuas 2 .....	40
3.2.4 Sasis .....	42
3.2.5 Material Pembuatan Sasis Kendaraan Kapuas 2.....	42
3.2.6 Pengujian kekuatan sasis kendaraan Kapuas 2 .....	43
3.2.7 Proses produksi sasis kendaraan Kapuas 2 .....	48
3.2.8 Manajemen <i>project</i> proses produksi pembuatan sasis.....	49
3.3 Perancangan Sistem Kemudi dan Pengereman.....	51
3.3.1 Rancangan sistem kemudi .....	51
3.3.1.1 Rancangan sudut belok <i>ackerman</i> .....	53
3.3.1.2 Sudut slip ban.....	54
3.3.1.3 Rangkaian kemudi model 3D dan <i>assembly</i> .....	55
3.3.1.4 Rancangan dan perhitungan desain proses produksi .....	55
3.3.1.5 Perancangan proses produksi.....	56
3.3.1.6 Rancangan proses produksi pembuatan sistem kemudi.....	57
3.3.1.7 Estimasi biaya produksi.....	59
3.3.2 Rancangan sistem pengereman .....	60
3.3.3 Perhitungan gaya pengereman .....	63
3.3.3.1 Analisa gaya pengereman yang dibutuhkan .....	63
3.3.3.2 Perhitungan Gaya Perlambatan.....	63
3.3.3.3 Gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil .....	64
3.3.3.4 Gaya pengereman pada roda.....	67

3.3.3.5 Gaya pengereman pada <i>disc brake</i> .....	67
3.3.3.6 Gaya tekan pada kampas rem .....	67
3.3.3.7 Perhitungan tekanan hidraulik pada <i>brake line</i> .....	68
3.3.3.8 Gaya yang dibutuhkan pada master silinder.....	68
3.3.3.9 Gaya dorong yang diaplikasikan oleh kaki pengemudi .....	68
3.3.4 Perancangan proses produksi dan <i>assembly</i> sistem pengereman.....	69
3.3.5 Total anggaran biaya produksi pembuatan sistem pengereman .....	72
3.4 Motor Listrik dan Kontrol.....	73
3.4.1 Perancangan Sumber Energi .....	73
3.4.1.1 Perhitungan dan Penentuan Komponen Sumber Energi.....	73
3.4.1.2 Proses Produksi Sumber Energi.....	77
3.4.2 Rancangan Motor Penggerak .....	79
3.4.2.1 Perhitungan-perhitungan Kebutuhan Torsi Mobil.....	79
3.4.2.2 Pemilihan Jenis Motor Penggerak Mobil KAPUAS 2.....	83
3.4.3 Rancangan Sistem Transmisi Tenaga .....	86
3.4.4 Rancangan Sistem Kontroller Motor Penggerak .....	89
3.4.4.1 Kontroller Motor Penggerak Mobil .....	89
3.4.4.2 Firmware Kontroller Motor Penggerak .....	91
3.4.5 Proses Produksi Kontroller Motor .....	94
3.4.6 Rancangan Sistem Aksesoris .....	94
3.4.7 Rancangan Peralatan Keamanan.....	97
3.5 Rancangan Proses dan Manajemen Produksi .....	99
3.5.1 <i>Timeline</i> Pembuatan Mobil Kapuas 2 .....	99
3.5.2 Manajemen <i>Project</i> .....	100
3.5.3 Total Anggaran Biaya Pembuatan Mobil Kapuas 2 .....	107
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>116</b>

4.1 Kesimpulan .....	116
4.2 Saran .....	117
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>118</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>119</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Gaya yang berinteraksi pada kendaraan .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Grafik kecepatan terhadap konsumsi daya.....	14
<b>Gambar 3.1</b> Desain 3D body mobil Kapuas 1.....	15
<b>Gambar 3.2</b> Desain 3D body mobil Kapuas 2.....	16
<b>Gambar 3.3</b> Dimensi body mobil Kapuas 2 .....	17
<b>Gambar 3.4</b> Import body Kapuas 2 .....	18
<b>Gambar 3.5</b> Enclosure pada mobil Kapuas 2 .....	19
<b>Gambar 3.6</b> Body kendaraan bagian yang dipotong dua bagian.....	19
<b>Gambar 3.7</b> Material udara.....	20
<b>Gambar 3.8</b> Velocity inlet .....	20
<b>Gambar 3.9</b> pressure outlet.....	21
<b>Gambar 3.10</b> Kecepatan Lewat Pada dinding .....	21
<b>Gambar 3.11</b> Symetry .....	22
<b>Gambar 3.12</b> moving wall.....	22
<b>Gambar 3.13</b> setting mesh.....	24
<b>Gambar 3.14</b> Simulasi mesh body mobil. ....	24
<b>Gambar 3.15</b> Tampak atas aliran udara body Kapuas 2.....	25
<b>Gambar 3.16</b> Tampak samping aliran udara body Kapuas 2 .....	25
<b>Gambar 3.17</b> Tampak samping tekanan pada body Kapuas 2 .....	26
<b>Gambar 3.18</b> Hasil simulasi coeffisien drag .....	27
<b>Gambar 3.19</b> Hasil simulasi target berat body mobil.....	28
<b>Gambar 3.20</b> Desain mal/master .....	30
<b>Gambar 3.21</b> Desain body mobil Kapuas 2.....	35
<b>Gambar 3.22</b> Layout sasis kendaraan.....	37
<b>Gambar 3.23</b> center of gravity dari Body mobil Kapuas 2 .....	39
<b>Gambar 3.24</b> Jarak center of gravity ke sumbu roda depan dan belakang.....	39
<b>Gambar 3.25</b> Jarak center of gravity ke permukaan tanah.....	40
<b>Gambar 3.26</b> Dimensi teknik sasis mobil kapuas 2 .....	43
<b>Gambar 3.27</b> Manage Contact.....	44
<b>Gambar 3.28</b> Memasukkan nilai/data pada structural load .....	45
<b>Gambar 3.29</b> Structural constraint .....	45
<b>Gambar 3.30</b> Setting.....	46
<b>Gambar 3.31</b> Analisis displacement pada sasis.....	46
<b>Gambar 3.32</b> Analisis von mises stress .....	47
<b>Gambar 3.33</b> Analisis safety factor .....	47
<b>Gambar 3.34</b> Diagram pemilihan sistem kemudi .....	51
<b>Gambar 3.35</b> Steering Gokart langsung yang digunakan oleh mobil Kapuas 2 .....	55
<b>Gambar 3.36</b> Disc brake yang akan digunakan pada mobil Kapuas 2 .....	61
<b>Gambar 3.37</b> Baterai Li-Ion Sony VTC6 .....	74
<b>Gambar 3.38</b> Rangkaian penyusun baterai.....	74
<b>Gambar 3.39</b> Battery Management System.....	76
<b>Gambar 3.40</b> Rangkaian baterai mobil listrik .....	77

<b>Gambar 3.41</b> Rangkaian untuk pengisian baterai.....	78
<b>Gambar 3. 42</b> Diagram alir proses penentuan motor penggerak.....	79
<b>Gambar 3.43</b> Ilustrasi Hambatan Kemiringan yang bekerja pada benda .....	82
<b>Gambar 3.44</b> Perbedaan Inrunner dan Outrunner .....	85
<b>Gambar 3.45</b> QS Motor 1000W 45H V3 205 Hub BLDC.....	85
<b>Gambar 3.46</b> Gigi-gigi yang Terhubung Rantai.....	86
<b>Gambar 3.47</b> Sistem Transmisi Motor .....	87
<b>Gambar 3.48</b> Diagram Blok Modular Kontroller Motor BLDC dan Modular Pengambil Data.....	90
<b>Gambar 3.49</b> Diagram Blok Modular Pengontrol Penampil Data atau Kontroller Aksesoris.....	91
<b>Gambar 3.50</b> Diagram alir kontrol motor BLDC .....	93
<b>Gambar 3.51</b> Fuse Tancap.....	95
<b>Gambar 3.52</b> Lampu indicator .....	95
<b>Gambar 3.53</b> Wiper .....	96
<b>Gambar 3.54</b> LED Light Strip.....	96
<b>Gambar 3.55</b> Diagram pengkabelan sistem aksesoris .....	97
<b>Gambar 3.56</b> Ilustrasi bentuk yang aman .....	98
<b>Gambar 3.57</b> Sabuk pengaman yang terhubung di satu titik.....	98
<b>Gambar 3.58</b> Fire extinguisher dengan kapasitas 1kg.....	98
<b>Gambar 3.59</b> Tombol Emergency Stop.....	99
<b>Gambar 4.1</b> Diagram blok Simulink Battery Electric Vehicle.....	119
<b>Gambar 4.2</b> Diagram blok Simulink Driver.....	119
<b>Gambar 4.3</b> Diagram blok Simulink Brake System.....	120
<b>Gambar 4.4</b> Diagram blok Simulink Motor .....	120
<b>Gambar 4.5</b> Diagram blok Simulink MotorTorqueLimiter.....	121
<b>Gambar 4.6</b> Diagram blok Simulink RegenTorqueLimiter .....	121
<b>Gambar 4.7</b> Diagram blok Simulink MototLosses.....	122
<b>Gambar 4.8</b> Diagram blok Simulink Driveline .....	122
<b>Gambar 4.9</b> Diagram blok Simulink Battery .....	123
<b>Gambar 4.10</b> Diagram blok Simulink CurrentCalculation.....	123
<b>Gambar 4.11</b> Diagram blok Simulink Glider .....	124
<b>Gambar 4.12</b> Skematik Kontroller Motor, Driver Kontroller Motor Phase U .....	124
<b>Gambar 4.13</b> Skematik Kontroller Motor Driver Kontroller Motor Phase V .....	125
<b>Gambar 4.14</b> Skematik Kontroller Motor Kontroller Motor Phase C .....	125
<b>Gambar 4.15</b> Skematik Kontroller Motor, Mikrokontroller STM32F4 .....	126
<b>Gambar 4.16</b> Skematik Kontrol Motor, Catu Daya Kontrol Motor .....	126
<b>Gambar 4.17</b> Skematik Kontroller Motor, Sistem Pengatur Tegangan Mikrokontroler STM32F4 .....	127
<b>Gambar 4.18</b> Skematik Kontroller Pengambil Data.....	127
<b>Gambar 4.19</b> Skematik Kontroller Penampil Data atau Kontroller Aksesoris .....	128

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Spesifikasi Kendaraan.....	2
<b>Tabel 1.2</b> Hasil Capaian Kendaraan Kapuas 1 .....	3
<b>Tabel 2.2</b> Rolling Resistance Coefficient Berbagai Ban dan Permukaan .....	6
<b>Tabel 3.1</b> Dimensi Mobil Kapuas 2 .....	17
<b>Tabel 3.2</b> Ukuran Sizing Pada Simscale .....	23
<b>Tabel 3.3</b> Anggaran Proses Pembuatan Mal/Master .....	31
<b>Tabel 3.4</b> Anggaran Proses Pembuatan Cetakan Body Mobil Kapuas 2 .....	31
<b>Tabel 3.5</b> Anggaran Proses Pembuatan Body Mobil Kapuas 2 .....	33
<b>Tabel 3.6</b> Anggaran proses finishing body mobil Kapuas 2 .....	35
<b>Tabel 3.7</b> Manajemen Project Proses Produksi Pembuatan Body .....	36
<b>Tabel 3.8</b> Perhitungan Beban Keseluruhan .....	38
<b>Tabel 3.9</b> Massa Jenis Berbagai Material (G/Cm <sup>3</sup> ).....	42
<b>Tabel 3.10</b> Manajemen Project Produksi Pembuatan Sasis .....	49
<b>Tabel 3.11</b> Anggaran biaya produksi pembuatan sasis .....	50
<b>Tabel 3.12</b> Manajemen Proyek Sistem Kemudi.....	56
<b>Tabel 3.13</b> Kebutuhan Bahan Sistem Kemudi .....	57
<b>Tabel 3.14</b> Estimasi Biaya Produksi Sistem Kemudi.....	60
<b>Tabel 3.15</b> Koefisien Rolling Resistance Berbagai Ban Dan Permukaan .....	65
<b>Tabel 3.16</b> Manajemen Project Pembuatan Sistem Penggereman .....	69
<b>Tabel 3.17</b> Kebutuhan Bahan Sistem Penggereman .....	70
<b>Tabel 3.18</b> Estimasi Biaya Pembuatan Sistem Penggereman .....	72
<b>Tabel 3.19</b> Perbandingan Berbagai Jenis Baterai.....	73
<b>Tabel 3.20</b> Kapasitas baterai Li-Ion 18650 cell .....	75
<b>Tabel 3.21</b> Data Module BMS .....	77
<b>Tabel 3.22</b> Manajemen Project Pembuatan Rangkaian Baterai.....	78
<b>Tabel 3.23</b> Biaya Pembuatan Dua Buah Rangkaian Baterai .....	78
<b>Tabel 3.24</b> Parameter perhitungan kebutuhan torsi mobil .....	80
<b>Tabel 3.25</b> Perbandingan berbagai jenis motor.....	84
<b>Tabel 3.26</b> Manajemen Project Pembuatan Sistem Transmisi Motor.....	88
<b>Tabel 3.27</b> Biaya pembuatan sistem transmisi dan motor listrik .....	88
<b>Tabel 3.28</b> Timeline pembuatan mobil Kapuas 2 .....	99
<b>Tabel 3.29</b> Manajemen Project Proses Produksi Pembuatan Body .....	100
<b>Tabel 3.30</b> Total Anggaran Pembuatan Mobil Kapuas 2.....	107
<b>Tabel 3.31</b> Rincian Anggaran Pembuatan Mobil Kapuas 2 .....	108

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) adalah bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi. Penyebab pemanasan global bermacam-macam dan disebabkan oleh alam serta manusia. Salah satu kontributor dalam kenaikan suhu di planet bumi adalah emisi CO<sub>2</sub> buatan manusia. Dari beberapa sektor penghasil emisi CO<sub>2</sub> terdapat 3 sektor yang menjadi penghasil emisi CO<sub>2</sub> terbesar yaitu sektor produksi listrik dan panas sebesar 25%, sektor pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya sebesar 24%, dan sektor industri sebesar 21%. Meskipun transportasi bukan penyumbang utama emisi CO<sub>2</sub>, yang hanya menyumbang sekitar 14% dari total emisi CO<sub>2</sub> global, yang perlu di perhatikan adalah 95% energi yang digunakan transportasi dunia bergantung pada bahan bakar fosil. (Hannappel, 2017).

Ketergantungan transportasi akan bahan bakar fosil merupakan masalah utama dalam permasalahan emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan di sektor transportasi. Padahal transportasi memainkan peran penting dalam kehidupan masyarakat, menyediakan akses ke pekerjaan, layanan, pendidikan dan rekreasi sekaligus menciptakan kondisi untuk mendukung pertumbuhan ekonomi. Inilah sebabnya mengapa transportasi berperan penting dalam tercapainya beberapa tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan menjadi salah satu jalan dalam menekan pemanasan global. Mempertimbangkan dinamika tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan dalam teknologi transportasi sehingga transportasi dimasa depan tidak bergantung pada bahan bakar fosil serta menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang rendah.

Sejalan dengan hal tersebut di Indonesia sendiri dalam peraturan presiden nomer 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) di bidang transportasi, pemerintah Indonesia menyatakan bahwa akan mengembangkan kendaraan bertenaga listrik/*hybrid* pada tahun 2025 sebesar 2,2 ribu unit roda empat dan 2,1 juta unit roda dua. Transisi kendaraan berbahan bakar fosil menjadi kendaraan listrik merupakan solusi alternatif dalam menjawab permasalahan emisi CO<sub>2</sub> dan pemanasan global. Hal ini mendorong tim UNTAN-ECT sebagai mahasiswa yang merupakan agen perubahan untuk berpartisipasi dalam mengembangkan sebuah mobil listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan (*zero emission*).

KMHE merupakan wadah bagi tim UNTAN-ECT untuk menyalurkan gagasan dan ide dalam melakukan penelitian dan pengembangan untuk menciptakan mobil listrik sebagai solusi dalam menjawab permasalahan yang ada. Dalam kompetisi KMHE tahun ini tim UNTAN-ECT berharap tidak hanya dapat membuat mobil listrik yang dapat bejalan dengan baik, tetapi dapat mewujudkan mobil listrik yang hemat energi dengan menerapkan prinsip-prinsip *engineering* serta sebagai sarana pembelajaran dan pendorong untuk selalu melakukan inovasi maupun perubahan di bidang teknologi otomotif.

## 1.2 Capaian Kendaraan dan Hasil Evaluasi

Mobil listrik Kapuas 1 merupakan mobil listrik pertama yang dirancang dan dibuat oleh tim UNTAN-ECT untuk mengikuti KMHE di tahun 2020 lalu. Tahun ini merupakan tahun kedua UNTAN-ECT mengikuti KMHE. Berikut ini merupakan spesifikasi kendaraan mobil Kapuas 1 yang di tampilkan dalam **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1** Spesifikasi Kendaraan

Vehicle specification	
<i>Vehicle name</i>	Kapuas 1
<i>Vehicle category</i>	<i>Urban Concept</i>
<i>Chasis</i>	Aluminum
<i>Chasis type</i>	<i>Ladder type</i>
<i>Body/shell</i>	Serat tandan kosong
<i>Length/height/width(millimeter)</i>	2641,4x1295,56x1158,56
<i>Wheelbase</i>	1500 mm
<i>Rim tyres</i>	17 inchi
<i>Max velocity</i>	30 km/h

Dalam proses perancangan dan pembuatan mobil Kapuas 1 masih ada beberapa hal belum sesuai dengan target yang diinginkan, tentu ini menjadi tantangan dan motivasi bagi tim UNTAN-ECT untuk terus belajar dan mengembangkan rancangan mobil yang hemat energi. Berikut ini adalah hasil capaian kendaraan dari mobil Kapuas 1 dapat dilihat pada **Tabel 1.2**.

**Tabel 1.2 Hasil Capaian Kendaraan Kapuas 1**

Parameter	Nilai
<i>Mass of vihecle without driver</i>	140 kg
<i>aerodynamic force</i>	68,35 N
<i>Rolling resistance</i>	30,9 N
<i>gravitational force</i>	0 N
<i>Inertia force</i>	249,9 N
<i>Traction Force</i>	349,15 N
<i>Power traction</i>	2909,58 N
<i>Engine</i>	<i>Motor electric</i>
<i>Source of Energy</i>	<i>Battery Li-Ion SONY VTC6 18650 cell</i>
<i>Transmission</i>	<i>Chain</i>
<i>Steering system</i>	<i>Ackerman Steering</i>
<i>Brake system</i>	<i>Hydraulic Disk Brake</i>

Dari evaluasi yang tim UNTAN-ECT lakukan terdapat beberapa faktor yang menjadi permasalahan dalam perancangan dan pembuatan mobil Kapuas 1, yaitu:

1. Berat kendaraan

Dalam proses perancangan mobil Kapuas 1 Tim UNTAN-ECT melakukan inovasi dengan menggunakan limbah serat tandan kosong kelapa sawit sebagai serat penguat komposit yang digunakan dalam pembuatan *body* mobil. Tetapi dari hasil yang di dapat tidak sesuai dengan berat yang diinginkan yaitu sebesar 60 kg dan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai serat penguat komposit dalam hal metode pembuatan komposit dan kepadatan serat. Sehingga pada perancangan kali ini Tim UNTAN-ECT akan mengganti material dalam pembuatan *body* mobil menggunakan *carbon fiber* sehingga diharapkan dapat mengurangi berat kendaraan.

2. *Aerodynamic force*

Dari hasil perhitungan *aerodynamic force* yang dilakukan, desain *body* mobil Kapuas 1 memiliki *aerodynamic force* 68,35 N. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya gaya tersebut yaitu *coeffisient drag* dan juga *Frontal Area of Car*. Berdasarkan simulasi *computional fluid dynamic* (CFD) dan perhitungan yang dilakukan *coeffisient drag* yang dimiliki sebesar 0,45 serta *Frontal Area of Car* sebesar 3,5 m<sup>2</sup>, Dengan mempertimbangkan faktor tersebut tim UNTAN-ECT melakukan

pengembangan dalam desain *body* mobil sehingga dapat memperkecil *aerodynamic force* yang dihasilkan.

### 3. Sistem pengereman

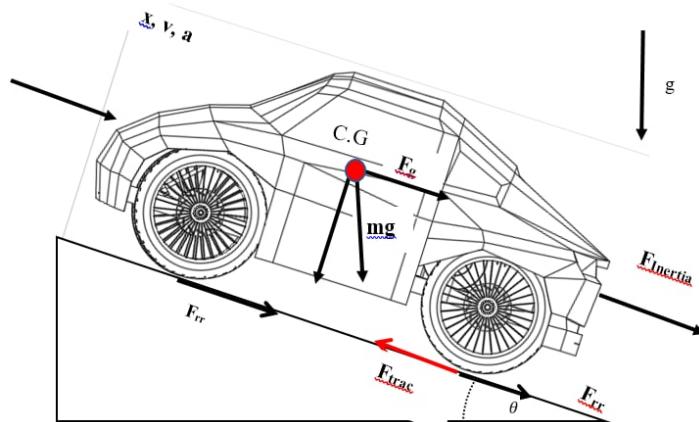
Pada mobil Kapuas 1, sistem pengereman menjadi salah satu masalah yang Tim UNTAN-ECT miliki. Rem yang digunakan masih belum mampu melakukan pengereman sesuai dengan regulasi yang ada, sehingga pada perancangan mobil Kapuas 2 kali ini Tim UNTAN-ECT akan menyempurnakan sistem pengereman mobil Kapuas 2.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan terhadap mobil Kapuas 1 Tim UNTAN-ECT melakukan pengembangan dalam rancangan mobil Kapuas 2 yang berfokus pada pengoptimalan *aerodynamic* desain *body* mobil serta penggunaan material pembuatan *body* guna meningkatkan efisiensi energi.

## BAB II PEMODELAN KENDARAAN

### 2.1 Pemodelan Kendaraan

Berdasarkan regulasi KMHE 2021 pemodelan kendaraan dibuat dari kondisi diam kemudian berakselerasi sampai kecepat maksimum ( $30 \text{ km/jam} = 8,33 \text{ m/s}$ ) di *track* lurus dan datar, kemudian meluncur (*gliding*) sampai berhenti. Gaya yang berinteraksi pada kendaraan ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Gaya yang berinteraksi pada kendaraan

Dalam keadaan diam di *track* lurus dan datar saat mesin dihidupkan gaya traksi ( $F_{trac}$ ) dari *drive train* akan dihambat oleh gaya inersia ( $F_{inertia}$ ) dari kendaraan, *aerodynamic force* ( $F_{aero}$ ), *rolling resistance force* ( $F_{rr}$ ), dan *gravitational force* ( $F_g$ ). Ketika mesin dalam keadaan mati, kendaraan akan meluncur menggunakan inersia sebagai sumber *power* dan tertahan oleh *aerodynamic force* dan *rolling resistant force*.

#### 2.1.1 Gaya Hambat Aerodinamika (*Aerodynamic Force*)

*Aerodynamic force* merupakan gaya yang menghambat gaya dorong kendaraan karena arah dari *aerodynamic force* berlawanan dengan arah kecepatan kendaraan. Dalam perhitungan gaya hambat aerodinamika mobil Kapuas 1 didapat hasil akhir sebesar  $68,35 \text{ N}$ , sedangkan gaya hambat angin (*aerodynamic force*) mobil Kapuas 2 dapat dihitung dengan persamaan (1). Berdasarkan simulasi menggunakan *simscale* didapatkan nilai dari koefisien drag dan luas *area* depan kendaraan sebesar  $0,41$  dan  $2,575 \text{ m}$ .

Sehingga perhitungan yang didapat sebagai berikut:

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V^2 \quad (1)$$

Dimana:

$F_{aero}$  = Aerodynamic force (N)

$\rho$  = massa jenis udara ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$C_D$  = koefisien drag

$A$  = luas area depan kendaraan ( $\text{m}^2$ )

$V$  = kecepatan *relative* angin terhadap kendaraan (m/s)

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \cdot 1,196 \cdot 0,41 \cdot 2.575 \cdot (8,33)^2 \\ = 43,8 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil evaluasi dan perhitungan yang dilakukan pada perancangan mobil Kapuas 2 terjadi penyusutan *aerodynamic force* sebesar 24,55 N dibandingkan dengan hasil perhitungan *aerodynamic force* pada mobil Kapuas 1. Hal ini menunjukkan bahwa hasil evaluasi dan perhitungan mobil Kapuas 2 lebih baik daripada mobil Kapuas 1.

### 2.1.2 Gaya Hambat Rolling (*Rolling Resistance*)

*Rolling resistance* merupakan gaya hambat yang terjadi karena adanya gesekan antara ban dengan jalan. Dalam pemodelan ini jalan dibuat lurus dan datar sehingga sudut kemiringan diabaikan atau bernilai 0. Untuk mencari besarnya gaya hambat *rolling* yang timbul sebelumnya kita harus menentukan besarnya *rolling resistance coefficient* ( $C_{rr}$ ) terlebih dahulu. Besarnya *rolling resistance coefficient* dapat dilihat di **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** *Rolling Resistance Coefficient* Berbagai Ban dan Permukaan  
Sumber: (Taborek, 1975)

<i>Tire type</i>	<i>Surface</i>		
	<i>Concrete</i>	<i>Medium Hard Soil</i>	<i>Sand</i>
<i>Passenger car</i>	0,015	0,08	0,30
<i>Truck</i>	0,011	0,06	0,25
<i>Tractor</i>	0,020	0,04	0,20

Berdasarkan hasil perhitungan *rolling resistance* mobil Kapuas 1 didapat nilai akhir sebesar 30,9 N, sedangkan *rolling resistance* dari mobil Kapuas 2 dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (2)$$

Dimana :

$F_{rr}$  = rolling resistance (N)

$C_{rr}$  = koefisien rolling resistance

$m$  = massa kendaraan (kg)

$g$  = gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$\theta$  = sudut kemiringan

$$\begin{aligned} F_{rr} &= 0,015 \cdot 184,82 \cdot 9,81 \cdot \cos 0 \\ &= 27,196 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada perhitungan gaya *rolling resistance* mobil Kapuas 2 terjadi pengurangan sebesar 3,74 N jika dibandingkan dengan *rolling resistance* mobil Kapuas 1.

### 2.1.3 *Gravitational force*

*Gravitational force* adalah gaya hambat yang terjadi karena adanya sudut tanjakan pada jalan. Dengan adanya gaya hambatan tanjakan maka beban kendaraan akan bertambah akibat pengaruh gaya gravitasi bumi. Dalam pemodelan ini jalan dibuat lurus dan datar sehingga sudut kemiringan diabaikan atau bernilai 0. Besar gaya hambat akibat sudut tanjak dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (3)$$

Dimana:

$F_{grad}$  = gravitational force (N)

$m$  = massa kendaraan (kg)

$g$  = gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$\theta$  = sudut kemiringan

$$\begin{aligned} F_{grad} &= 184,85 \cdot 9,81 \cdot \sin 0 \\ &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

### 2.1.4 Gaya inersia (*inertia force*)

*Inertia force* adalah fungsi massa kendaraan dan percepatan. Pada perhitungan mobil Kapuas 1 didapatkan hasil sebesar  $249,9 \text{ N}$ . Besar kecilnya percepatan yang dialami kendaraan merupakan salah satu parameter penentu dalam perhitungan gaya inersia. Gaya inersia mobil Kapuas 2 dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$F_{inertia} = m \cdot a \quad (4)$$

Dimana:

$F_{inertia}$  = *inertia force* (N)

$m$  = massa kendaraan (kg)

$a$  = percepatan ( $m/s^2$ )

Dalam menentukan besar kecilnya percepatan perlu mempertimbangkan kemampuan daya maksimum motor yang digunakan. Berdasarkan spesifikasi motor yang di pilih dalam perancangan mobil Kapuas 2, daya maksimum ( $P_{Traction\ motor}$ ) yang dapat diterima motor sebesar 1000 Watt. Percepatan mobil harus disesuaikan dengan kemampuan motor sehingga perlu dilakukan perhitungan percepatan kendaraan berdasarkan kemampuan motor. Perhitungan percepatan dapat dihitung menggunakan persamaan (4.1).

$$P_{traction\ motor} = (F_{aero} + F_{rr} + F_{inertia})V$$

$$P_{traction\ motor} = (F_{aero} + F_{rr} + m \cdot a)V \quad (4.1)$$

Dimana:

$P_{traction\ motor}$  = daya maksimum traksi motor (Nm/s)

$F_{aero}$  = *aerodynamic force* (N)

$F_{rr}$  = *rolling resistance force* (N)

$F_{inertia}$  = *inertia force* (N)

$m$  = massa kendaraan (kg)

$a$  = percepatan ( $m/s^2$ )

$$1000 = (43,8 + 27,196 + 184,85 \cdot a)8,33$$

$$1000 = (70,99 + 184,85a)8,33$$

$$1000 = 592,347 + 1539,8a$$

$$a = \frac{1000 - 592,347}{1539,8}$$

$$a = 0,265 \text{ } m/s^2$$

Percepatan yang dapat dihasilkan motor sebesar  $0,265 \text{ m/s}^2$  sehingga gaya inersia yang dihasilkan mobil Kapuas 2 dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{inertia} = 184,85 \cdot 0,265$$

$$F_{inertia} = 49 \text{ N}$$

### 2.1.5 Gaya traksi (*Traction Force*)

Gaya Traksi didefinisikan sebagai kemampuan suatu kendaraan untuk mendorong atau menarik beban. Dalam segala jenis percepatan gaya traksi harus sama dengan penjumlahan dari seluruh gaya hambat yang bekerja. Berdasarkan perhitungan Gaya traksi mobil Kapuas 1 didapat gaya sebesar  $349,15 \text{ N}$ , sedangkan perhitungan gaya traksi mobil Kapuas 2 dapat dihitung melalui persamaan (5).

$$F_{trac} = F_{aero} + F_{rr} + F_{grad} + F_{inertia} \quad (5)$$

Dimana:

$$F_{trac} = \text{traction force (N)}$$

$$F_{aero} = \text{aerodynamic force (N)}$$

$$F_{rr} = \text{rolling resistance force (N)}$$

$$F_{grad} = \text{gravitational force (N)}$$

$$F_{inertia} = \text{inertia force (N)}$$

$$F_{trac} = 43,8 + 27,196 + 0 + 49 \text{ N}$$

$$= 119,996 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan gaya traksi yang dibutuhkan mobil Kapuas 2 lebih kecil dibandingkan dengan gaya traksi mobil Kapuas 1. Hal ini disebabkan oleh penurunan pada gaya hambat yang berinteraksi pada mobil Kapuas 2.

### 2.1.6 Power traction

Untuk menghitung konsumsi daya yang dibutuhkan maka dapat digunakan persamaan berikut

$$P_{trac} = (F_{aero} + F_{rr} + F_{inertia})V \quad (6)$$

Dimana:

$$P_{trac} = \text{Power traction (N)}$$

$$F_{aero} = \text{aerodynamic force (N)}$$

$F_{rr}$  = rolling resistance force (N)

$F_{grad}$  = gravitational force (N)

$F_{inertia}$  = inertia force (N)

$$P_{trac} = (43,8 + 27,196 + 49)8,33$$

$$P_{trac} = 999,5 \text{ Nm/s (watt)}$$

## 2.2 Perhitungan *Energy Consumtion*

Dalam perhitungan *energy consumtion* mobil Kapuas 2 pemodelan yang digunakan mobil dalam keadaan diam ke kecepatan 30 km/jam dengan percepatan  $0,265 \text{ m/s}^2$  kemudian mobil bergerak dengan kecepatan konstan 30 km/jam sampai daya batrai habis, sehingga mobil meluncur kemudian berhenti. Dalam keadaan diam ke kecepatan 30 km/jam Mobil mengalami gaya hambat aerodinamis, *rolling resistance* dan gaya inersia sedangkan ketika mobil dalam keadaan kecepatan kontstan gaya hambat yang di timbulkan oleh inersia menjadi lebih kecil. Dalam keadaan mobil diam dan bergerak ke kecepatan 30 km/jam dapat dilakukan perhitungan waktu tempuh yang digunakan sebagai berikut:

$$V_t = v_0 + at$$

Ket:

$$V_t = \text{kecepatan akhir (m/s)} = 30 \text{ km/jam} = 8,33 \text{ m/s}$$

$$V_0 = \text{Kecepatan awal (m/s)} = 0 \text{ km/jam} = 0 \text{ m/s}$$

$$a = \text{percepatan (m/s}^2) = 0,265 \text{ m/s}^2$$

$$t = \text{waktu tempuh (s)}$$

$$8,33 = 0 + 0,256 t$$

$$t = \frac{8,33}{0,256} + 0,256 \\ = 31 \text{ second}$$

Mencari jarak tempuh saat mobil posisi diam sampai ke kecepatan 30 km/jam sebagai berikut:

$$s_1 = v_0(t) + \frac{1}{2}at^2$$

Ket:

$$V_t = \text{kecepatan akhir (m/s)} = 30 \text{ km/jam} = 8,33 \text{ m/s}$$

$V_0$  = Kecepatan awal (m/s) = 0 km/jam = 0 m/s

$a$  = percepatan (m/s<sup>2</sup>) = 0,265 m/s<sup>2</sup>

$t$  = waktu tempuh (s)

$s_1$  = jarak tempuh posisi mobil diam sampai kecepatan 30 km/jam (m)

$$s_1 = 0 \cdot 31 + \frac{1}{2} 0,265 \cdot 31^2$$

$$s_1 = 127,3 \text{ m}$$

Sedangkan konsumsi daya yang dibutuhkan untuk mobil bergerak dari posisi diam sampai kecepatan 30 km/jam sebagai berikut:

$$P_{consumtion1} = P_{trac} \cdot t$$

Ket:

$P_{consumtion1}$  = konsumsi daya yang dibutuhkan (Ws)

$P_{trac}$  = daya traksi (W)

$t$  = waktu tempuh (s)

$$P_{consumtion1} = 1000 \cdot 31$$

$$P_{consumtion1} = 31.000 \text{ Ws}$$

Sehingga daya *battery* setelah mobil diam sampai kecepatan 30 km/jam dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{Battery0} = 1 \text{ kwh} = 1 \cdot 1000 \cdot 3600 = 3.600.000 \text{ Ws}$$

$$P_{Battery1} = P_{Battery} - P_{consumtion1}$$

Ket:

$P_{Battery0}$  = daya *battery* mula – mula (Ws)

$P_{Battery1}$  = sisa daya *battery* setelah sampai ke kecepatan 30 km/jam (Ws)

$P_{consumtion1}$  = konsumsi daya yang dibutuhkan (Ws)

$$P_{Battery} = 3.600.000 - 31.000$$

$$P_{Battery} = 3.569.000 \text{ Ws}$$

Saat mobil mencapai kecepatan 30 km/jam pemodelan akan dibuat konstan sampai daya *battery* habis kemudian meluncur, dalam keadaan konstan gaya hambat ( $P_{trac2}$ ) yang bekerja hanya *aerodynamic force* dan *rolling resistance* sehingga konsumsi daya ( $P_{consumtion2}$ ) yang digunakan sampai daya *battery* habis sebesar 3.569.000 Ws, waktu sampai daya *battery* habis dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{consumtion2} = P_{trac2} \cdot t$$

$$P_{consumtion2} = (F_{aero} + F_{rr})v \cdot t$$

Ket:

$P_{consumtion2}$  = Konsumsi daya battery yang digunakan sampai habis ( $Ws$ )

$P_{trac2}$  = Gaya traksi yang bekerja saat kecepatan konstan ( $W$ )

$F_{aero}$  = *aerodynamic force* (N)

$F_{rr}$  = *rolling resistance force* (N)

$v$  = Kecepatan (m/s)

$t$  = waktu tempuh (s)

$$3.569.000 = (43,8 + 27,19)8,33 \cdot t$$

$$3.569.000 = 70,99 \cdot 8,33 \cdot t$$

$$t = 3.569.000 / 591,3467$$

$$t = 6035,4 s$$

Maka dapat dilakukan perhitungan jarak tempuh ketika mobil bergerak konstan di kecepatan 30 km/jam sampai *battery* habis sebagai berikut:

$$s_2 = v \cdot t$$

Ket:

$s_2$  = jarak kendaraan kecepatan 30 km/jam konstan (m)

$v$  = kecepatan konstan (m/s) = 30 km/jam = 8,33 m/s

$t$  = waktu tempuh sampai daya battery habis (s)

$$s_2 = 8,33 \cdot 6035,4$$

$$s_2 = 50.274 m = 50,3 km$$

Ketika daya battery habis mobil akan meluncur sampai berhenti, pada kondisi ini gaya yang bekerja mendorong mobil untuk bergerak adalah gaya inersia, gaya hambat yang bekerja pada kondisi ini *aerodynamic force* dan *rolling resistance*, perhitungan perlambatan yang terjadi pada mobil sebagai berikut:

$$\sum F = F_{aero} + F_{rr}$$

$$m \cdot a = F_{aero} + F_{rr}$$

Ket:

$$\sum F = \text{Gaya inersia yang bekerja (N)}$$

$m$  = massa kendaraan ( $kg$ )

$F_{aero}$  = aerodynamic force (N)

$F_{rr}$  = rolling resistance force (N)

$a$  = perlambatan ( $m/s^2$ )

$$a = \frac{F_{aero} + F_{rr}}{m}$$

$$a = \frac{43,8 + 27,19}{184,85}$$

$$a = 0,384 m/s^2$$

Menghitung jarak dari mobil meluncur sampai berhenti sebagai berikut:

$$s_3 = \frac{v_0^2 - v_t^2}{2a}$$

Ket:

$s_3$  = jarak kendaraan dari kecepatan 30 km/jam sampai berhenti (m)

$V_t$  = kecepatan akhir ( $m/s$ ) = 30 km/jam = 8,33 m/s

$V_0$  = Kecepatan awal ( $m/s$ ) = 0 km/jam = 0 m/s

$a$  = perlambatan ( $m/s^2$ ) = 0,384 m/s $^2$

$t$  = waktu tempuh (s)

$$s_3 = \frac{8,33^2 - 0^2}{2 \cdot 0,384}$$

$$s_3 = 90,4 m$$

Total jarak yang dapat ditempuh mobil Kapuas 2 dalam 1 kwh sebagai berikut:

$$s_{total} = s_1 + s_2 + s_3$$

Ket:

$s_1$  = jarak kendaraan dari diam sampai kecepatan 30 km/jam (m)

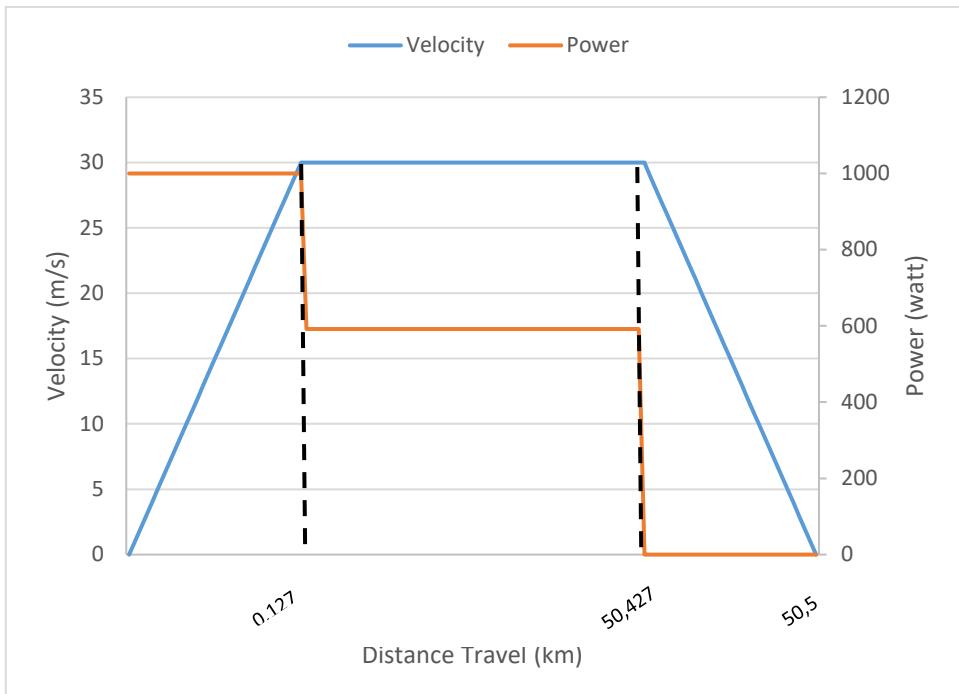
$s_2$  = jarak kendaraan dengan kecepatan konstan sampai battery habis (m)

$s_3$  = jarak kendaraan dari kecepatan 30 km/jam sampai berhenti (m)

$$s_{total} = 0,127 + 50,3 + 0,09$$

$$s_{total} = 50,5 km$$

Sehingga jarak tempuh mobil kapuas 2 yang di dapat dalam 1 kwh sebesar 50,5 km/kwh. Hasil perhitungan dari *energy consumption* ditampilkan dalam grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 2.2.**



**Gambar 2.2** Grafik kecepatan terhadap konsumsi daya

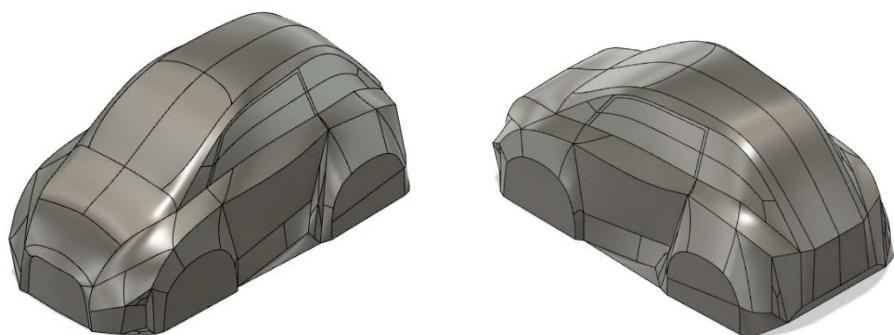
Berdasarkan **Gambar 2.2** mobil dimodelkan dalam keadaan diam sampai kecepatan maksimum 30 km/jam, kemudian mobil bergerak dengan kecepatan konstan 30 km/jam sampai daya batrei habis selanjutnya kendaraan meluncur sampai berhenti. Dari kecepatan 0 sampai 30 km/jam konsumsi daya yang dipakai sebesar 31.000 Watt detik, dengan jarak tempuh sejauh 0,127 km. Saat mobil bergerak dengan kecepatan konstan daya traksi yang diperlukan mengalami penurunan menjadi 591,3 W dikarenakan pada kecepatan konstan gaya inersia tidak bekerja, sehingga sampai daya baterai habis jarak yang dapat ditempuh sejauh 50,427 km. Setelah daya baterai habis mobil meluncur sampai berhenti, maka total jarak yang dapat ditempuh mobil dari posisi awal sampai akhir sejauh 50,5 km dengan kapasitas baterai 1000Ws.

### BAB III PERANCANGAN KENDARAAN

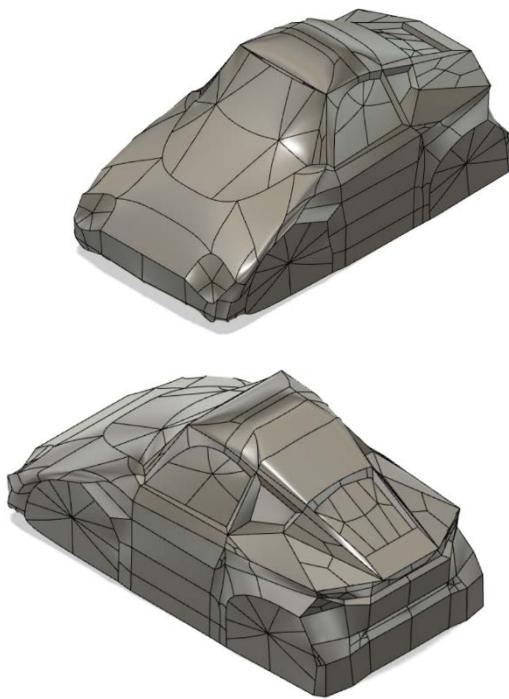
#### 3.1 Perancangan Aerodinamika *Body*

##### 3.1.1 Aerodinamika *Body*

Pada perancangan desain *body* mobil Kapuas 2 dari Tim UNTAN-ECT melakukan pengembangan terhadap desain *body* mobil Kapuas 1. Desain mobil Kapuas 2 memiliki beberapa penyesuaian pada aliran bentuk yang disederhanakan agar efektif dan sesuai dengan regulasi yang diharapkan. Pada desain mobil Kapuas 2, Tim UNTAN-ECT melakukan pengembangan dengan lebih melihat efisiensi ruangan, aliran udara, estetika dan ergonomis. Dalam hal efisiensi ruangan Tim UNTAN-ECT melakukan pengembangan pada bagian belakang *body* mobil, sehingga desain belakang *body* mobil Kapuas 2 memiliki ukuran yang lebih kecil, hal ini dapat memperkecil *wake region* yang mengakibatkan nilai dari koefisien *drag body* mobil Kapuas 2 jika dibandingkan dengan *body* mobil Kapuas 1 lebih kecil. Berikut perbandingan desain *body* mobil pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.1** Desain 3D *body* mobil Kapuas 1



**Gambar 3.2** Desain 3D *body* mobil Kapuas 2

Pada desain mobil Kapuas 2, Tim UNTAN-ECT telah melakukan pengembangan dari kaca depan yang cukup luas untuk pandangan yang baik bagi pengemudi yang sebelumnya. Pada mobil Kapuas 2 mengalami *blank spot* dibagian depan mobil. Mobil Kapuas 2 juga memiliki kaca samping, kaca spion, lampu depan, lampu belakang, lampu *sein*, dan lampu *hazard*. Kaca samping berfungsi untuk melihat pandangan pada bagian kiri dan kanan, kaca *spion* yang berfungsi untuk melihat pandangan pengemudi diarah belakang, lampu depan yang berfungsi untuk penerangan di malam hari, lampu belakang yang berfungsi sebagai lampu tanda disaat pengereman dan juga lampu *sein* yang berfungsi untuk penanda saat ingin bermanufer ke kanan dan kiri ketika berada ditikungan, pertigaan dan perempatan, lampu *hazard* berfungsi untuk memberikan peringatan pada kendaraan dibelakang.

Di bagian ruang pengendara, desain mobil Kapuas 2 juga telah mengikuti standar minimal sesuai regulasi yang telah ditetapkan oleh penyelenggara KMHE 2021, seperti pintu mobil yang memiliki 2 pintu yaitu disebelah kiri dan kanan yang bisa dibuka ke samping sehingga memudahkan pengendara untuk keluar dan masuk mobil, serta pintu di ruang bagasi yang bisa dibuka ke atas yang bertujuan untuk memudahkan jika ada masalah dibagian tersebut. Pada bagian ini dimensinya sebagai berikut :

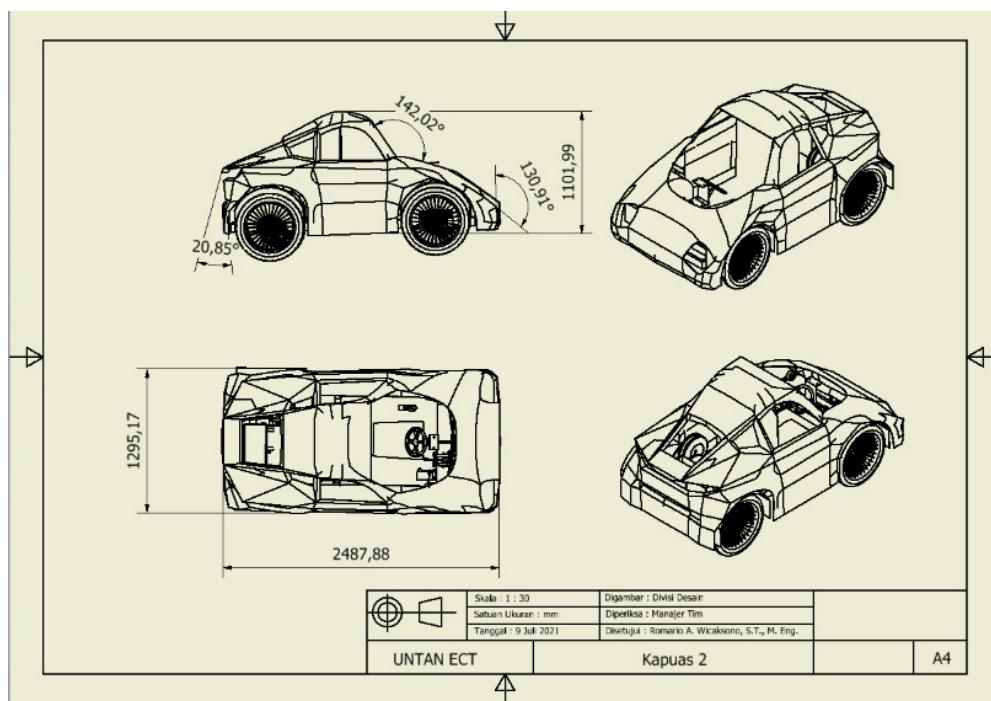
**Tabel 3.1 Dimensi Mobil Kapuas 2**

Pintu (mm)		Ruang Pengendara (mm)			Pintu Bagasi (mm)	
Tinggi	Lebar	Panjang	Lebar	Tinggi	Panjang	Lebar
1012	577	845	800	950	500	400

Dimensi kendaraan yang dirancang telah sesuai dengan aturan yang ditetapkan oleh Penyelenggara KMHE 2021 yang tentunya tidak jauh berbeda dari aturan KMHE sebelumnya. Untuk menunjukkan dimensi kendaraan, Tim UNTAN-ECT menyajikan dalam bentuk gambar kerja, yang didalamnya terdapat tampak samping kendaraan, tampak isometri, tampak belakang, dan tampak atas. Pada gambar ini akan terlihat jelas bagaimana bentuk kendaraan yang telah Tim UNTAN-ECT buat dengan mengefisiensikan bentuk sesuai acuan standarisasi yang telah ditentukan dan referensi yang telah Tim UNTAN-ECT kaji.

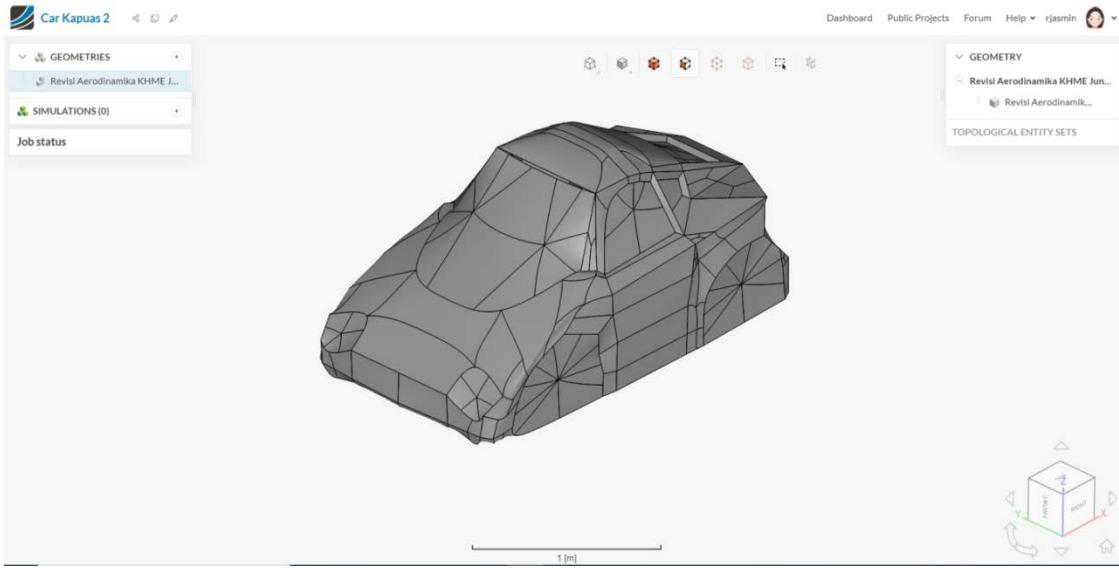
Berikut ini adalah penjelasan mengenai ukuran (dimensi) *body* Urban (Kapuas 2)

- Ketinggian *body* adalah 1101,99 mm.
- Lebar keseluruhan *body* adalah 1295,17 mm.
- Panjang keseluruhan *body* adalah 2487,88 mm.



**Gambar 3.3 Dimensi *body* mobil Kapuas 2**

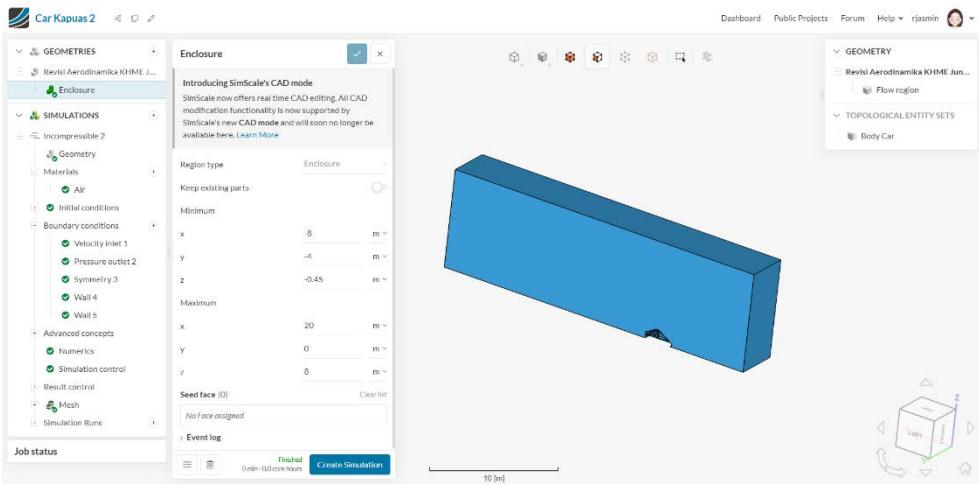
Untuk pengujian aerodinamika pada *body* mobil Kapuas 2, Tim UNTAN-ECT menggunakan *Software Cloud Computing* yaitu *Simscale*. Tampilan desain Kapuas 2 yang diimport ke dalam pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Import *body* Kapuas 2

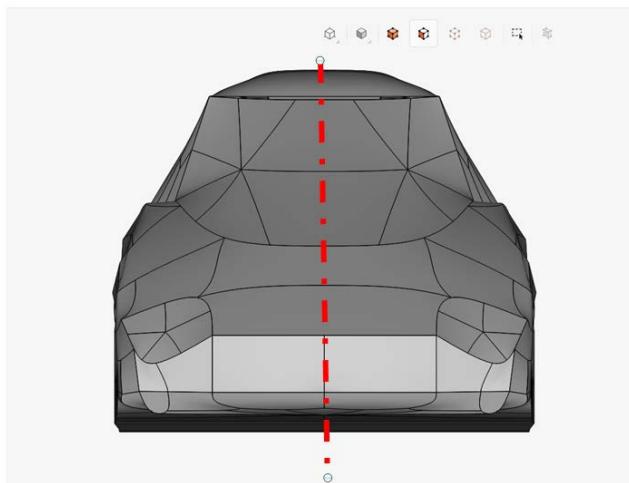
Dalam simulasi aerodinamika pada *body* Kapuas 2 dibutuhkan *wind tunnel* untuk mengetahui arah aliran angin dan geometri *wind tunnel* juga menentukan peristiwa yang terjadi pada aliran fluida, yaitu aliran yang melewati *body* mobil. Dimensi *enclosure* atau *wind tunnel* dipilih sesuai dengan panjang (L) kendaraan. Sebagai aturan praktis, nilai-nilai berikut dapat digunakan :

- *Downstream* (8 - 10 kali panjang dari *body* kendaraan);
- *Upstream* (3 - 5 kali panjang dari *body* kendaraan);
- Se bisa mungkin *body* bagian bawah menyentuh bagian *plane* ke arah z minimum;
- Arah yang lain bisa 3 kali panjang dari *body* kendaraan.



**Gambar 3.5** Enclosure pada mobil Kapuas 2

Pada pengujian kali ini, *body* kendaraan juga dipotong sebagian oleh *enclosure* agar proses simulasi bisa dua kali lebih cepat. Bagian *body* yang dipotong ada pada sumbu x dan z sehingga *body* kendaraan dapat terlihat seperti pada **Gambar 3.6**.

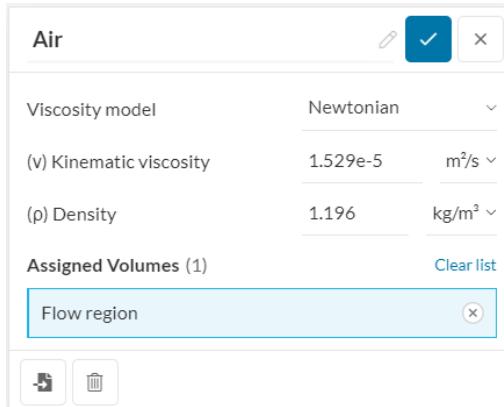


**Gambar 3.6** Body kendaraan bagian yang dipotong dua bagian

Langkah selanjutnya adalah membuat simulasi dalam keadaan *incrompressible flow fluid*. *Incrompressible flow fluid* merupakan aliran dimana densitas fluidanya berubah didalam medan aliran atau aliran di mana perbedaan dalam massa jenis dapat diabaikan seperti udara.

Material udara memiliki model matematika yang paling sederhana dari fluida yang menjelaskan viskositas. Meskipun tidak ada fluida nyata yang sesuai dengan definisi secara sempurna, banyak cairan dan gas seperti air dan udara yang dapat diasumsikan sebagai Newtonian untuk perhitungan praktis dalam kondisi biasa. Fluida

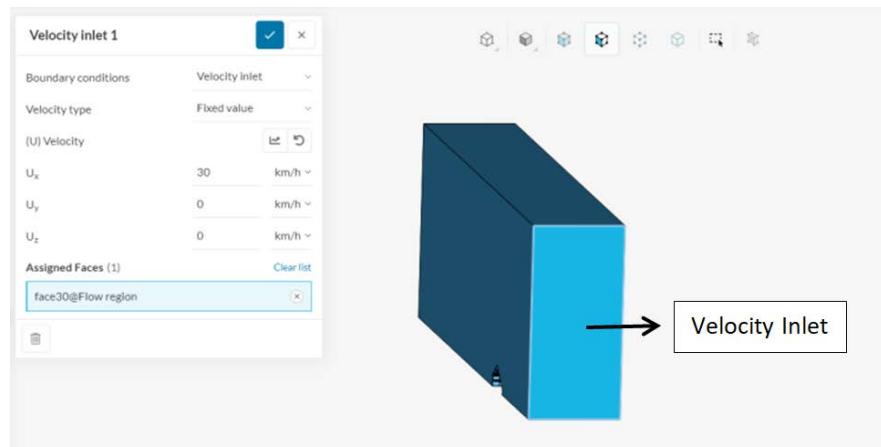
Newtonian sendiri yaitu fluida dimana tegangan viskositas yang timbul dari alirannya di setiap titik secara linier berkorelasi dengan laju regangan lokal. Material uji yang digunakan adalah udara dengan kinematik viskositas  $0.000015295 \text{ m}^2/\text{s}$  dan densitas  $1.196 \text{ kg/m}^3$ .



**Gambar 3.7** Material udara

Setelah mengatur material aliran maka langkah selanjutnya adalah mengatur *boundary conditions* sebagai berikut:

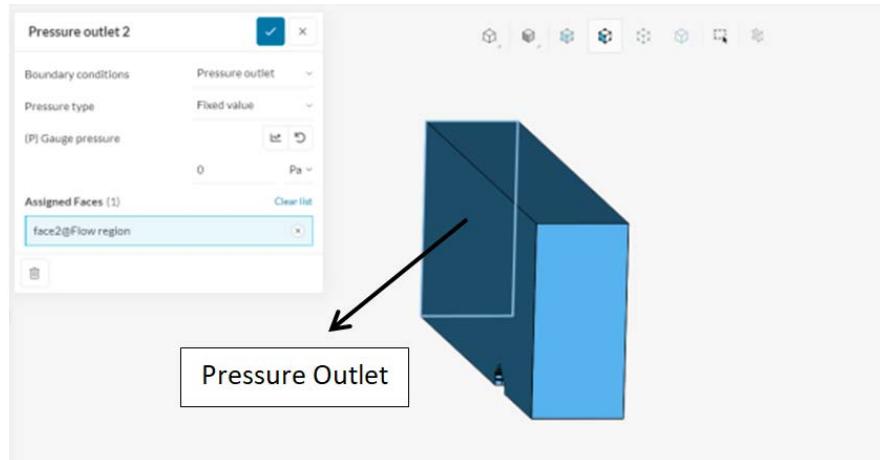
1. Pada kondisi batas kecepatan masuk,



**Gambar 3.8** Velocity inlet

Pada **Gambar 3.8** kecepatan fluida yang masuk dilakukan satu pengujian dengan *fixed value velocity*  $30 \text{ km/h}$  pada sumbu  $x$  terhadap permukaan depan geometri *wind tunnel*.

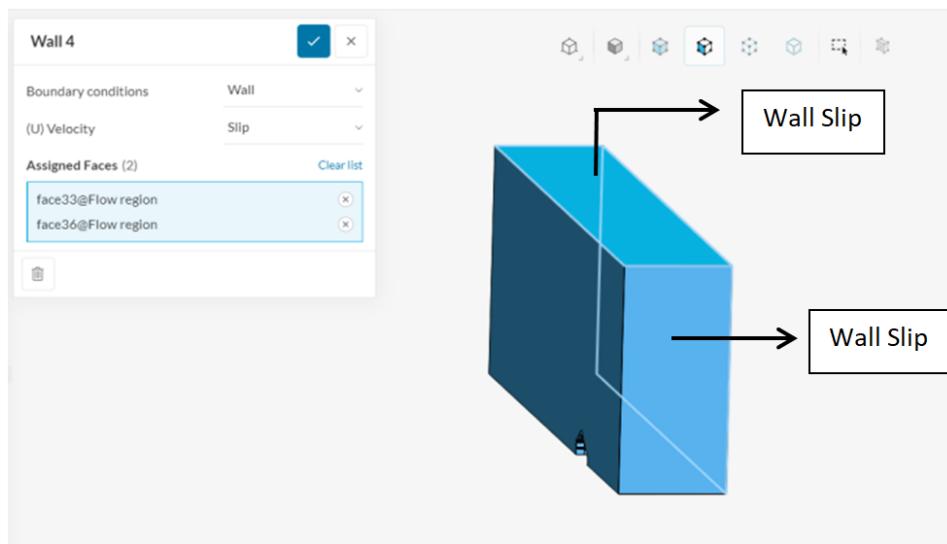
2. Pada tekanan yang keluar,



**Gambar 3.9 pressure outlet**

Pada **Gambar 3.9** tekanan keluar dilakukan pengujian dengan referensi 0 terhadap tekanan udara *ambient air pressure* dengan nilai 0 Pa pada permukaan belakang *wind tunnel*. Nilai ini bisa konstan atau bergantung pada koordinat waktu dan/atau ruang. Baik tekanan statis atau pengukur dapat digunakan tergantung pada jenis analisis. Kondisi batas *outlet* tekanan mendefinisikan kondisi aliran keluar berdasarkan tekanan aliran (P) di *outlet*. Ini biasanya digunakan ketika ada laju aliran/kecepatan, atau tekanan yang lebih tinggi yang diberikan pada saluran masuk.

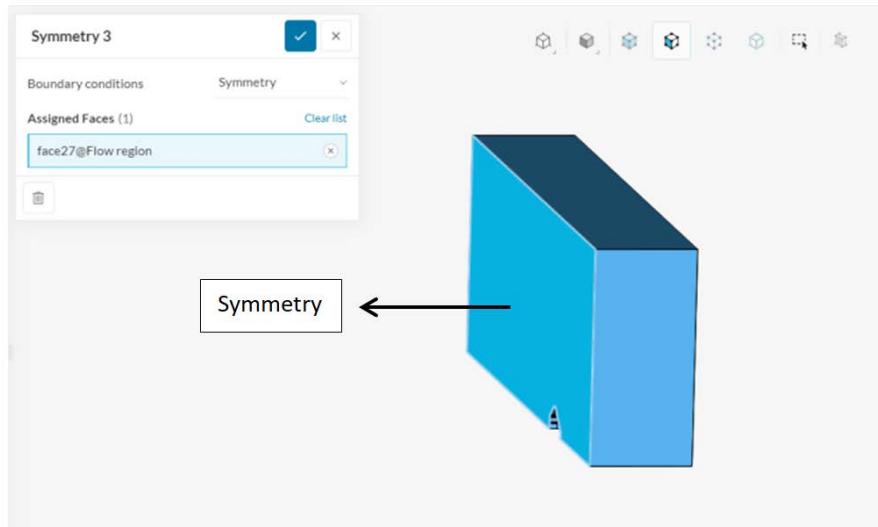
3. Pada *wall slip* atau dinding samping kanan dan atas,



**Gambar 3.10 Kecepatan Lewat Pada dinding**

Pada **Gambar 3.10** *wall slip* dilakukan pengujian *boundary condition wall* dan *velocity* dalam kondisi *slip*. Dengan kondisi *slip*, permukaan tanpa gesekan dapat dimodelkan. Secara matematis, ini menghapus komponen normal kecepatan dan menjaga komponen tangensial tidak tersentuh pada permukaan yang ditentukan.

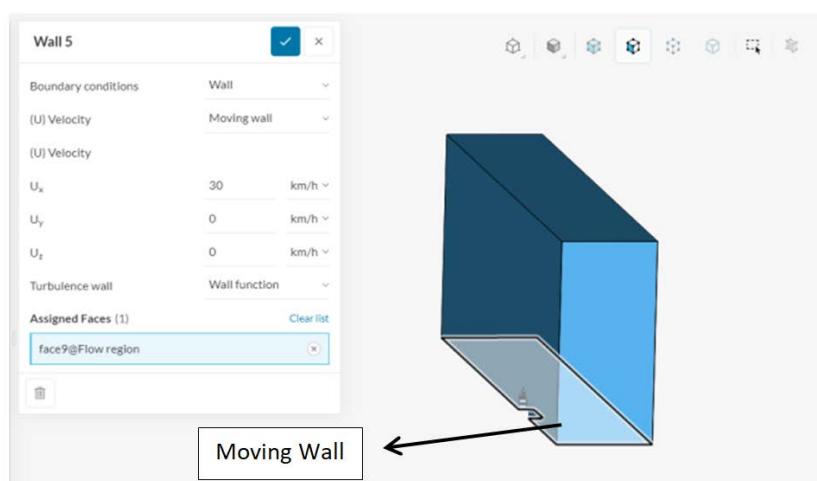
4. Pada *symmetri* atau dinding bagian kiri,



**Gambar 3.11 Symetry**

Pada **Gambar 3.11** *symmetry* dilakukan pengujian dalam *boundary condition symmetry* agar dapat mencerminkan *body* mobil seutuhnya sehingga angin dapat diteruskan dengan baik. Dengan menggunakan *boundary condition symmetry*, waktu simulasi aerodinamika pada desain Kapuas 2 dapat dikurangi.

5. Pada *moving wall* atau dinding bagian bawah,



**Gambar 3.12 moving wall**

Pada **Gambar 3.12** *moving wall* dilakukan pengujian dengan *boundary condition wall* dan *velocity* dalam kondisi *moving wall*. Fungsi *moving wall* digunakan agar mobil terlihat seolah bergerak dengan kecepatan tangensial yang ditentukan yaitu 30 km/jam.

Ketika telah selesai mengatur *boundary conditions*, Tim UNTAN-ECT mengatur pada bagian *mesh refinement*. *Mesh refinement* sendiri dapat digunakan untuk menghaluskan *mesh* secara lokal dan hanya jika diperlukan. Hal ini memungkinkan pembuatan *mesh* yang sangat efisien sehubungan dengan akurasi hasil versus permintaan sumber daya komputasi. *Mesh refinement* dapat ditambahkan melalui node *Refinements* di beberapa bagian meshing seperti *region refinement*, dan *inflate boundary conditions*.

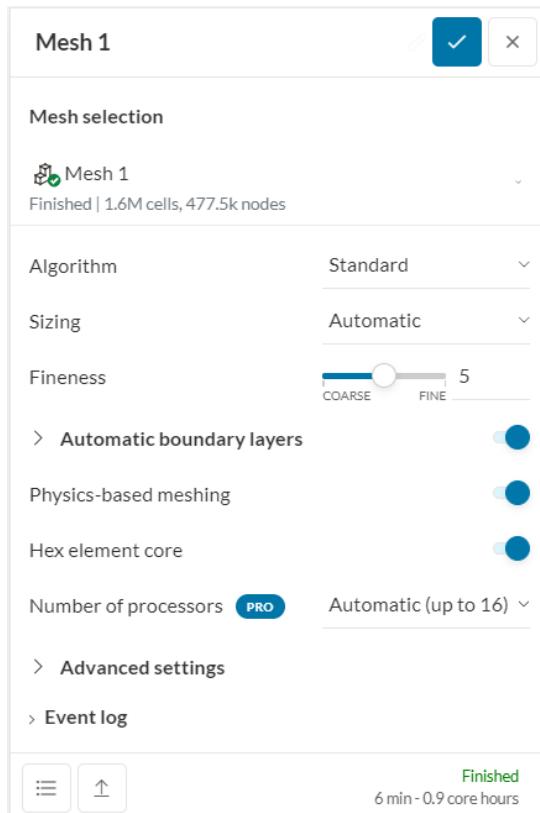
*Region refinement* digunakan untuk menyempurnakan *mesh volume* untuk satu atau lebih wilayah volume yang telah ditentukan. *Inflate boundary layer* digunakan untuk memperhalus lapisan batas permukaan *body* kendaraan untuk mendapatkan gambaran yang lebih baik.

Proses selanjutnya yaitu *meshing* pada keseluruhan volume *wind tunnel* yang telah digabungkan menjadi volume dengan *body* mobil Kapuas 2 dengan kondisi:

*Sizing* menentukan seberapa kasar atau halus diskritisasi geometri masukan. Kontrol ukuran disetel otomatis, di mana properti lokal disesuaikan secara otomatis berdasarkan taksiran geometris. Untuk ukuran otomatis, hanya kehalusan *mesh global* yang perlu disetel dan semua parameter tambahan akan disetel secara otomatis sesuai dengan fitur geometri dan kehalusan yang dipilih. Nilainya pada dasarnya menentukan ukuran elemen karakteristik untuk setiap padatan, mulai dari sangat kasar sampai sangat halus. Jaring halus akan menghasilkan resolusi fitur geometris kecil yang lebih baik, tetapi juga akan meningkatkan waktu komputasi dan kebutuhan memori simulasi. *sizing* pada *simscale* dapat dilihat pada **Tabel 3.2**

**Tabel 3.2** Ukuran *Sizing* Pada *Simscale*

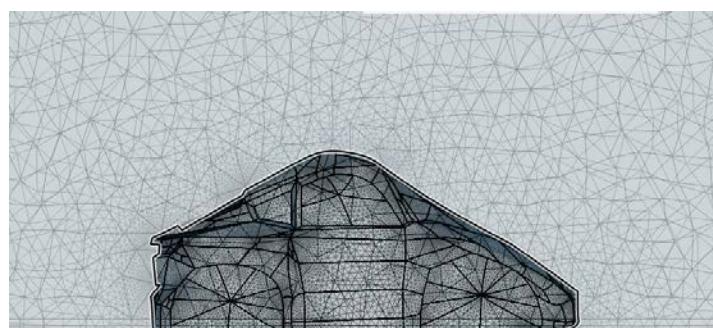
$0 < X \leq 2$	$2 < X \leq 4$	$4 < X \leq 6$	$6 < X \leq 8$	$8 < X \leq 10$
Sangat kasar ( <i>very coarse</i> )	Kasar ( <i>coarse</i> )	Sedang ( <i>moderate</i> )	Halus ( <i>fine</i> )	Sangat halus ( <i>very fine</i> )



**Gambar 3.13 setting mesh**

Pengaturan standar berupa *moderate* (sedang) biasanya akan memberikan kompromi yang baik antara akurasi. Untuk *layer* di *setting* otomatis dengan parameter 3 buah *layer* yang memiliki ketebalan *relative* keseluruhan 0.4 saat kontrol *layer* gradasi rasio *growth* spesifik dengan nilai *growth* 1.5.

*Meshing* berbasis tetrahedron digunakan untuk membangun *mesh* dengan mempertimbangkan informasi yang dimasukkan sebagai bagian dari pengaturan simulasi. Fungsi utamanya yaitu untuk perbaikan *mesh* di *inlet* dan *outlet* domain dan operasi tambahan pada lapisan batas di dinding dan inti elemen *hex* untuk analisis “CFD”. Hasil dari simulasi *mesh* dapat dilihat pada **Gambar 3.14**

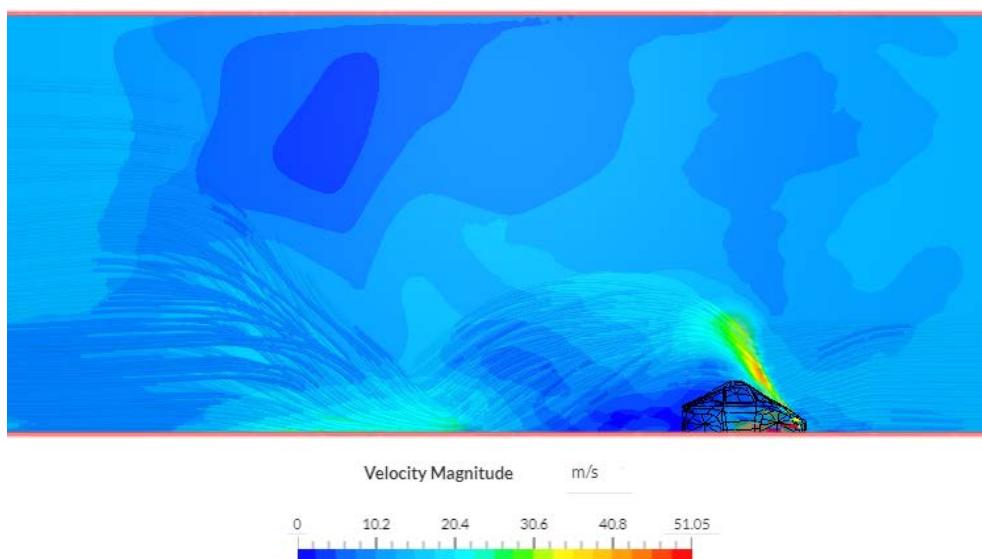


**Gambar 3.14 Simulasi mesh body mobil.**

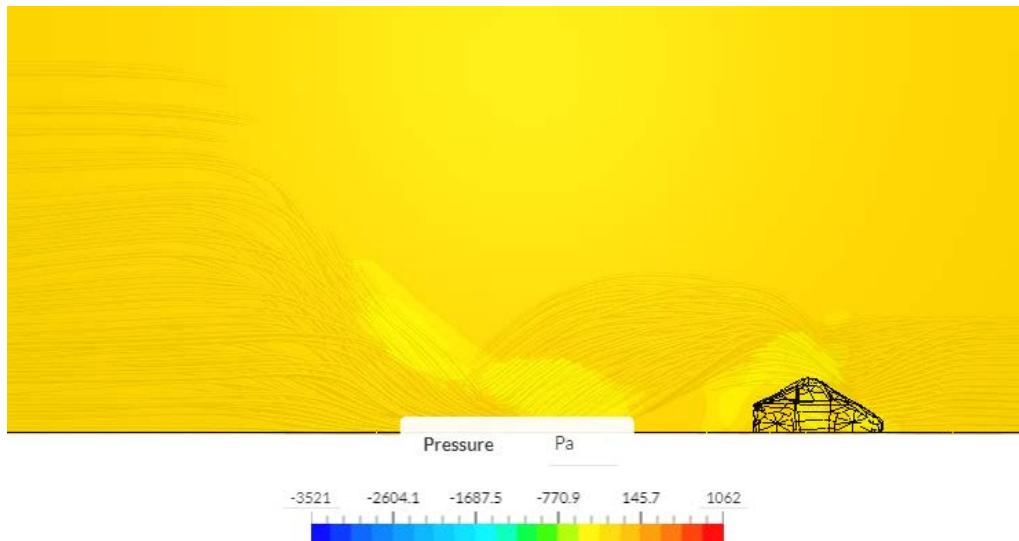
*Post-process results* dari uji aerodinamika.



**Gambar 3.15** Tampak atas aliran udara *body* Kapuas 2



**Gambar 3.16** Tampak samping aliran udara *body* Kapuas 2



**Gambar 3.17** Tampak samping tekanan pada *body* Kapuas 2

Dari hasil analisa CFD pada *software simscale* terlihat distribusi kecepatan aliran udara seperti **Gambar 3.15** dan **Gambar 3.16**. Pada **Gambar 3.17** terjadi gradien tekanan pada daerah *upstream* dan daerah *downstream* sehingga ketika aliran udara mengenai bagian depan *body* mobil, terjadilah separasi pada aliran udara yang kemudian membentuk *vortex*, sedangkan untuk daerah belakang *body* mobil terjadi *wake* yang mengakibatkan terbentuknya *drag* pada mobil.

*Body* mobil Kapuas 2 didesain sedemikian rupa agar nyaman bagi pengendara dan memiliki nilai hambat aerodinamis yang rendah. Hasil simulasi aerodinamika *body* mobil Kapuas 2 menggunakan parameter berupa nilai kecepatan relatif mobil terhadap udara disekitarnya sebesar 30 km/jam. Dengan aplikasi *autodesk flow design* didapatkanlah nilai *coeffisien drag* rata-rata sebesar 0.41 yang dimana nilainya lebih baik dari *coeffisien drag* Kapuas 2, dan gaya hambat aerodinamis sebesar 22.955 newton seperti pada **Gambar 3.18**.



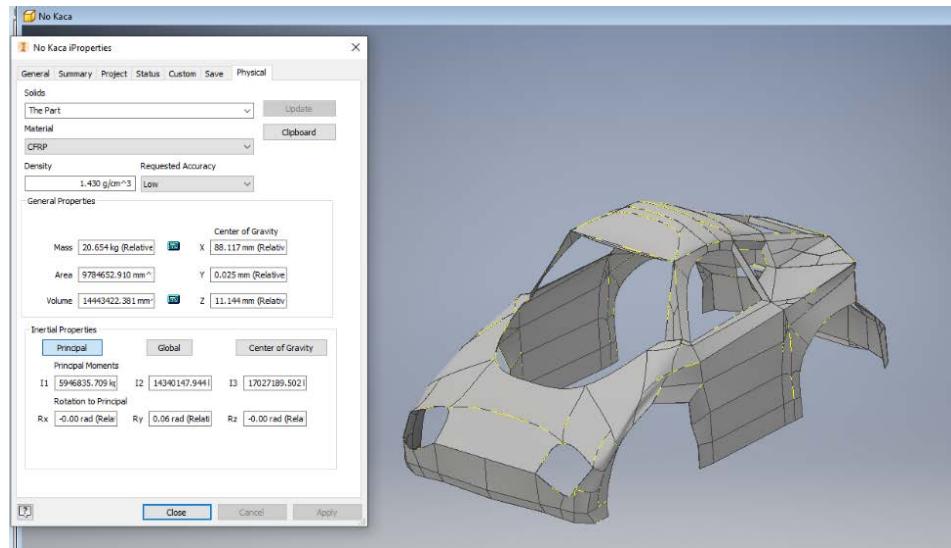
**Gambar 3.18** Hasil simulasi *coeffisien drag*

### 3.1.2 Perancangan *Body*

#### 3.1.2.1 Rancangan proses produksi pembuatan *body*

Mobil merupakan kendaraan darat roda empat yang aman karena memiliki *body* yang dapat menutupi atau sebagai tempat perlindungan pengendara serta komponen lainnya pada mobil dari kontak secara langsung dengan alam seperti terik matahari, hujan, dan hal-hal lain yang dapat menyebabkan kecelakaan baik ringan maupun berat serta memberikan kenyamanan dan memberikan gaya atau model dari mobil itu sendiri (Saputra, 2019).

Pada perancangan *body* mobi Kapuas 2 merupakan tipe *urban concept*, dengan acuan regulasi pada KMHE 2021, perancangan *body* yang digunakan yaitu untuk panjang 2487,88 mm, lebar 1295,15 mm, dan tinggi 1101,99 mm (Ukuran tersebut sudah sesuai dengan standar regulasi KMHE 2021). Untuk massa *body*nya adalah sebesar 26.121 kg. Hal ini didapatkan dari hasil simulasi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.19**



**Gambar 3.19** Hasil simulasi target berat *body* mobil

Proses membuat mobil hemat energi memerlukan bahan-bahan yang ringan dan kuat. Pada rancangan *body* mobil Kapuas 2, kami menggunakan komposit serat (*fibrous composite materials*) dimana terdiri dari *fiber* dan matrik. Komposit serat merupakan jenis komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat (*reinforcement*) berupa serat / *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *fibers glass*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya (Jones, 1975). Namun pada perancangan ini *fibers* tersebut kami menggunakan *carbon fibers* sebagai komposit.

Pembuatan *body* mobil Kapuas 2 ini diawali dengan *treatment* tanah liat yang bertujuan untuk memudahkan saat ditempel pada mal, mudah dalam pengaplikasiannya dan tidak banyak retakan. Kemudian dilanjutkan pembuatan *mal/master* yang terbuat dari triplek sebagai landasan awal, penggunaan triplek ini bertujuan untuk membentuk *body* mobil Kapuas 2 sesuai dengan desain yang dibuat. Selanjutnya pembuatan cetakan *body* mobil Kapuas 2 dimana pada proses ini cetakan dibagi menjadi empat bagian yaitu depan, samping kiri dan kanan, bagian belakang samping kiri dan kanan, dibuat perbagian supaya mudah saat pelepasan *body* mobil. Sesudah pembuatan cetakan tersebut selanjutnya pembuatan *body* sendiri menggunakan cetakan dan pada bagian akhir dari pembuatan *body* mobil Kapuas 2 ini sendiri yaitu proses penghalusan, perapian, pengecatan, dan pemasangan pelengkapan dari *body*nya sendiri seperti kaca jendela dan spion.

### **3.1.2.2 Sifat Fisis Material Komposit**

Sifat fisis material merupakan sifat material yang disebabkan oleh hal-hal seperti kerapatan. Kerapatan merupakan salah satu sifat fisis dari papan komposit yang didefinisikan sebagai massa per satuan volume material. Kerapatan dapat ditentukan dengan metode “pencelupan” biasa, tetapi untuk keperluan pembelajaran diperkenalkan penggunaan metode sinar-X. Kerapatan bergantung pada massa atom, ukuran serta cara penumpukannya (Smallman, 2000). Hasil dari pengujian kerapatan *carbon fibers* itu sendiri sebesar 1,430 gr/cm<sup>3</sup>

### **3.1.2.3 Sifat Mekanis Material Komposit**

Uji Mekanis adalah pengujian terhadap sifat mekanik yang berhubungan dengan sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan, suatu material terhadap pembebahan yang diberikan. Hasil pengujian komposit dari serat karbon fiber sebagai penguat adalah sebagai uji tarik (*tensile strength*). Pengujian dilakukan dengan menggunakan pengujian tarik yang bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji “*Universal Testing Machine*”. Cara kerja uji tarik hukum hooke (*hooke's law*). Untuk hampir semua logam, pada tahap awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah (*linier zone*). (Jati S.A., 2020). Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-638. Untuk pengujian tarik dari komposit dengan *carbon fibers* ini yaitu sebesar 269,99 Mpa.

### **3.1.2.4 Proses *Treatment* tanah liat untuk pembuatan *body***

Dalam proses pembuatan *body* mobil, kami menggunakan tanah liat sebagai pengisi sela-sela triplek mal sehingga mendapatkan bentuk *body* mobil sesuai dengan desain yang sudah dibuat dan dapat menekan biaya dalam pembuatan *body* tersebut. *Treatment* tanah liat ini bertujuan supaya saat digunakan tidak mudah retak dikarenakan tanah tersebut sudah halus dan dapat tercampur rata saat diaduk dengan air. Tahap-tahap *Treatment* tanah liat sebagai berikut:

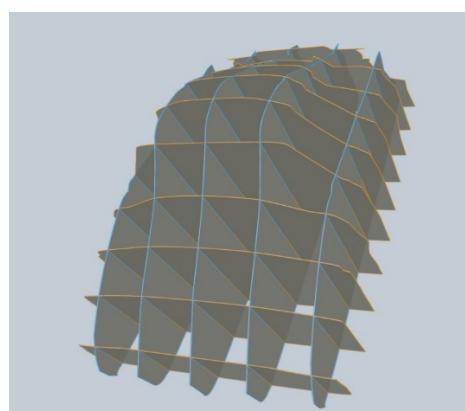
1. Tanah disortir terlebih dahulu dengan ukuran untuk mempermudah proses penghalusan.
2. Tanah yang sudah disortir berdasarkan ukuran lalu dimasukkan kedalam wadah (karung) lalu ditumbuk menggunakan palu sampai halus.

3. Tanah yang sudah halus kemudian disaring menggunakan saringan dengan ukuran 0,5 m<sup>2</sup> dan dikumpulkan dan dijemur supaya mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
4. Jika sudah dijemur, tanah tersebut kemudian disimpan didalam ruangan yang kering.

### **3.1.2.5 Pembuatan mal/master dari *body* mobil Kapuas 2**

Pembuatan mal/master ini sendiri menggunakan bahan dari triplek sebagai landasan utama dari mal/master itu sendiri. Sebelum dijadikan landasan utama dari mal/master langkah pertama yaitu pemotongan triplek sesuai dengan yang di desain. Desain dibuat menggunakan aplikasi *slice for autodesk fusion 360* berdasarkan desain *body*. Kemudian potongan-potongan triplek tersebut dirakit sesuai dengan desain yang dibuat pada mal/master.

Setelah pembuatan landasan utama dari mal/master selesai maka langkah akhir yaitu pembentukan kontur-kontur yang sulit dan merupakan bagian bentuk bagian luar dari *body* menggunakan bahan tanah liat yang telah di *treatment* dan siap dipakai pada pembuatan mal/master. Pengaplikasian tanahnya sendiri harus sesuai dengan landasan utama dari triplek tersebut agar bentuk dari desain *body* mobil Kapuas 2 ini sendiri, dan setelah pengaplikasian tanah liat sebagai pembuatan bentuk luar dari *body* mobil Kapuas 2 selesai tunggu hingga tanah liat tersebut benar-benar kering dan mal/master siap digunakan untuk proses pembuatan cetakan.



**Gambar 3.20 Desain mal/master**

**Tabel 3.3** Anggaran Proses Pembuatan Mal/Master

Pembuatan mal/master <i>body</i> mobil Kapuas 2				
Nama Barang	@	Satuan	Harga	Total
Triplek 9 mm	6	lembar	Rp130.000	Rp.810.000
Triplek 6 mm	3	lembar	Rp95.000	Rp.285.000
Banner desain mal/master	1	lembar	Rp450.000	Rp450.000
Sekrup	1	Kotak	Rp70.000	Rp70.000
Gunting	1	Buah	Rp20.000	Rp20.000
Mata Jigsaw	2	Pcs	Rp15.000	Rp30.000
<b>Total anggaran pembuatan mal/master <i>body</i> mobil</b>			<b>Rp1.665.000</b>	

### 3.1.2.6 Pembuatan cetakan *body* mobil Kapuas 2

Pada awal pembuatan cetakan langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengolesi seluruh permukaan mal/master dengan *mirror glaze* dimana kegunaan dari *mirror glaze* itu sendiri agar mudah untuk pelepasan cetakan dari mal/master itu sendiri. Selanjutnya kemudian dilapisi lagi dengan *gelcoat* (campuran aerosil, resin, *pigment* warna putih, dan katalis dengan perbandingan = 42% : 42% : 10% : 1% . ) dengan metode *hand lay-up*, setelah *gelcoat* mengering dilanjutkan dengan proses laminasi pada mal/master hingga mencapai 2 lapisan/*layer* dari *Fiber glass*.

Proses laminasi sendiri diawali dengan pemberian campuran antara resin dan katalis yang sudah diaduk hingga rata, kemudian diberi *Fiber glass*, begitu seterusnya hingga dua lapis. Apabila seluruh tahapan pembuatan cetakan sudah selesai maka tinggal menunggu proses pengeringan dan pelepasan cetakan dari mal/master. Setelah cetakan lepas dari mal/master maka dilakukan proses pemdempulan jika ada bagian yang cacat dan proses penghalusan permukaan dengan cara diampelas secara bertahap. Hasil permukaan cetakan sangat berpengaruh terhadap *body* mobil Kapuas 2.

**Tabel 3.4** Anggaran Proses Pembuatan Cetakan *Body* Mobil Kapuas 2

Pembuatan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2				
Nama Barang	@	Satuan	Harga	Total
Resin polyester yukalac 157 BQTN Merah	36	Liter	Rp45.000	Rp1.620.000
Katalis	2	Kg	Rp100.000	Rp200.000
Aerosil	2	Kg	Rp180.000	Rp360.000
<i>Pigment</i> warna putih	4	Pcs	Rp20.000	Rp80.000

<i>Fiber glass</i>	7	Kg	Rp40.000	Rp280.000
<i>Mirror glaze</i>	2	kaleng	Rp150.000	Rp300.000
Baut dan ring 12mm	35	Pcs	Rp1.500	Rp52.500
Kertas karton	4	lembar	Rp10.000	Rp40.000
<i>Tinner ND 5 ltr</i>	2	Klg	Rp100.000	Rp200.000
Amplas 360	15	m	Rp10.000	Rp150.000
Amplas 1200	10	lembar	Rp5.000	Rp50.000
Amplas tempel	10	lembar	Rp2.000	Rp20.000
Dempul explolac 3 kg	1	kaleng	Rp125.000	Rp125.000
Mata bor 12mm	1	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
Kuas 2"	5	Pcs	Rp9.000	Rp45.000
Sarung tangan	1	Set	Rp40.000	Rp40.000
<b>Total anggaran pembuatan cetakan <i>body</i> mobil</b>				<b>Rp3.602.500</b>

### 3.1.2.7 Pembuatan *body* mobil Kapuas 2

Setelah proses pembuatan cetakan selesai sampai kondisi permukaannya yang halus dan rata karena proses pengamplasan maka selanjutnya langkah pembuatan lapisan *gelcoat*. Lapisan *gelcoat* terdiri dari campuran resin, aerosil, pigment, dan katalis. Komposisi perbandingan antara resin: aerosil: *pigment* warna hitam: katalis = 42% : 42% : 10% : 1%.

Sebelum menuju pembuatan lapisan *gelcoat* terlebih dahulu mengoles permukaan cetakan yang sudah diamplas hingga halus dengan *mirror glaze* sampai merata, hal ini berfungsi agar lapisan *gelcoat* tidak lengket dengan cetakan dan mudah dalam pelepasannya. Apabila seluruh bagian sudah diolesi dengan *mirror glaze*, selanjutnya mengoleskan *gelcoat* sampai seluruh permukaan cetakan tertutup oleh *gelcoat* dengan metode *hand lay-up*. Pada proses pembuatan lapisan *gelcoat* produk akan kering selama 1-2 jam, dan produk siap untuk dilapisi atau ditimpa serat untuk pembuatan komposit.

Pembuatan komposit diawali dengan membasahi lapisan *gelcoat* dengan campuran resin dan katalis kemudian diberi *carbon fibers* sebagai lapisan pertama, begitu seterusnya sampai dua lapis. Apabila bagian atas, samping, dan belakang sudah dilaminasi maka dilanjutkan dengan proses penyatuhan cetakan, hal ini bertujuan untuk menyatukan lapisan *gelcoat* yang sudah dilaminasi. Proses penyatuhan cetakan

menggunakan klem yang dijepitkan pada rangka penahan cetakan bagian luar. Proses pengekleman harus dilakukan sangat presisi karena apabila tidak presisi maka *body* mobil Kapuas 2 yang dihasilkan juga tidak akan presisi. Pada bagian sambungan dilakukan proses laminasi hingga 2-3 lapis agar pada bagian sambungan tidak mudah patah.

Pada bagian yang mudah patah diberi penguat, dengan memberikan penguat pada bagian-bagian yang mempunyai bentangan panjang dan lurus dengan memberi *core* diantara skin. *Core* yang digunakan adalah PVC sehingga dengan adanya penguatan tersebut dapat memperkuat komposit dari *body* mobil Kapuas 2 ini. Selanjutnya pemasangan engsel pintu, kunci pintu, dan ganggang pintunya, dimana *body* mobil Kapuas 2 dipotong pada bagian pintu kiri dan kanan, dan bagian lainnya untuk pemasangan pelengkapan *body* tersebut.

**Tabel 3.5** Anggaran Proses Pembuatan *Body* Mobil Kapuas 2

<b>Pembuatan <i>body</i> mobil Kapuas 2</b>				
<b>Nama Barang</b>	<b>@</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga</b>	<b>Total</b>
Resin polyester yukalac 157 BQTN Bening	25	L	Rp60.000	Rp1.500.000
Katalis	2	Kg	Rp100.000	Rp200.000
Aerosil	2	Kg	Rp180.000	Rp360.000
<i>Carbon fibers</i>	20	m <sup>3</sup>	Rp250.000	Rp10.000.000
<i>Mirror glaze</i>	1	Kaleng	Rp150.000	Rp150.000
<i>Thinner ND</i> 5 liter	2	Kaleng	Rp100.000	Rp200.000
Dempul Explolac 3 kg	1	Kaleng	Rp125.000	Rp125.000
Engsel 3"	3	Pcs	Rp28.000	Rp84.000
Amplas 360	15	M	Rp10.000	Rp150.000
Amplas 1200	10	Pcs	Rp5.000	Rp50.000
Amplas temple	10	Pcs	Rp2.000	Rp20.000
<i>Double tip spoir</i>	5	Pcs	Rp10.000	Rp50.000
Lakban hitam	5	Pcs	Rp10.000	Rp50.000
Kunci pintu	2	Pcs	Rp30.000	Rp60.000
<i>Clip bumper</i>	1	Pcs	Rp50.000	Rp50.000
<i>Towing Hook</i>	2	Pcs	Rp35.000	Rp70.000
Penarik pintu	3	Pcs	Rp25.000	Rp75.000
Baut dan ring 12 mm	24	Pcs	Rp1.500	Rp36.000

Baut dan ring 10 mm	20	Pcs	Rp1.000	Rp20.000
Baut dan ring 14 mm	6	Pcs	Rp5.000	Rp30.000
Mata bor 12mm	1	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
Mata bor 10mm	1	Pcs	Rp30.000	Rp30.000
Kuas 2”	5	Pcs	Rp9.000	Rp45.000
Sarung tangan	1	Set	Rp40.000	Rp40.000
Mata gerinda	1	Ktk	Rp55.000	Rp55.000
Mata asah	3	Pcs	Rp12.500	Rp37.500
<b>Total anggaran pembuatan body mobil Kapuas 2</b>			<b>Rp13.527.000</b>	

### 3.1.2.8 Proses *finishing body* mobil Kapuas 2

Produk yang sudah kering akan dilakukan proses pelepasan dari cetakan, langkah selanjutnya adalah langkah *finishing* produk. Pada tahap *finishing* ini dilakukan tindakan penghalusan, dan perapian. Setelah dipotong pada bagian-bagian tertentu, *body* mobil Kapuas 2 dicuci dengan air sabun untuk membersihkan bekas sisa-sisa *mirror glaze* yang masih menempel pada produk sampai bersih.

*Body* mobil yang telah dikeluarkan dari cetakan hasilnya belum tentu sempurna seperti sesuai yang diinginkan. Cacat pada *body* dapat disebabkan oleh kualitas cetakan yang kurang bagus atau tidak rata, juga bisa disebabkan kesalahan pada saat pelepasan *body* mobil dari cetakan. Pada proses pembuatan *body* mobil Kapuas 2 ini terdapat cacat *body* yang masih dapat diperbaiki. Sehingga dilakukan proses pendempulan pada bagian yang mengalami cacat *body*. Kemudian menghaluskan *body* mobil dengan mengamblas *body* mobil pada bagian yang tidak halus.

Seluruh permukaan *body* yang sudah rata dilakukan pengecatan dengan menggunakan epoxy, hasil proses pengecatan epoxy diratakan kembali menggunakan amplas. Langkah selanjutnya pencucian *body* mobil yang bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran yang menempel pada permukaan *body*. *Body* mobil yang sudah bersih selanjutnya dilakukan pengecatan dasar, untuk proses pengecatan warna dasar dipilih warna putih. Setelah kering dilakukan pengecatan primer sesuai warna yang diinginkan. Untuk langkah terakhir dilakukan proses penyemprotan *clear coat* yang bertujuan untuk melindungi cat dari sengatan matahari dan goresan. Desain *body* mobil Kapuas 2 dapat dilihat pada **Gambar 3.21**



**Gambar 3.21** Desain *body* mobil Kapuas 2

Selanjutnya pemasangan jendela, spion, dan lampu pada *body* mobil Kapuas 2 ini, agar warna *body* mobil Kapuas 2 menjadi lebih maksimal dilakukan proses *finishing*.

**Tabel 3.6** Anggaran proses finishing *body* mobil Kapuas 2

<i>finishing body</i> mobil Kapuas 2				
<b>Nama Barang</b>	<b>@</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga</b>	<b>Total</b>
Danagloss Uniclear 1 kg	2	kaleng	Rp130.000	Rp260.000
Cat dasar epoxy 1 kg + hardener	3	kaleng	Rp75.000	Rp225.000
<i>Thinner ND 3 kg</i>	2	kaleng	Rp110.000	Rp220.000
Penta 4455 D 1 kg+ hardener	3	kaleng	Rp20.000	Rp60.000
Amplas 1200	10	lembar	Rp5.000	Rp50.000
Amplas temple	10	lembar	Rp2.000	Rp20.000
<i>Spray Gun</i>	1	Pcs	Rp125.000	Rp125.000
Polikarbonat 3 mm	3	M	Rp500.000	Rp1.500.000
Kaca spion	1	Set	Rp75.000	Rp75.000
<i>Airfilter spray gun</i>	2	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
<b>Total anggaran <i>finishing body</i></b>				<b>Rp2.575.000</b>

### 3.1.3 Manajemen *Project* Proses Produksi Pembuatan *Body*

Manajemen project digunakan untuk mempermudah peroses produksi dari pembuatan *body* mobil Kapuas 2. Adanya manajemen *project* ini agar proses produksi dapat dikontrol dan pengeraannya sesuai dengan target yang sudah ditentukan sebelumnya. Jam kerja yang dibuat oleh tim UNTAN-ECT untuk proses produksi pembuatan *body* Kapuas 2 menggunakan jam standar kerja yaitu bekerja 5 hari dalam seminggu pada hari senin-jumat dan libur pada hari sabtu dan minggu, serta jam kerja

mulai pukul 08.00 WIB sampai 17.00 WIB. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

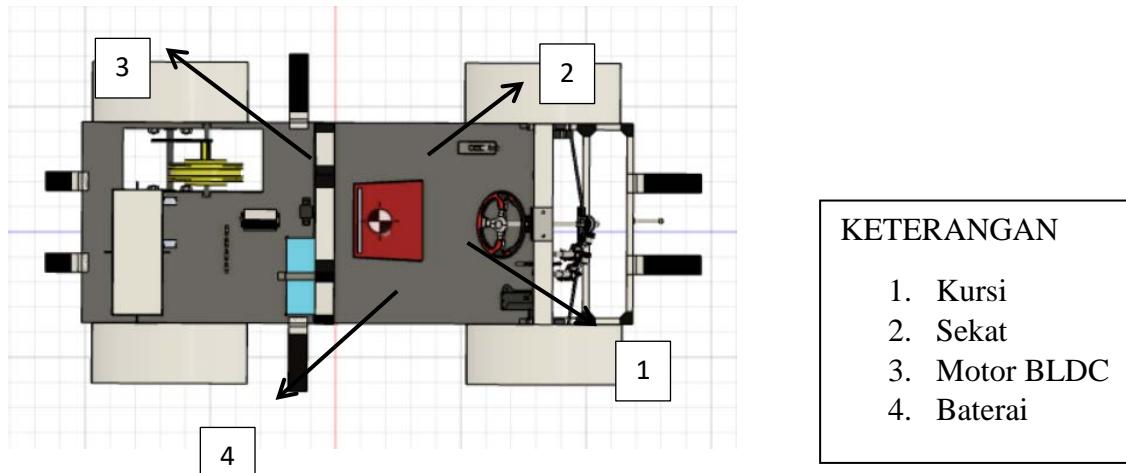
**Tabel 3.7** Manajemen Project Proses Produksi Pembuatan *Body*

Task Name	Duration	Start	Finish	Resource Names
<b>Pembuatan <i>Body</i> Mobil</b>	<b>70 days</b>	<b>Wed 23/06/21</b>	<b>Mon 30/08/21</b>	
<b>Pembuatan mal/master</b>	<b>23 days</b>	<b>Wed 23/06/21</b>	<b>Sat 10/07/21</b>	
Perlakuan tanah liat	7 days	Wed 23/07/21	Wed 30/06/21	Material
Pembelian triplek 6mm dan 9mm	4 days	Wed 23/06/21	Sat 26/06/21	Material
Pemotongan pola desain pada mal/master	3 days	Sat 26/06/21	Mon 28/06/21	Material
Penyusunan triplek	3 days	Wed 30/06/21	Fri 02/07/21	Material
Pembentukan <i>body</i> mobil Kapuas 2 pada mal/master menggunakan tanah liat	6 days	Mon 05/07/21	Sat 10/07/21	Material
<b>Pembuatan cetakan</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 12/07/21</b>	<b>Fri 16/07/21</b>	
Pembelian bahan pembuatan komposit	6 days	Thu 08/07/21	Tue 13/07/21	Material
Pembuatan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2 bagian depan, samping kiri dan kanan, atas dan belakang	5 days	Mon 12/07/21	Fri 16/07/21	Material
Proses pengeringan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2	3 days	Fri 16/07/21	Sun 18/07/21	Material
Pelepasan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2 dari mal/master	2 days	Sat 17/07/21	Sun 18/07/21	Material
Penghalusan dan perapian cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2	2 days	Sat 17/07/21	Sun 18/07/21	Material
<b>Pembuatan <i>Body</i> Mobil</b>	<b>12 days</b>	<b>Tue 20/07/21</b>	<b>Sat 31/07/21</b>	
Pembuatan <i>body</i> mobil Kapuas 2	4 days	Tue 20/07/21	Fri 23/07/21	Material
Pelepasan <i>body</i> mobil Kapuas 2 dari cetakan	1 day	Fri 23/07/21	Fri 23/07/21	Material
Penghalusan dan perapian <i>body</i> mobil Kapuas 2	2 day	Fri 23/07/21	Sat 24/07/21	Material

Pemotongan bagian-bagian pintu kiri dan kanan, jendela, pintu bagasi, dan bagian roda	2 days	Mon 26/07/21	Wed 28/07/21	Material
Pemasangan kunci pintu dan gangga pintu	1 day	Thu 29/07/21	Sat 31/07/21	Material
<b>Finishing</b>	<b>26 days</b>	<b>Thu 05/08/21</b>	<b>Fri 28/08/21</b>	
Pengecatan awal menggunakan epoxy pada <i>body</i> mobil Kapuas 2	7 days	Thu 05/08/21	Wed 11/08/21	Material
Pengamplasan dan pembersihan dari hasil pengecatan epoxy	1 day	Wed 11/08/21	Wed 11/08/21	Material
Pengecatan dasar <i>body</i> mobil Kapuas 2	4 days	Wed 11/08/21	Sat 14/08/21	Material
Pengecatan primer <i>body</i> mobil Kapuas 2	4 days	Sat 14/08/21	Wed 18/08/21	Material
Penyemprotan clear coat <i>body</i> mobil Kapuas 2	4 days	Wed 18/08/21	Tue 24/08/21	Material
Pemasangan jendela dan spion mobil Kapuas 2	2 day	Tue 24/08/21	Wed 25/08/21	Material
Pemolesan <i>body</i> mobil Kapuas 2	4 days	Wed 25/08/21	Sat 28/09/21	Material

### 3.2 Perancangan *Body* dan Sasis

#### 3.2.1 Perancangan *Layout* Kendaraan



Gambar 3.22 Layout sasis kendaraan

Pada mobil Kapuas 2 Tim UNTAN-ECT merancang *layout* beban kendaraan seperti **Gambar 3.22**, didalam *layout* ini Tim UNTAN-ECT menempatkan komponen-komponen mobil dengan mempertimbangkan masalah stabilitas dan pembebanan yang merata pada sasis mobil ini. Ada empat beban yang Tim UNTAN-

ECT hitung didalam *layout* ini, yang mana beban tersebut ialah beban motor listrik, beban kursi dan pengendara, serta beban batrai.

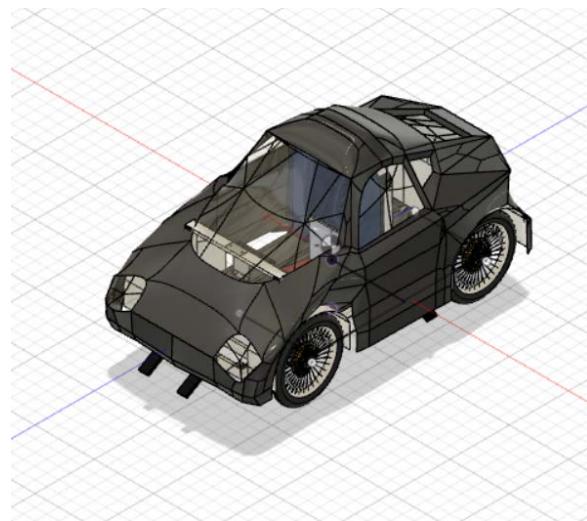
**Tabel 3.8** Perhitungan Beban Keseluruhan

Perhitungan Massa Total Kendaraan	
Nama Barang	Massa (kg)
Motor BLDC	7,5
Baterai	4,2
<i>Buck Converter 48V-12V</i>	0,2
<i>Body Mobil</i> (simulasi)	26,12
(Velg + Tromol) x4	14
Ban <i>tubeless</i> 80/80-17 x4	12
Kontroler Motor BLDC	0,6
Roda Stir	1,2
Batang Stir	3
Master Rem	1
Cakram Rem x4	12
<i>Safety Belt</i>	3
Racun Api	1
Kursi	4
Aksesoris	1
Sistem Transmisi	5
Plat Aluminium	9,2
Kerangka Aluminium	11,7
Pengemudi	70
total massa keseluruhan	186,72

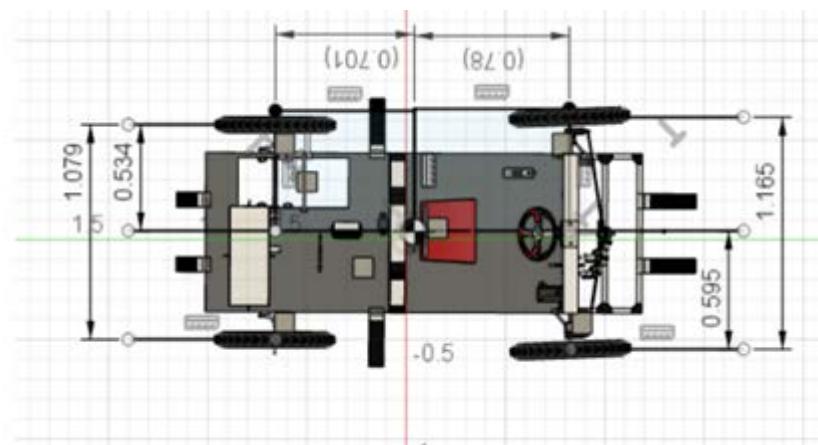
### 3.2.2 *Center of Gravity*

Dalam mencari titik pusat keseimbangan membutuhkan data massa *body carbon fiber* dengan kaca *polycarbonate*. Setalah itu desain *body* kendaraan tersebut di *assembly* dengan sasis kendaraan beserta isinya. Tujuan utama dalam mencari titik pusat keseimbangan atau *center of gravity* adalah mengetahui seberapa beban yang ditangung *body* mobil bagian depan dan belakang.

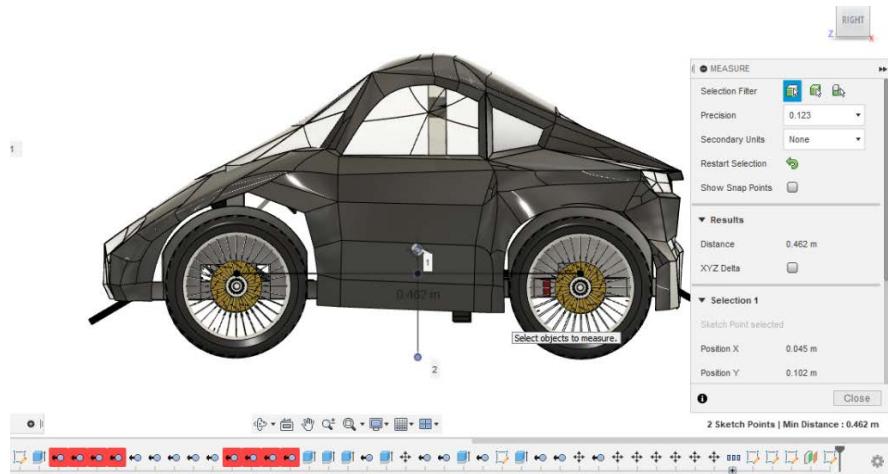
Ketika material *body*, sasis beserta isinya telah di *assembly* maka langkah selanjutnya adalah masuk ke pengaturan *inspect* dan menekan fungsi *center of mass* pada aplikasi Autodesk Fusion 360. Setelah menekan *center of mass*, pastikan bahwa desain mobil dalam keadaan *unhide* dan terpilih. Hasil analisis *center of mass* atau *center of gravity* dapat dilihat pada **Gambar 3.23** sampai **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.23** *center of gravity* dari *Body* mobil Kapuas 2



**Gambar 3.24** Jarak *center of gravity* ke sumbu roda depan dan belakang



**Gambar 3.25** Jarak *center of gravity* ke permukaan tanah

Dari pengukuran massa *body* mobil, dapat disimpulkan bahwa *center of gravity* mobil Kapuas 2 sebagai berikut:

- a. Jarak dari roda depan : 0.78 m
- b. Jarak dari roda belakang : 0.701 m
- c. Jarak dari permukaan tanah : 0.462 m

### 3.2.3 Pendistribusian Beban Kendaraan Kapuas 2

Setiap desain kendaraan memiliki letak titik berat kendaraan yang berbeda. Besar beban kendaraan yang didistribusikan ke sumbu-sumbu kendaraan dipengaruhi oleh titik berat kendaraan. Oleh sebab itu setiap kendaraan mempunyai distribusi beban yang berbeda-beda.

Diketahui:

- F = Beban sumbu (N).
- l<sub>1</sub> = Jarak antar titik berat ke sumbu roda (m).
- L = Jarak antar kedua sumbu (m).
- G = Beban Kendaraan (N).
- G = 186,72 kg x 9,81 m/s<sup>2</sup> = 1831,72 N

Pendistribusian beban roda depan:

$$F_1 = \frac{l_2 \cdot G}{L} = \frac{0,78 \times 1831,72}{1,481} = 964,714 \text{ N}$$

- F<sub>1</sub> = Beban sumbu roda depan (N).
- l<sub>2</sub> = Jarak titik berat ke sumbu roda belakang (m).

$L_1$  = Jarak antar sumbu roda depan ke roda belakang (m).

Pendistribusian beban roda belakang:

$$F_2 = \frac{l_1 \cdot G}{L_1} = \frac{0,701 \times 1831,72}{1,481} = 867,006 N$$

$F_2$  = Beban sumbu roda belakang (N).

$l_1$  = Jarak titik berat ke sumbu roda depan (m).

Pendistribusian beban roda depan kiri:

$$F_3 = \frac{l_4 \cdot F_1}{L_2} = \frac{0,595 \times 964,714}{1,165} = 492,708 N$$

$F_3$  = Beban sumbu depan kiri (N).

$l_4$  = Jarak titik berat ke sumbu roda depan kanan (m).

$L_2$  = Jarak antar sumbu roda depan kiri ke roda depan kanan (m).

Pendistribusian beban roda depan kanan:

$$F_4 = \frac{l_3 \cdot F_1}{L_2} = \frac{0,57 \times 964,714}{1,165} = 472,006 N$$

$F_4$  = Beban sumbu roda depan kanan (N).

$l_3$  = Jarak titik berat ke sumbu roda depan kiri (m).

Pendistribusian beban roda belakang kiri:

$$F_5 = \frac{l_5 \cdot F_2}{L_3} = \frac{0,545 \times 867,006}{1,079} = 437,922 N$$

$F_5$  = Beban sumbu roda belakang kiri (N).

$l_5$  = Jarak titik berat ke sumbu roda belakang kanan (m).

$L_3$  = Jarak antar sumbu roda belakang kiri ke roda belakang kanan (m).

Pendistribusian beban roda belakang kanan:

$$F_6 = \frac{l_6 \cdot F_2}{L_3} = \frac{0,534 \times 867,006}{1,079} = 429,083 N$$

$F_6$  = Beban sumbu roda belakang kanan (N).

$l_6$  = Jarak titik berat ke sumbu roda belakang kiri (m).

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa beban yang diterima oleh keempat roda mobil tidak terlalu berbeda. Roda depan kiri menerima beban sebesar 492,708 N, roda depan kanan 472,006 N, roda belakang kiri 437,922 N, dan roda belakang kanan 429,083 N.

### 3.2.4 Sasis

Sasis merupakan bagian yang menopang *body* kendaraan, komponen-komponen kendaraan termasuk pengemudi. Karena fungsi dari sasis adalah sebagai penopang kendaraan, maka material yang digunakan harus kuat, namun harus memiliki beban yang ringan agar beban kendaraan tidak berat sehingga bisa mengurangi kinerja motor. Dalam perancangan sasis, tim melakukan pemilihan bahan yang tepat yang akan digunakan untuk kendaraan, menentukan jenis material, melakukan proses desain menggunakan *software Autodesk Inventor*, selanjutnya melakukan analisis beban sebelum sasis diproduksi.

Setiap material/bahan memiliki tingkat kerapatan berbeda-beda. Nilai kerapatan ini akan berpengaruh terhadap berat dari suatu material/bahan. Dibawah ini adalah tabel nilai elastisitas dari suatu material, dapat dilihat pada **Tabel 3.9**

**Tabel 3.9** Massa Jenis Berbagai Material (G/Cm<sup>3</sup>)

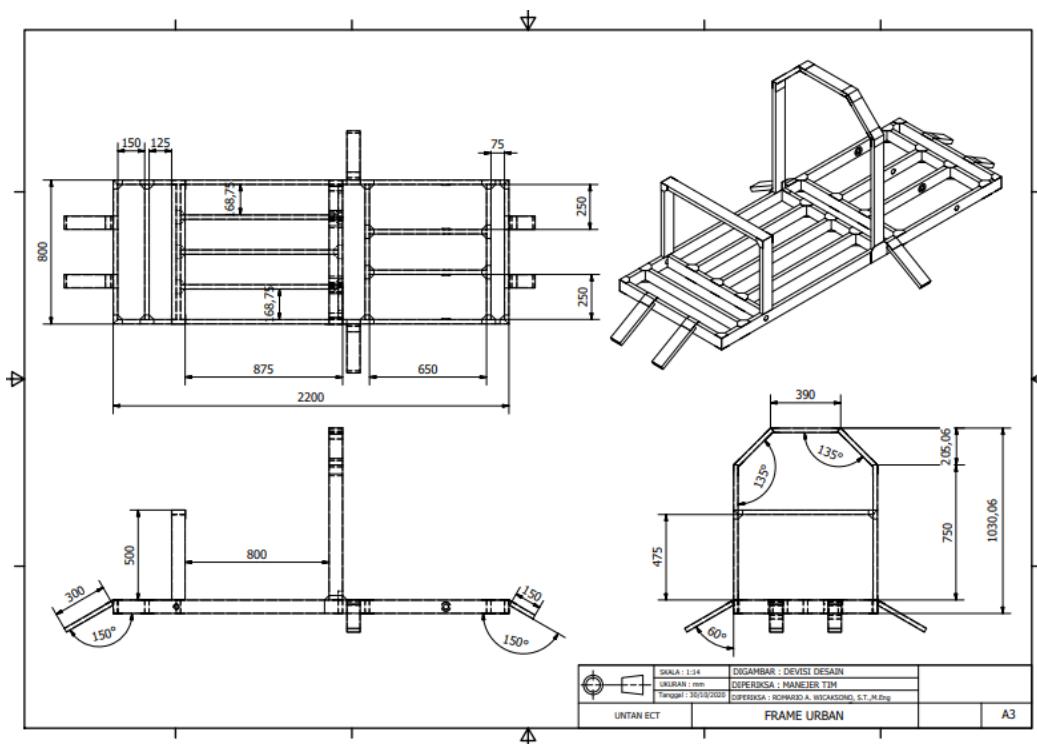
No	Nama Zat	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Ket
1	Air	1,00	Zat Cair
2	Aluminium	2,70	Zat Padat
3	Alkohol	0,80	Zat Cair
4	Besi	7,90	Zat Padat
5	Bensin	0,70	Zat CAir
6	Emas	19,30	Zat Padat
7	Es	0,92	Zat Padat
8	Hidrogen (gas)	0,00.009	Zat Gas
9	Kuningan	8,40	Zat Padat
10	Perak	10,50	Zat Padat
11	Platina	21,45	Zat Padat
12	Raksa	13,60	Zat Cair
13	Seng	7,14	Zat Padat
14	Tembaga	8,92	Zat Padat
15	Udara (gas)	0,0013	Zat Gas

(Sumber:[https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/Massa%20Jenis/MO\\_files/konten9.html](https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/Massa%20Jenis/MO_files/konten9.html), diakses: 13 Juli 2021)

### 3.2.5 Material Pembuatan Sasis Kendaraan Kapuas 2

Material yang dipilih dari tim UNTAN-ECT sebagai bahan pembuatan sasis adalah aluminium. Seperti yang kita tahu aluminium adalah material yang sangat ringan dengan nilai massa jenis 2,7 g/cm<sup>3</sup>, sehingga bisa mengurangi beban kendaraan. Aluminium yang digunakan untuk pembuatan sasis mobil Kapuas 2 adalah ukuran 3

inchi x 1 inchi dengan ketebalan 0.9 mm. Sasis ini memanfaatkan lebar aluminium 3 inchi sebagai penopang yang akan cukup untuk menahan beban *body* kendaraan dan komponen-komponen serta kemudi. Dibawah ini adalah gambar teknik dari sasis kendaraan Kapuas 2.



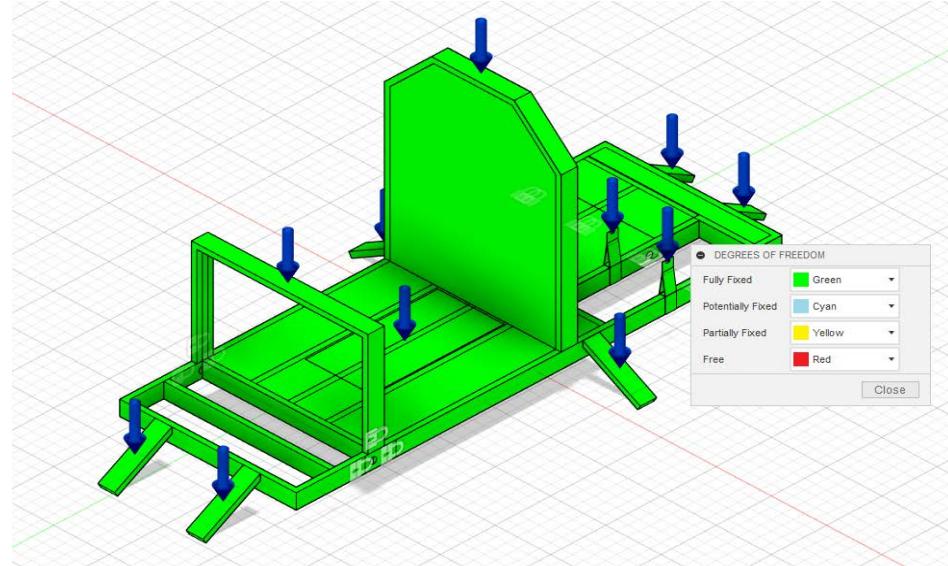
**Gambar 3.26 Dimensi teknik sasis mobil kapuas 2**

### 3.2.6 Pengujian kekuatan sasis kendaraan Kapuas 2

Berikut ini adalah hasil analisa kekuatan sasis yang dilakukan oleh Tim UNTAN-ECT dengan menggunakan *software Autodesk Fusion* 360. Beban yang akan diaplikasikan memiliki massa total sebesar 111,9055 kg dengan arah pembebanan tegak lurus terhadap bidang sasis, pembebanan tersebut diasumsikan 70 kg untuk massa pengemudi, 4 kg untuk massa kursi pengemudi, 26.12 kg massa *body* mobil, 7,5 kg untuk massa motor listrik, dan 4,2855 kg untuk massa baterai.

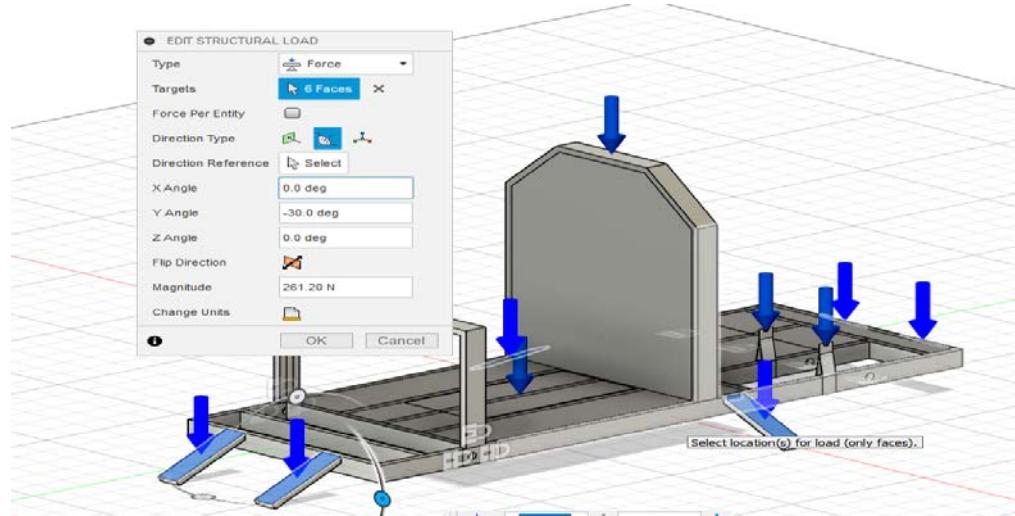
Simulasi dilakukan dimulai dengan memasukan material dari sasis. Material tersebut berupa alumunium pada rangka, baja pada poros untuk ban belakang, baja untuk *bearing* dan *ball joint* untuk roda depan. Langkah selanjut nya adalah melakukan *contact*, ini dilakukan agar nantinya pada saat analisa desain yang sudah kita buat *part* nya tidak terlepas pada saat hasil simulasi. Melihat apakah sasis sudah menyatu atau belum dapat dilihat melalui *DOF view* yang telah disediakan di dalam aplikasi *Fusion*

360. Penyatuan dapat disatukan dengan cara *Manual Contact* dan juga *Automatic Contact*.



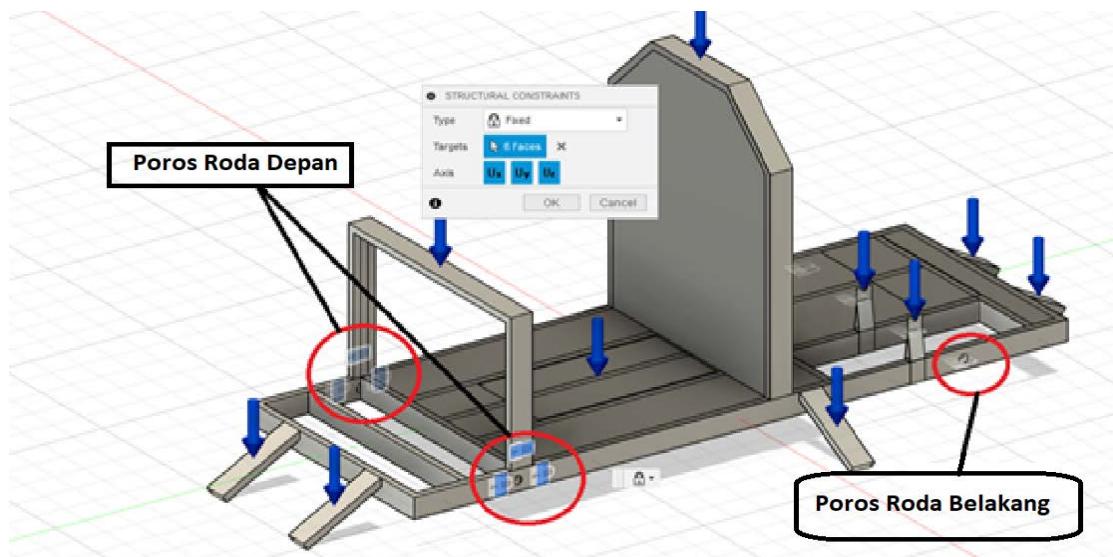
**Gambar 3.27 Manage Contact**

Pada **Gambar 3.27** menunjukkan bahwa semua *part* pada sasis sudah menyatu menjadi satu bagian utuh. Kemudian setelah pemberian kontak, maka bagian *structural load* diisi dari data-data berupa massa kursi pengemudi, pengendara, *body* mobil, motor listrik dan baterai. Divisi desain tim UNTAN-ECT membuat kesepakatan dengan permasalahan percepatan gravitasi yang ada adalah  $9,807 \text{ m/s}^2$ . Data tersebut diisi dengan *face* pada bagian kursi untuk pengendara dengan nilai *magnitude*  $(70 \times 9,807) \text{ 1 N}$  ditambah beban kursi pengemudi dengan nilai *magnitude*  $(4 \times 9,807) \text{ 1 N}$ , *face* pada bagian dudukan *body* mobil di depan, belakang, kiri, kanan dan bagian *roll bar* rangka untuk *body* mobil dengan nilai *magnitude*  $(26,12 \times 9,807) \text{ 1 N}$ , *face* pada bagian dudukan motor dengan nilai *magnitude*  $(7,5 \times 9,807) \text{ 1 N}$ , *face* pada bagian belakang yang menunjukkan beban baterai dengan jarak sekitar 25 cm pada bagian belakang diukur dari bagian pemisah antara kursi pengendara dengan bagian bagasi dengan nilai *magnitude*  $(4,2855 \times 9,807)$ . *Structural load* yang telah dijabarkan tadi dapat dilihat pada **Gambar 3.28**



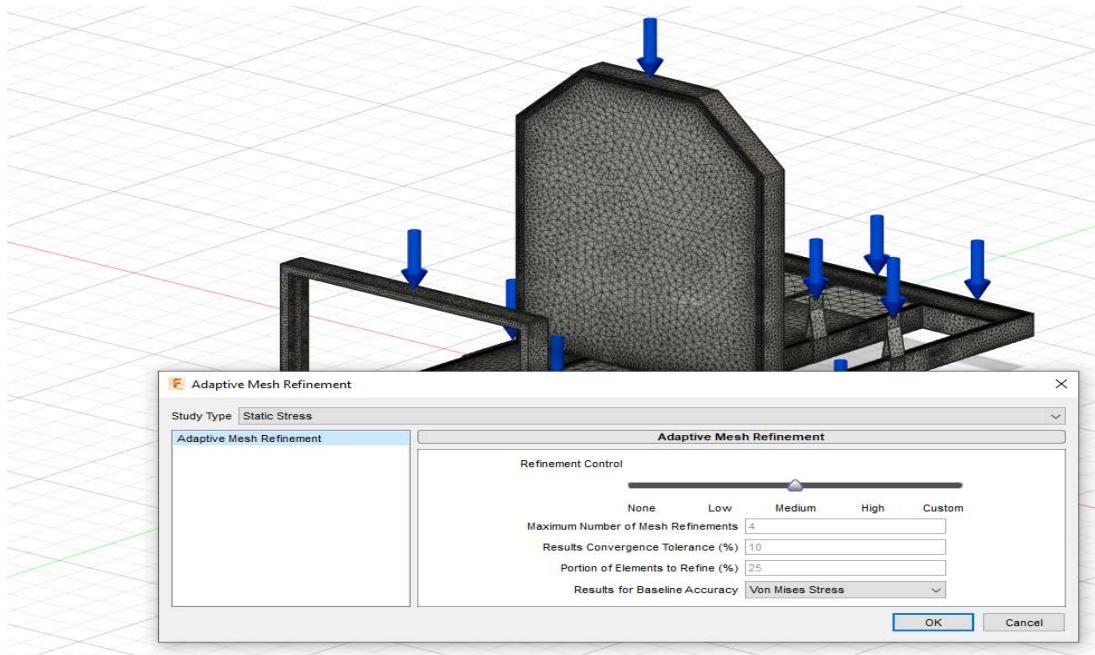
**Gambar 3.28** Memasukkan nilai/data pada *structural load*

Setelah semua nilai/data dimasukkan, dilanjutkan pada bagian *structural constraint*.



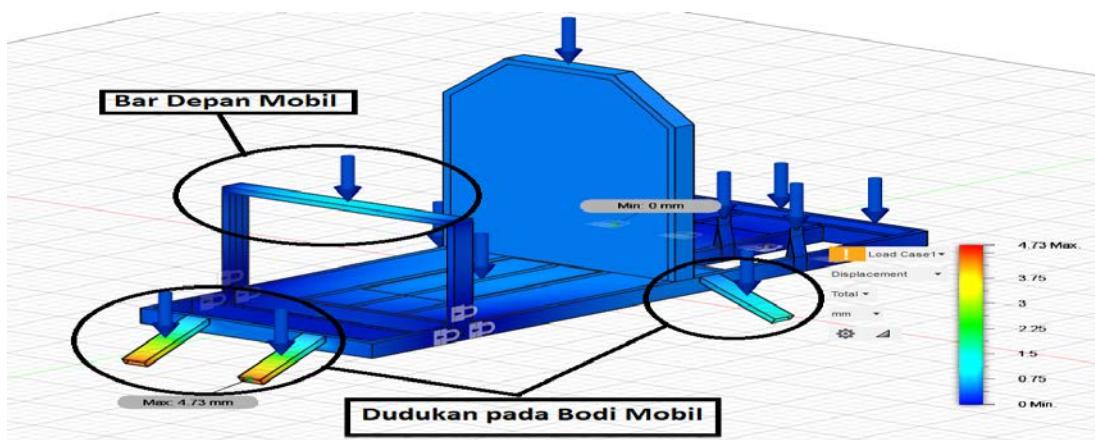
**Gambar 3.29** *Structural constraint*

Pada **Gambar 3.29**, pada bagian siku diatas poros roda depan dan poros roda untuk roda belakang dengan tipe *fixed*. *Fixed Constraint* dilakukan agar pada saat simulasi tempat-tempat spesifik yang sudah dipilih tidak bergerak atau tidak terkena dampak dari pembebahan yang telah diberikan. Selanjutnya dilanjutkan pada bagian pengaturan atau *setting*.



**Gambar 3.30** Setting

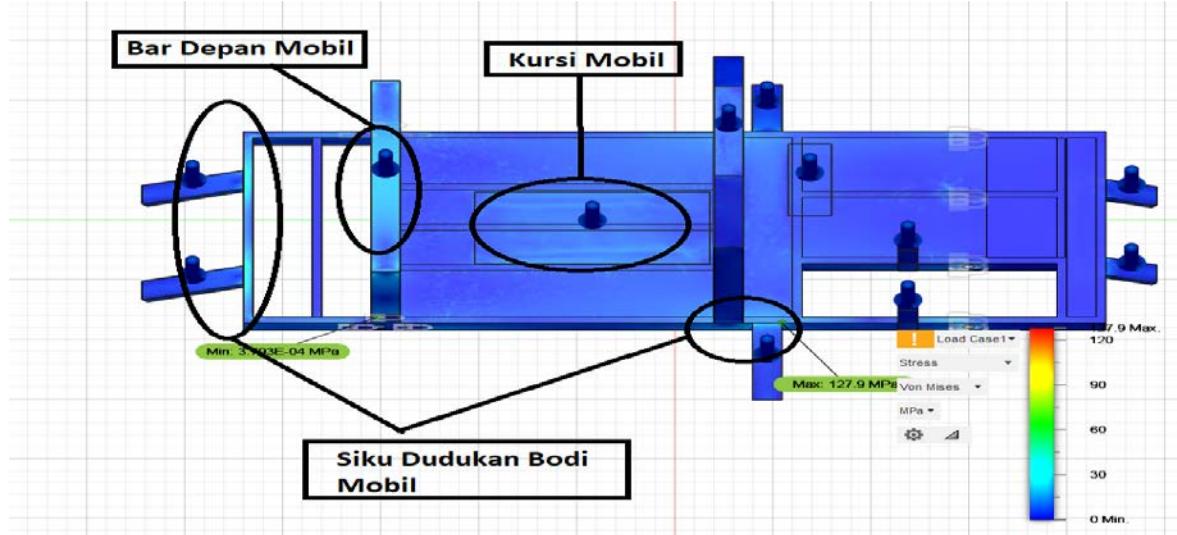
Pada **Gambar 3.30**, di bagian *Adaptive Mesh Rifenement* diatur *medium* untuk mendapatkan hasil yang akurat. Semakin kecil garis tersebut (semakin rapat) maka hasil *refinement control* nya semakin tinggi. Ini dapat dilihat dari bentuk-bentuk pola-pola *mesh* yang berbentuk *triangular* (segitiga) atau biasa disebut *tetrahedral* yang rapat. Kemudian simulasi sudah siap dijalankan.



**Gambar 3.31** Analisis *displacement* pada sasis

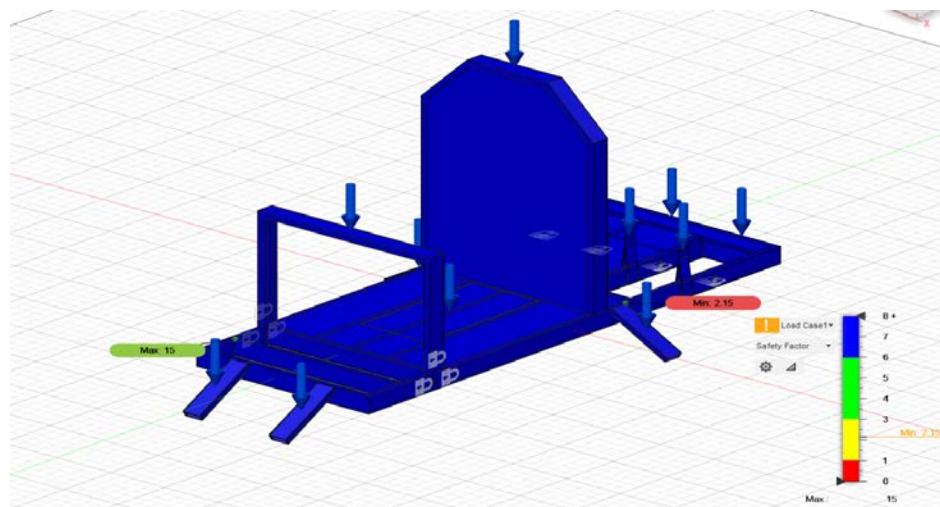
Dari hasil analisis pada **Gambar 3.31**, dapat disimpulkan bahwa pembebanan terbesar terdapat pada dudukan penahan *body* yang dipasang untuk menahan sisi-sisi *body*, dilanjutkan dudukan *body* bagian depan dan samping, serta pada bagian *roll bar*,

dan pada bagian dudukan belakang tidak sebesar bagian depan dikarenakan pembebangan telah ditahan pada bagian *roll bar*, sedangkan bagian depan tidak terbantu *roll bar* depan karena tidak bersentuhan dengan *body* mobil. Pada analisa ini, *displacement* yang diberikan pada sasis sebesar 4.73mm.



**Gambar 3.32** Analisis *von mises stress*

Pada **Gambar 3.32**, untuk analisa *Von Mises stress* nilai maksimum yang di dapatkan sebesar 127,9 MPa. Bagian-bagian yang terkena dampak antara lain bagian kursi, siku pada dudukan *body*, dan juga daerah bar depan yang juga menahan beban *body* mobil. Ini menunjukkan bahwa bagian kursi dan bagian lain nya sangat kuat karena *von mises stress* yang diberikan sangat rendah dan sangat tidak berpotensi untuk patah ataupun terdeformasi.



**Gambar 3.33** Analisis *safety factor*

Pada **Gambar 3.33**, analisis *safety factor* yang didapat sebesar 2.15. Analisa ini menunjukkan bahwa nilai tersebut dapat menahan beban 2.15 kali lebih besar dari berat yang diuji. Berdasarkan hasil analisa diatas yang dilakukan menggunakan *software autodesk fusion 360* bahwa sasis kendaraan Kapuas 2 mampu menopang beban yang telah dirancang oleh tim UNTAN-ECT sesuai regulasi KMHE 2021.

### 3.2.7 Proses produksi sasis kendaraan Kapuas 2

Untuk mempermudah proses produksi dari desain sasis yang sudah dibuat, maka dibuatlah *manajemen project* dan gambar teknik dari desain sasis. Adanya *manajemen project* agar proses pembuatan sasis sesuai dengan target yang direncanakan. Sedangkan fungsi gambar teknik adalah itu untuk mempermudah pemotongan dan bisa menghitung seberapa banyak bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sasis. Sehingga tidak ada bahan/material yang tidak terpakai atau bisa meminimalisir kelebihan material saat produksi. Adanya gambar teknik dari sasis bisa menjadi acuan saat produksi sehingga hasil proses produksi sesuai dengan perancangan.

Proses produksi pembuatan sasis kendaraan sebagai berikut:

1. Pembelian material yang akan digunakan untuk pembuatan sasis. (aluminium hollow ukuran 3 x 1 inchi, 6 meter sebanyak 4 batang, Plat Aluminium (100 x 200, 2 mm)).
2. Aluminium kemudian dipotong sesuai ukuran yang telah dibuat dari gambar teknik sasis kendaraan. (Potong aluminium dengan ukuran panjang 2200 mm sebanyak 2 batang, ukuran 800 mm sebanyak 2 batang, panjang 650 mm sebanyak 2 batang, panjang 900 mm sebanyak 3 batang, dan panjang 750 mm sebanyak 5 batang).
3. Setelah dipotong sesuai ukuran kemudian sambung semua batangan aluminium yang sudah dipotong menjadi bentuk seperti gambar rancangan. Untuk penyambungannya menggunakan *rivet joint*. Di setiap sambungan yang akan di rivet joint, aluminium diberi plat aluminium dengan ketebalan 2 mm di setiap sudut sebagai penghubung antar aluminium dibawah dan di bagian atas pertemuan potongan aluminium serta berfungsi untuk menambah kekuatan pada sambungan baru kemudian di *rivet joint*.
4. Bagian lantai sasis yang dibuat adalah berbentuk persegi panjang dengan ukuran lebar 800 mm dan panjang 2200 mm. Lebar sasis kendaraan harus diperhitungan karena jika terlalu lebar, maka akan mempengaruhi sudut belok kendaraan mengingat regulasi bahwa lebar kendaraan maksimal adalah 1300 mm.

Setelah bagian bawah sasis sudah dibuat, selanjutnya adalah pembuatan *roll bar* kendaraan. (Potonglah batang aluminium sepanjang 750 mm sebanyak 2 batang, ukuran 290 mm sebanyak 2 batang, dan ukuran 390 mm satu batang). *Roll bar* ini berfungsi sebagai pelindung pengemudi ketika terjadi benturan. Selanjutnya adalah pembuatan dudukan roda yang akan dipasang pada sasis. Selanjutnya pasang lantai sasis dengan plat aluminium ukuran (100 x 200: 1 mm).

### 3.2.8 Manajemen *project* proses produksi pembuatan sasis

Proses produksi pembuatan sasis kendaraan Kapuas 2. Untuk mempermudah pembuatan sasis agar bisa selesai tepat waktu dan mudah untuk dikontrol, maka dibuatlah *manajemen project* proses produksi pembuatan sasis.

**Tabel 3.10** Manajemen *Project* Produksi Pembuatan Sasis

Task Name	Durati on	Start	Finish	Resource Names
<b>Pembuatan Sasis</b>	<b>8 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Thu 10/07/21</b>	
Pembelian Bahan Pembuatan Sasis	1 day	Tue 01/07/21	Tue 01/07/21	Manufaktur
Pencetakan Gambar Teknik Sasis	1 day	Wed 02/07/21	Wed 02/07/21	Manufaktur
Pemotongan Aluminium (Bahan pembuatan sasis)	2 days	Thu 03/07/21	Fri 04/07/21	Manufaktur
Penyusunan dan penyambungan sasis	2 days	Mon 07/07/21	Tue 08/07/21	Manufaktur
Pembuatan Roll Bar	1 day	Wed 09/07/21	Wed 09/07/21	Manufaktur
Pembuatan Lantai Sasis	1 day	Thu 10/07/21	Thu 10/07/21	Manufaktur

Berdasarkan tabel *manajemen project* produksi pembuatan sasis, proses produksi pembuatan sasis mobil Kapuas 2 membutuhkan waktu selama 8 hari kerja. Hari kerja yaitu 5 hari dalam seminggu senin-jumat, untuk hari sabtu dan minggu libur. Sedangkan jam kerja sendiri dari jam 08.00 WIB sampai 17.00 WIB. Jam kerja ini merupakan jam kerja standar pada umumnya. Untuk biaya produksi pembuatan sasis sendiri membutuhkan anggaran sebesar **Rp. 4.110.000,00** (Empat Juta Seratus Sepuluh Ribu Rupiah). Rincian anggaran dapat dilihat pada **Tabel 3.11**

**Tabel 3.11** Anggaran biaya produksi pembuatan sasis

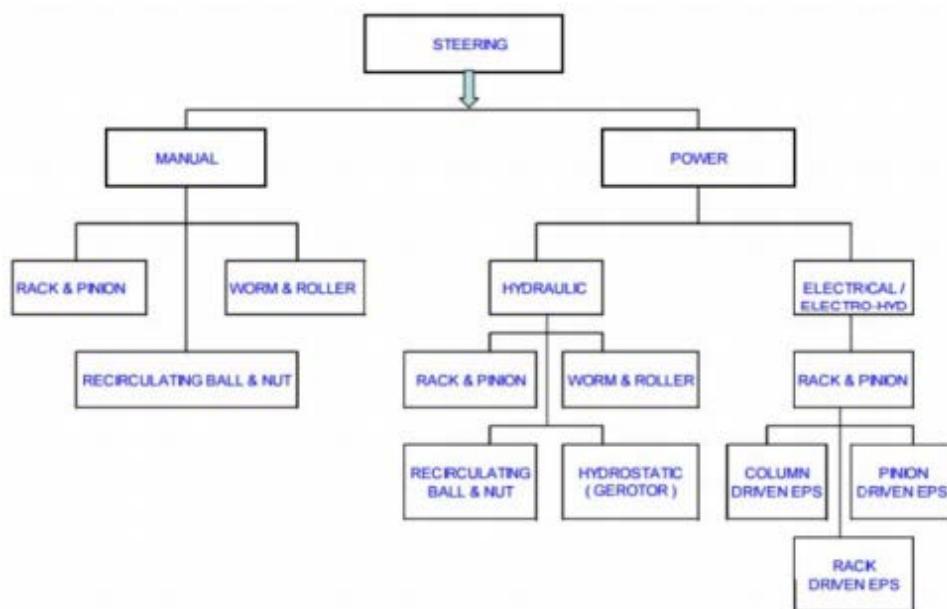
Material Pembuatan Sasis				
Nama Merial	@	Satuan	Harga	Total
Plat Aluminium (100x200, 2 mm)	1	pcs	Rp595.000	Rp595.000
Tang Rivet Sellery	1	pcs	Rp85.000	Rp85.000
Aluminium Hollow (1" x 3" Black)	3	pcs	Rp205.000	Rp615.000
Pa ku Rivet (649)	2	pcs	Rp105.000	Rp210.000
Mata Bor (5mm)	2	pcs	Rp6.000	Rp12.000
Bearing (VCFL)	4	pcs	Rp105.000	Rp420.000
Plat Besi	15	kg	Rp9.000	Rp135.000
Plat Siku	5	kg	Rp8.000	Rp40.000
Pipa Besi	5	kg	Rp8.000	Rp40.000
Baja Karbon (d= ¾" x 3m)	10	kg	Rp30.000	Rp300.000
Mata Bor Bosch (10mm)	1	pcs	Rp65.000	Rp65.000
Mata Potong Besi	2	pcs	Rp75.000	Rp150.000
Baut (M10 x 120)	12	set	Rp5.000	Rp60.000
Ring baut 10	4	pcs	Rp2.000	Rp8.000
Baut 14	4	pcs	Rp3.000	Rp12.000
Cincin Baut	4	pcs	Rp2.000	Rp8.000
Baut (M8 x 30)	4	pcs	Rp1.000	Rp4.000
Ring Baut	2	pcs	Rp2.000	Rp4.000
Kawat Las (RD-260)	2	pcs	Rp40.000	Rp80.000
Baut (M8 x 2)	6	pcs	Rp2.000	Rp12.000
Pipa Besi 3/4 inch (2 meter)	2	pcs	Rp40.000	Rp80.000
Amplas	6	pcs	Rp5.000	Rp30.000
Baut (8 x 50)	20	pcs	Rp2.000	Rp40.000
Mata Bor (8 mm)	2	pcs	Rp14.000	Rp28.000
Cincin baut (8 mm)	1	pcs	Rp2.000	Rp2.000
Cable Ties	1	pcs	Rp25.000	Rp25.000
Shaft Roda motor	6	pcs	Rp25.000	Rp150.000
Plat Aluminium (100 x 200 : 1 mm)	2	pcs	Rp450.000	Rp900.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sasis</b>				<b>Rp4.110.000</b>

### 3.3 Perancangan Sistem Kemudi dan Pengereman

#### 3.3.1 Rancangan sistem kemudi

Sistem kemudi (*steering system*) adalah sebuah mekanisme yang digunakan untuk mengendalikan dan mengarahkan laju kendaraan. Berfungsi untuk mengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda kemudi ke kanan ataupun ke kiri. Letak dari sistem kemudi berada didalam ruang kemudi dimana pengemudi dapat mengendalikan pergerakan kendaraan.

Berikut ini adalah diagram alir pemilihan sistem kemudi untuk digunakan pada sistem kemudi mobil Kapuas 1:



**Gambar 3.34** Diagram pemilihan sistem kemudi

**Sumber:** <http://www.slideshare.net/SultanKhalid1/final-report-52542865> [diakses 11 Juli 2021]

Metode penggerak sistem kemudi pada kendaraaan dibedakan menjadi 2 (dua) kategori, yaitu:

1. Sistem kemudi manual (Manual *steering*)

Sistem kemudi manual disebut juga sebagai sistem kemudi konvensional karena masih memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokkan roda. Seluruh tenaga yang dibutuhkan untuk membelokkan roda kendaraan berasal dari tenaga pengemudi yang ditransmisikan ke roda

melalui sistem kemudi. 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 harus sesuai dengan kemampuan bahan dalam menerima gaya tersebut, karena jika gaya yang terjadi melebihi kemampuan bahan maka sistem kemudi akan cepat rusak. Oleh sebab itu diperlukan analisa gaya yang terjadi pada saat sistem kemudi diputar.

## 2. Sistem kemudi daya (*Power steering*)

Sistem kemudi daya (*power steering*) merupakan sebuah sistem yang berfungsi untuk meringankan putaran sistem kemudi kendaraan sehingga menghasilkan putaran kemudi yang ringan tanpa membutuhkan tenaga yang besar untuk mengendalikan kemudi, terutama pada saat kecepatan rendah dan menyesuaikannya pada kecepatan tinggi. *Power steering* mempunyai dua tipe peralatan yaitu tipe hidraulis yang menggunakan tenaga dari mesin dan *Electric power steering* (EPS) yang menggunakan motor listrik.

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

Sistem kemudi yang kami gunakan pada mobil Kapuas 2 adalah kemudi yang ada pada sistem kemudi *gokart*, menggunakan kaidah *Ackermann* dimana titik acuan belok berada pada bagian tengah as belakang. Sistem kemudi memiliki komponen sebagai berikut: roda kemudi (*steering wheel*), batang kemudi (*steering shaft*), lengan penghubung (*steering arm*), *tie rod*, *spindle axle* dan *bracket*.

Cara kerja pada sistem kemudi ini menggunakan sistem kerja langsung, dimana pada saat roda kemudi dibelokkan ke arah kanan atau ke arah kiri maka *steering shaft* meneruskannya ke *steering arm*. Kemudian diteruskan ke roda kanan dan kiri menggunakan *tie rod* yang dihubungkan pada *spindle axle* dan *bracket* yang berada pada kedua sisi roda.

### 3.3.1.1 Rancangan sudut belok *ackerman*

*Ackerman steering* adalah metode yang digunakan pada sistem kemudi mobil pada umumnya. Empat roda pada sistem yang menggunakan metode ini memiliki dua fungsi yang berbeda, kedua roda didepan digunakan untuk melakukan pergerakan berbelok ke kanan dan ke kiri. Sedangkan kedua roda di belakang digunakan untuk pergerakan maku dan mundur.

Sudut belok adalah gerakan kritis yang menunjukkan kestabilan dari kendaraan. Sudut belok harus dihitung untuk mengetahui seberapa besar kemampuan ban untuk berbelok. Menghitung besar sudut manuver pada besarnya sudut putar roda kemudi yaitu dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$R = \frac{t_r}{2} + \frac{L}{\sin\delta}$$

Dimana:

R : turning radius (m)

$t_r$  : track width (m)

L : wheel base (m)

$\delta$  : sudut belok

Berdasarkan regulasi teknis KMHE 2021, besar radius belok minimal yang ditentukan adalah 6 m, maka sudut belok minimal yang ditentukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 6 \text{ m} &= \frac{1 \text{ m}}{2} + \frac{1,2 \text{ m}}{\sin\delta} \\ \delta &= \sin^{-1} \frac{1,2}{6 - \frac{1}{2}} \\ &= 12,01^\circ \end{aligned}$$

Dimana:

R = 6 m

$t_r$  = 1 m

L = 1,2 m

Berdasarkan pada hasil perhitungan sudut putar minimum yang telah ditentukan di atas, maka sudut putar pada Kapuas 2 dapat ditentukan sebagai berikut:

$$6 \text{ m} = \frac{1,14 \text{ m}}{2} + \frac{1,5 \text{ m}}{\sin\delta}$$

$$\delta = \sin^{-1} \frac{1,5}{6 - \frac{1,14}{2}}$$

$$\delta = 16,03^\circ$$

Dimana:

$$R = 6 \text{ m}$$

$$t_r = 1,14 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

Dari hasil di atas bisa kita tentukan radius putar roda depan pada rancangan Kapuas 2 dengan menggunakan rumus berikut:

$$R = \frac{L}{\delta t} \times 57,29$$

Dimana:

$$R = \text{radius putar (m)}$$

$$\delta t = \text{sudut belok}$$

Diketahui:

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$\delta t = 16,03^\circ$$

Maka:

$$R = \frac{L}{\delta t} \times 57,29^\circ$$

$$R = \frac{1,5}{16,03^\circ} \times 57,29^\circ$$

$$R = 5,360 \text{ m}$$

### 3.3.1.2 Sudut slip ban

Ada beberapa penyebab ban mengalami slip. Salah satunya adalah adanya gaya samping yang mengakibatkan deformasi lateral pada bidang kontak ban. Akibat dari gaya tersebut maka arah putaran ban akan bergeser sebesar. Hal ini dinamakan sudut selip. Untuk mengetahui seberapa besar sudut slip ban, maka penting untuk mengetahui gaya-gaya yang terjadi pada kendaraan saat membelok. Pada mobil Kapuas 1 menggunakan ban radial, sehingga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_{rg} = \frac{c_{rb}}{c_{rg}} \cdot \frac{c_{rs}}{c_{rp}} \cdot \frac{c_{rx}}{c_{ro}} [0,00879357(F_Y \alpha)^{0,79008} - 0,005277(P_g)]$$

Dimana:

$$\alpha_{rg} = \text{sudut slip ban radial}$$

$$C_{rb} = 0,00301003(F_Y\alpha)^{1,207861}$$

$$C_{rg} = 0,0023636(F_Y\alpha)^{1,222203}$$

$$C_{rp} = 33,5 + 5,30(P) - 0,0916(6)^2$$

$$C_{rs} = 33,5 + 5,30(P_s) - 0,0926(6)^2$$

P = tekanan ban (psi)

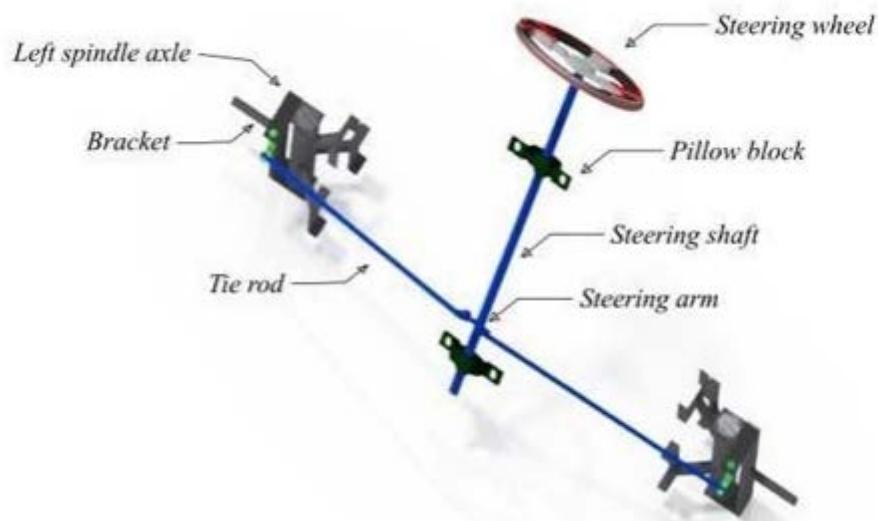
$P_s$  = tekanan ban standar 25 psi

$$C_{rx} = \left[ \frac{F_Y\alpha + 0,107827F_x}{1611998} \right]^{\frac{1}{0,74993}}$$

$$C_{ro} = \left[ \frac{F_Y\alpha}{1611998} \right]^{\frac{1}{0,161,1858}}$$

### 3.3.1.3 Rangkaian kemudi model 3D dan assembly

Rangkaian kemudi model 3D adalah bagian semua komponen sistem kemudi yang berada didalam kendaraan. Dibawah ini adalah gambar 3D dari sistem kemudi mobil Kapuas 2.



Gambar 3.35 *Steering Gokart* langsung yang digunakan oleh mobil Kapuas 2

### 3.3.1.4 Rancangan dan perhitungan desain proses produksi

Perancangan dan perhitungan proses desain sistem kemudi untuk KMHE 2021 ini, telah memenuhi ketentuan lomba yang diberikan, sebagai berikut:

1. Sistem kemudi dikendalikan menggunakan kedua tangan untuk memutar roda kemudi.
2. Diameter roda kemudi yang digunakan yaitu 13 inchi (32,02 cm).
3. Sistem kemudi yang digunakan mobil Kapuas 1 yaitu kemudi langsung (sistem kemudi manual) dengan model gokart steering system.
4. Radius belok mobil Kapuas 1 sebesar 6 m sehingga bisa menikung tajam pada lintasan dan aman digunakan untuk mendahului kendaraan lain.

### **3.3.1.5 Perancangan proses produksi**

Dalam merencanakan pembuatan mobil Kapuas 1, tentunya memiliki jadwal kerja yang akan direncanakan agar mencapai target dalam setiap minggunya. Berikut jadwal kerja untuk sistem kemudi, yaitu:

**Tabel 3.12** Manajemen Proyek Sistem Kemudi

Task Name	Duration	Start	Finish	Resource Names
Pembutan Sistem Kemudi	11 days	Fri 18/07/21	Fri 01/08/21	
Belanja komponen	7 days	Fri 18/07/21	Fri 28/07/21	Manufaktur
Pembuatan dudukan batang kemudi bagian atas & bawah	1 day	Tue 29/07/21	Tue 29/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan roda kemudi & batang penghubung	1 day	Wed 30/07/21	Wed 30/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan pillow block, batang kemudi & roda kemudi	1 day	Thu 31/07/21	Thu 31/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan spindle axle, bracket & Pemasangan tie rod	1 day	Fri 01/08/21	Fri 01/08/21	Engine; Manufaktur

### 3.3.1.6 Rancangan proses produksi pembuatan sistem kemudi

Rancangan proses produksi pembuatan pada sistem kemudi yaitu:

#### 1. Pemilihan bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem rem depan maupun belakang harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti kekuatan, kelayakan bahan, proses penggerjaan, kemudahan dalam memperoleh bahan serta harga yang relatif terjangkau. Dalam rem bagian belakang ini mengaplikasikan rem cakram hidrolik. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem rem ini, yaitu :

**Tabel 3.13 Kebutuhan Bahan Sistem Kemudi**

No	Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Setir mobil	13 Inchi	1
2	Baut 10	Diameter 5 mm	4
3	Baut 14	Diameter 10 mm	14
4	Besi batangan	Diameter 20 mm	1
5	Besi batangan	Diameter 10 mm	2
6	<i>Tie rod</i>	10 x 10	4
7	<i>Bearing UCP</i>	204	2

#### 2. Alat-alat yang digunakan

Dalam pembuatan sistem kemudi ini, membutuhkan beberapa peralatan yang menunjang. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi kemudi, yaitu:

- a. Meteran
- b. Mistar baja
- c. Jangka
- d. Palu
- e. Spidol
- f. *Tool box*
- g. Gerinda
- h. Mesin bor dan kelengkapannya
- i. Peralatan las listrik

#### 3. Langkah kerja

Langkah-langkah dalam proses pembuatan sistem kemudi

- a. Dudukan *pillow block*

- Memilih plat dengan panjang x lebar yaitu 260 x 120 mm dengan ketebalan 3 mm.
- Kemudian dibentuk sesuai dengan desain 3D. Membentuk dengan menggunakan spidol, kemudian menggambar sesuai desain tersebut.
- Kemudian membuat lubang bagian atas dengan diameter 8 mm dan membuat lubang baut bagian bawah dengan diameter 8 mm menggunakan bor.
- Kemudian memasang dudukan dan *pillow block* menggunakan baut 10 tersebut ke tiang horizontal, sehingga dudukan *pillow block* terpasang.

b. Pemasangan batang kemudi

- Memilih baja karbon dengan panjang yaitu 620 mm dan diameter 20 mm.
- Mengaplikasikan desain tersebut ke dalam besi dengan mengukur baja karbon tersebut sesuai ukuran diatas dan memberi tanda menggunakan spidol.
- Setelah selesai memberi tanda dibesi tersebut. Kemudian memotong bagian besi yang tidak digunakan. Memotong menggunakan gerinda.
- Kendurkan baut L pada *pillow block*, kemudian masukkan baja karbon ke dalam lubang *pillow block*.
- Kemudian kencangkan kembali baut *pillow block*.

c. Dudukan roda kemudi

- Memilih plat besi dengan panjang x lebar yaitu 85 x 85 mm dengan ketebalan 3 mm.
- Mengaplikasikan desain tersebut kedalam plat dengan menggambar desain ke dalam plat besi berbentuk lingkaran dengan diameter 85 mm.
- Setelah menggambar di plat tersebut selesai, kemudian memotong bagian plat yang tidak digunakan. Memotong menggunakan gerinda dengan berhati-hati.

- Kemudian menggebor bagian yang sudah ditentukan dengan diameter lubang 5 mm. Lubang tersebut nantinya akan dipergunakan untuk masuknya baut untuk roda kemudi.
  - Las plat besi yang sudah dibentuk ke ujung besi minyak bagian atas.
  - Langkah terakhir, pasang roda kemudi ke dudukan yang sudah dibuat tersebut.
- d. Dudukan *tie rod*
- Membuat dudukannya menggunakan plat besi dengan bentuk T.
  - Setelah berbentuk T, maka buat lubang diujung T kiri dan kanan dengan diameter 10 mm.
  - Kemudian dilas ke besi minyak bagian bawah, sehingga dudukannya permanen.
- e. Dudukan *tie rod* yang berada pada roda kiri dan kanan
- Membuat dudukannya menggunakan plat besi dengan Panjang x lebar yaitu 135 x 55 mm.
  - Kemudian dibentuk sesuai dengan desain 3D. Membentuk dengan menggunakan spidol, kemudian menggambar sesuai desain tersebut.
  - Setelah selesai memberi tanda di plat tersebut. Kemudian memotong bagian plat yang tidak digunakan. Memotong menggunakan gerinda.
  - Langkah terakhir yaitu membuat lubang diujung plat tersebut dengan diameter 10 mm dan plat tersebut dilas ke dudukan roda.
- f. Pemasangan *tie rod*
- Setel *tie rod* kiri dan kanan masing-masing dengan panjang 508,26 mm.
  - Setelah selesai menyetel ukuran *tie rod*, langsung dipasang ke lubang dudukan T dan dudukan yang berada didekat roda.

### 3.3.1.7 Estimasi biaya produksi

Berikut estimasi biaya produksi sistem kemudi mobil Kapuas 2:

**Tabel 3.14** Estimasi Biaya Produksi Sistem Kemudi

Material Pembuatan Sistem Kemudi				
Nama Barang	@	Satuan	Harga	Total
Setir mobil (13 inchi)	1	Pcs	Rp250.000	Rp250.000
Baut 10	4	Pcs	Rp5.000	Rp20.000
Besi Batangan ( $d = 20$ mm)	1	M	Rp40.000	Rp40.000
Besi batangan ( $d= 10$ mm)	2	M	Rp15.000	Rp30.000
Tie Rod (10 x 10)	4	Pcs	Rp65.000	Rp260.000
Bearing UCP (204)	2	Pcs	Rp60.000	Rp120.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sistem Kemudi</b>				<b>Rp720.000</b>

### 3.3.2 Rancangan sistem pengereman

Sistem rem adalah suatu mekanisme untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Pada dasarnya sistem rem pada kendaraan memiliki beberapa fungsi, yaitu:

- untuk mengurangi laju atau kecepatan kendaraan.
- untuk menghentikan laju kendaraan.
- untuk memungkinkan kendaraan dapat parkir (rem parkir/*hand brake*) ditempat yang tidak rata (pada tanjakan dan turunan).
- sebagai alat menjamin keamanan dan keselamatan pengendara.

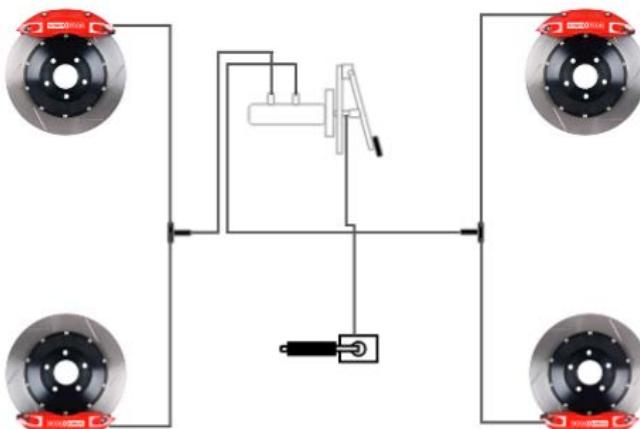
Keempat roda dari mobil Kapuas 2 ini, akan dipasang mekanisme pengereman jenis *disc brake* dengan sistem hidrolik. Rem ini dipilih mengingat pemasangannya yang sederhana dan merupakan rem jenis gesek yaitu menggunakan gaya gesek untuk mengurangi kecepatan putar dari sebuah poros yang bergerak, rem ini juga memiliki respon yang cepat.

Pada saat kita menekan pedal rem, master silinder tertekan. Tekanannya akan diteruskan oleh minyak rem ke setiap silinder rem. Gaya tekan pada silinder rem menekan sepasang sepatu rem sehingga menjepit piringan cakram. Akibat jepitan ini, timbul gesekan pada piringan yang melawan arah gerak piringan hingga akhirnya dapat menghentikan putaran roda.

Kemudian untuk rem parkir sendiri berfungsi untuk mengunci sistem pengereman mobil dengan menarik tuas rem menggunakan tangan dan untuk menahan kendaraan

agar roda terkunci serta mobil tidak bergerak meski keadaan mesin mati. Cara kerjanya yaitu pada saat pedal rem parkir ditarik ke atas, master silinder tertekan. Tekannya akan diteruskan oleh minyak rem ke silinder rem pada ban depan dan belakang mobil. Gaya tekan pada silinder rem menekan sepasang sepatu rem sehingga menjepit piringan logam. Akibat dari jepitan ini, timbul gesekan pada piringan yang melawan arah gerak piringan hingga akhirnya dapat menghentikan putaran roda.

Pola pemasangan yang diterapkan pada sistem ini, dimana keempat *disc brake* masing-masing akan dipasang pada roda depan kanan dan roda depan kiri kendaraan, begitu juga sebaliknya roda belakang. Keempat sistem ini akan dihubungkan dengan sistem satu buah pedal rem melalui satu master silinder rem. Rem parkir akan dipasang dengan cara menghubungkan master rem dengan tuas pengunci untuk rem parkir.



**Gambar 3.36** *Disc brake* yang akan digunakan pada mobil Kapuas 2

Pada Regulasi KMHE 2021 tahun ini untuk sistem pengereman mobil *urban concept* bahwasannya penggunaan *disc brake* harus memiliki ketebalan minimal 3 mm.

Komponen-komponen sistem rem, yaitu:

- Pedal rem

Pedal rem adalah komponen pada sistem rem yang dimanfaatkan oleh pengemudi untuk melakukan pengereman.

- Master silinder

Master silinder berfungsi untuk mengubah gerak pedal rem ke dalam tekanan hidrolik.

c. *Reservoir tank*

*Reservoir tank* berfungsi sebagai tempat menampung minyak rem cadangan, yang terpasang menyatu dengan bagian master silinder

d. Minyak rem (*Brake fluid*)

Minyak rem berfungsi sebagai media pengantar tenaga dorong dari pedal rem ke kaliper, sehingga kampas rem menjepit bagian piringan cakram.

e. Selang fleksibel (*Flexible hose*)

*Flexible hose* atau selang fleksibel berfungsi untuk mengalirkan tenaga hidrolik agar dapat digunakan untuk mendorong piston rem sehingga rem dapat bekerja.

f. *Seal piston*

*Seal piston* berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran minyak rem yang mengalir karena proses hidrolik ketika tuas rem di injak, tidak hanya itu saja *seal piston* juga berfungsi menarik piston agar kembali mundur setelah terjadinya penggereman.

g. Piston rem

Piston rem berfungsi untuk menekan atau mendorong kampas rem ke piringan cakram agar putaran roda dapat berkurang ataupun berhenti.

h. *Bracket kaliper (Caliper bracket)*

*Bracket kaliper* berfungsi sebagai tempat guna memasang kaliper, supaya kaliper tetap berada pada tempatnya atau tidak bergerak.

i. Piringan cakram (*Disc brake*)

Piringan cakram berfungsi sebagai media yang ditekan atau dijepit oleh kampas rem sehingga terjadilah sebuah penggereman.

j. Kaliper rem (*Brake Caliper*)

Kaliper rem adalah komponen yang berfungsi menggerakan kampas rem untuk menjepit atau lepas dari piringan rem

### 3.3.3 Perhitungan gaya penggereman

#### 3.3.3.1 Analisa gaya penggereman yang dibutuhkan

Kapuas 2 menggunakan sistem penggereman hidraulik dengan satu piston, dan satu master silinder untuk sistem penggereman pada mobil. Berdasarkan regulasi KMHE 2021 ditentukan mobil berjalan pada kecepatan 50 km/jam dan diberi jarak 20 meter untuk jarak penggereman di lintasan lurus dan datar.

#### 3.3.3.2 Perhitungan Gaya Perlambatan

Ditentukan kecepatan mobil 50 km/jam dan jarak penggereman tersedia 20 meter, maka jarak penggereman yang dibutuhkan adalah 15 meter, 5 meter lebihnya dipakai sebagai jarak aman apabila terjadi hal yang tidak diinginkan. Untuk mengetahui gaya penggereman yang dibutuhkan maka digunakan perhitungan sebagai berikut:

##### 1. Percepatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dv = a dt$$

$$\int_0^t dv = \int_0^t a dt$$

$$v - v_0 = a(t - t_0)$$

$$v = v_0 + a \times \Delta t$$

$$v = v_0 + a \times t$$

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t (v_0 + a \times t) dt$$

$$s - s_0 = v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a \times t(t - t_0)$$

$$s - s_0 = v_0 \times t - v_0 \times t_0 + \frac{1}{2}a \times t^2 - \frac{1}{2}a \times t \times t_0$$

$$s = v_0 \times t + \frac{1}{2}a \times t^2$$

## 2. Perlambatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow \int_0^s a \, ds = \int_t^0 \frac{dv}{dt} \, ds$$

$$\int_0^s a \, ds \int_t^0 dv \times v$$

$$a(s - s_0) = \frac{1}{2}(v_0^2 - v_t^2)$$

$$2 \cdot a(s - s_0) = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s - 2 \cdot a \times s_0 = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s = v_0^2 - v_t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \times s$$

$$-V_t^2 = V_o^2 - 2 \times a \times s$$

$$0 = (13,8)^2 - 2 \times a \times 15m$$

$$a = \frac{(13,8)^2}{2 \cdot 15m}$$

$$a = -6,348 \text{ m/s}^2$$

## 3. Waktu yang dibutuhkan untuk penggereman

$$v = v_0 + a \times t$$

$$0 = 13,8 + (-46,348 \times t)$$

$$-13,8 = -6,348 \times t$$

$$t = \frac{13,8}{6,348}$$

$$t = 2,174 \text{ s}$$

### 3.3.3.3 Gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil

Untuk mengetahui gaya penggereman, pertama dibutuhkan jarak *center of gravity* pada arah horizontal dan vertikal. Dari pengukuran yang dilakukan menggunakan aplikasi, dapat diketahui bahwa *center of gravity* mobil Kapuas 2 sebagai berikut:

Jarak dari roda depan : 780 mm

Jarak dari roda belakang : 701 mm

Jarak dari permukaan tanah : 462 mm

Dengan perlambatan  $6,348 \text{ m/s}^2$ , maka gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil adalah sebagai berikut:

$$\leftarrow\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$N_f + N_r - W = 0$$

$$N_f + N_r = W$$

$$N_f + N_r = m \times g$$

$$N_f + N_r = (116,825 + 70) \times 9,81$$

$$N_f + N_r = 1832,7 \text{ N}$$

### **Mencari Gaya drag ( $F_D$ ) dan *Rolling resistance* ( $F_g$ )**

Berikut adalah perhitungan besarnya gaya drag pada mobil Kapuas 2:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A_F$$

$$F_D = \frac{1}{2} \times 1,17 \times 13,8^2 \times 0,41 \times 2,575$$

$$F_D = 117,6183 \text{ N}$$

Untuk mengetahui besarnya gaya gesek yang terjadi antara roda dengan jalan, maka perlu diketahui nilai dari koefisien *rolling resistance* roda, *rolling resistance* roda dapat dilihat di **Tabel 3.15**.

**Tabel 3.15** Koefisien *Rolling Resistance* Berbagai Ban Dan Permukaan

<b>Tire type</b>	<b>Surface</b>		
	<b>Concrete</b>	<b>Medium Hard Soil</b>	<b>Sand</b>
Passenger car	0,015	0,08	0,30
Truck	0,011	0,06	0,25
Tractor	0,020	0,04	0,20

**Sumber:** (Taborek, 1975)

Sehingga didapat *rolling resistance* dari perhitungan berikut:

$$F_g = \mu \times (N_F + N_R)$$

$$F_g = 0,015 \times 1832,7 \text{ N}$$

$$F_g = 27,4905 \text{ N}$$

Maka, gaya total yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil:

$$\begin{aligned}
 & \stackrel{+}{\rightarrow} \cdot \sum F_x = 0 \\
 & F_B + F_g + F_D = m \times a \\
 & F_B = m \times a - F_D - F_g \\
 & F_B = 186,825 \times 6,348 - 117,6183 - 27,4905 \\
 & F_B = 1040,8563 \text{ N} \\
 & \stackrel{+}{\rightarrow} \sum F_x = 0 \quad +\uparrow \sum F_y = 0 \\
 & I = 0 \quad N_f + N_R = 0 \\
 & m \times a = 0 \quad N_f + N_R = W \\
 & 186,825 \times 6,348 = 0 \quad N_f + N_R = 1832,7 \text{ N} \\
 & 1185,96 = 0 \\
 & +\circlearrowleft \sum M_b = 0 \\
 & N_f \times L_0 - W \times L_1 + I \times h + N_r \times L = 0 \\
 & 0 - 1832,7 \times (780) + 1185,96 \times (462) + N_r \times 1500 = 0 \\
 & -1429506 + 547913,52 + 1500N_r = 0 \\
 & 1500N_r = 881592,48 \\
 & N_r = 587,728 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan sebelumnya,  $N_f$  dapat dihitung dengan:

$$N_f + N_R = 1832,7 \text{ N}$$

$$N_f + 587,728 = 1832,7 \text{ N}$$

$$N_f = 1244,972 \text{ N}$$

Pada saat melakukan penggereman, gaya rem terbesar berada pada roda depan seperti diketahui pada perbandingan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 K_f &= \frac{N_f}{w} & K_r &= \frac{N_R}{w} \\
 \frac{1244,972}{1832,7} & & &= \frac{587,728}{1832,7} \\
 &= 0,679 & &= 0,320
 \end{aligned}$$

Gaya penggereman pada roda depan dan belakang:

$$F_{front} = K_f \cdot F_{rem} \quad F_{rear} = K_r \cdot F_{rem}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,679 \times 1040,8563 \\
 &= 706,741 N
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 &= 0,320 \times 1040,8563 \\
 &= 333,0740 N
 \end{aligned}$$

### 3.3.3.4 Gaya pengereman pada roda

Gaya pengereman pada roda dihitung berdasarkan gaya terbesar yang diterima roda yaitu roda depan, maka gaya pengereman ( $F_{front}$ ) tersebut dibagi 2 untuk kiri dan kanan.

$$\begin{aligned}
 F_B \text{ pada tiap roda} &= \frac{F_{front}}{2} \\
 &= \frac{706,741 N}{2} \\
 &= 353,3705 N
 \end{aligned}$$

### 3.3.3.5 Gaya pengereman pada *disc brake*

Roda dan *disc brake* terpasang pada stau poros, sehingga torsi pada roda sebanding dengan torsi pada *disc brake*, maka gaya yang dibutuhkan pada *disc brake* untuk menghentikan mobil adalah:

$$\begin{aligned}
 F_R \times r_R &= F_p \times r_p \\
 82,53 N \times 0,28 m &= F_p \times 0,095m \\
 F_p &= \frac{82,53N \times 0,28m}{0,095m} \\
 F_p &= 243,2463N
 \end{aligned}$$

### 3.3.3.6 Gaya tekan pada kampas rem

Gaya gesek pada kampas rem dan piringan cakram yang terjadi tergantung pada koefisien gesek dan gaya tekan pada kampas rem. Apabila gaya gesek pada piringan cakram yang dibutuhkan sebesar 251,9336 N, maka gaya tekan pada kampas rem sebesar:

$$\begin{aligned}
 F_p &= F_k \times \mu_k \\
 243,2463 N &= F_k \times 0,35 \\
 F_k &= \frac{243,2463 N}{0,35} \\
 F_k &= 694.98 N
 \end{aligned}$$

### 3.3.3.7 Perhitungan tekanan hidraulik pada *brake line*

Gaya tekan yang dihasilkan oleh kampas rem berasal dari tekanan minyak rem pada brake line yang menekan piston kaliper, apabila diketahui daya tekan yang dibutuhkan maka tekanan pada brake line dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$F_{kampas} = P_{brake\ line} \times A_{piston\ kaliper}$$

$$694.98\ N = P_{brakeline} \times \frac{\pi}{4} \times D_{kaliper}^2$$

$$694.98\ N = P_{brake\ line} \times \frac{3,14}{4} \times 0,03^2$$

$$P_{brake\ line} = \frac{694.98}{7,065 \times 10^{-4}}$$

$$P_{brake\ line} = 983694,267\ N/m^2$$

### 3.3.3.8 Gaya yang dibutuhkan pada master silinder

Tekanan cairan rem pada kaliper, *brake hose*, dan master silinder sama, tekanan tersebut berasal dari gaya yang diaplikasikan pada master silinder, maka gaya tekan kaki yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} F_{master} &= P_{brake\ line} \times A_{piston\ master\ silinder} \\ &= 983694,267\ N/m^2 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= 983694,267\ N/m^2 \times \frac{3,14}{4} \times 0,0195^2 \\ &= 293,629\ N \end{aligned}$$

### 3.3.3.9 Gaya dorong yang diaplikasikan oleh kaki pengemudi

Gaya dorong yang bekerja pada master silinder berasal dari gaya dorong kaki pengemudi, besar gaya tersebut bergantung pad besarnya gaya tekan kaki dan perbandingan panjang pedal sebagai pengungkit. Maka gaya kaki yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{master\ silinder} &= F_{kaki} \times \frac{a}{b} \\ 293,629\ N &= F_{kaki} \times \frac{220\ mm}{6\ m} \\ F_{kaki} &= \frac{293,629\ mm}{3,67\ mm} \end{aligned}$$

$$F_{kaki} = 80,0079 \text{ N}$$

$$F_{kaki} = 8,158 \text{ kgf}$$

Jadi pada mobil Kapuas 2 ini membutuhkan gaya sebesar  $1040,8563\text{N}$  untuk membuat mobil ini berhenti dari  $50 \text{ km/jam}$  dengan jarak  $15 \text{ m}$  dan waktu pengereman  $2,174 \text{ s}$  dalam proses perancangan, kami melakukan pembelian barang yang tersedia di pasaran.

### 3.3.4 Perancangan proses produksi dan *assembly* sistem pengereman

Berdasarkan desain 3D yang dilakukan untuk kendaraan mobil Kapuas 2. Diperoleh rancangan dudukan kaliper, dudukan kabel rem, dudukan master silinder dan juga kaliper.

**Tabel 3.16** Manajemen Project Pembuatan Sistem Pengereman

Task Name	Durati on	Start	Finish	Resource Names
<b>Pembuatan Sistem Pengereman</b>	<b>11 days</b>	<b>Fri 5/7/21</b>	<b>Fri 16/7/21</b>	
Belanja komponen	7 days	Fri 5/7/21	Mon 10/7/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan kaliper	2 days	Tue 9/7/21	Tue 10/12/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan pedal rem & master rem serta pemasangan	2 days	Wed 12/7/21	Wed 13/12/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan tabung minyak rem & selang minyak rem	1 day	Thu 13/7/21	Thu 13/7/21	Engine; Manufaktur

Pemasangan kaliper	1 day	Fri 13/7/2 1	Fri 13/7/21	Engine; Manufaktur
--------------------	-------	--------------------	----------------	-----------------------

Rancangan proses produksi pembuatan sistem penggereman

### 1. Pemilihan bahan

Bahan yang digunakan pada pembuatan sistem penggereman Kapuas 2 hatus mempertimbangkan beberapa aspek seperti kekuatan, kelayakan bahan, proses penggeraan, kemudahan dalam memperoleh bahan dan harga yang relatif terjangkau. Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan sistem rem ini yaitu:

**Tabel 3. 17 Kebutuhan Bahan Sistem Penggereman**

No	Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Baut selang	12 mm	6
2	Kaliper cakram	1 piston	4
3	Piringan cakram	Lebar 3 mm	4
4	Baut piringan	10 mm	15
5	Selang rem	1 m	7
6	Parallel master	Universal	2
7	Tabung minyak	40 mm	2
8	Master rem	ST100 BM Assy	1
9	Minyak rem	1 liter	1

### 2. Alat-alat yang digunakan

Dalam pembuatan sistem penggereman ini membutuhkan beberapa peralatan yang menunjang. Peralatan yang digunakan dalam pada pembuatan sistem penggereman yaitu:

- a. Meteran
- b. Mistar
- c. Jangka
- d. Palu
- e. Spidol
- f. *Tool box*
- g. Gerinda
- h. Mesin bor
- i. Peralatan las listrik

### 3. Langkah kerja

Langkah-langkah dalam proses pembuatan sistem penggereman

- 1) Dudukan kaliper
  - a. Memilih plat besi dengan panjang x lebar yaitu 120 x 50 mm dengan ketebalan 3 mm.
  - b. Kemudian dibentuk sesuai dengan desain 3D. Membentuk dengan menggunakan spidol, kemudian menggambar ke plat sesuai desain tersebut.
  - c. Setelah selesai menggambar di plat tersebut kemudian dipotong sesuai gambar yang telah dibuat. Pemotongan plat menggunakan gerindra.
- 2) Dudukan pedal rem dan master rem serta pemasangannya
  - a. Dudukan pedal menggunakan besi pipa dan plat besi (plat besi ukuran panjang x lebar yaitu 70 x 45 mm dengan tebal 3 mm), besi pipa untuk dudukan pedal dan master silinder.
  - b. Pengukuran dan pemotongan pada besi pipa dan plat besi sesuai dengan desain 3D.
  - c. Plat dan besi pipa yang sudah dipotong disatukan menggunakan las listrik, lalu dipasang pada rangka dengan menggunakan baut.
  - d. Lalu pasang master silinder pada dudukan menggunakan baut.
- 3) Dudukan tabung minyak rem
  - a. Dudukan tabung minyak rem menggunakan plat besi (panjang x lebar yaitu 100 x 15 mm dengan tebal 3 mm).
  - b. Pengukuran dan pemotongan pada plat besi sesuai dengan desain 3D.
  - c. Lubangkan tiap ujung plat besi untuk pemasangan baut di besi pipa dan baut pada tabung minyak rem.
  - d. Pasang tabung minyak pada dudukannya.
- 4) Dudukan selang minyak rem
  - a. Dudukan selang minyak rem menggunakan plat besi (panjang x lebar yaitu 80 x 15 dengan tebal 3 mm).
  - b. Pengukuran dan pemotongan pada plat besi sesuai dengan desain 3D dan pemotongannya.
  - c. Lubangkan masing-masing ujung plat besi untuk pemasangan baut dan bentuk plat jadi huruf u.

- 5) Pemasangan selang minyak rem
  - a. Pasang baut selang minyak rem ke master rem dan kaliper.
  - b. Pasang selang minyak pada dudukan yang telah dibuat sebelumnya.
- 6) Pengisian minyak rem dan penyetelan kevakuman dalam pengereman
  - a. Isi minyak rem pda tabungnya hingga mencapai batas maksimal pengisian.
  - b. Penyetelan kevakuman rem dilakukan dengan menekan pedal rem 5 kali lalu ditahan, kemudian kendorkan baut Ø 8 mm pada kaliper untuk membuang angin lalu ditutup kembali dengan cepat.
  - c. Dilakukan berulang kali sampai pengeremannya vakum.
- 7) Dudukan rem parkir
  - a. Memilih besi balok dengan panjang x lebar yaitu 130 x 30 mm dan plat besi dengan ukuran panjang x lebar yaitu 80 x 30 mm dengan ketebalan 3 mm.
  - b. Plat besi dilubangkan dengan diameter 10 mm menggunakan mesin bor.
  - c. Plat besi dan besi balok disatukan menggunakan las listrik.
  - d. Setelah disatukan pasang besi balok pada rangka menggunakan baut.

### 3.3.5 Total anggaran biaya produksi pembuatan sistem pengereman

Berikut estimasi biaya produksi sistem pengereman mobil Kapuas 2.

**Tabel 3.18** Estimasi Biaya Pembuatan Sistem Pengereman

Material Pembuatan Sistem Pengereman				
Nama Barang	@	Satuan	Harga	Total
Baut Selang Cakram	6	Pcs	Rp8.000	Rp48.000
Kaliper Cakram	6	Pcs	Rp600.000	Rp3.600.000
Piringan Cakram	4	Pcs	Rp65.000	Rp260.000
Baut Piringan	15	Pcs	Rp2.000	Rp30.000
Selang Rem	10	Pcs	Rp35.000	Rp350.000
Paralel Master rem	2	Pcs	Rp324.000	Rp648.000
Tabung Minyak Rem	2	Pcs	Rp25.000	Rp50.000
Minyak Rem (1 liter)	1	Pcs	Rp75.000	Rp75.000
Master rem motor (ST100 BM Assy)	2	Pcs	Rp200.000	Rp400.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sistem Pengereman</b>			<b>Rp5.461.000</b>	

### 3.4 Motor Listrik dan Kontrol

#### 3.4.1 Perancangan Sumber Energi

##### 3.4.1.1 Perhitungan dan Penentuan Komponen Sumber Energi

Terdapat banyak jenis baterai, dan berikut adalah perbandingan berbagai jenis baterai yang dapat digunakan serta banyak ditemukan di pasaran dan peralatan elektronik.

**Tabel 3.19** Perbandingan Berbagai Jenis Baterai

	Baterai Lithium-Ion (Li-Ion)	Baterai Lithium-Polymer (Li-po)	Baterai Nickel-Metal Hydride (NiMH)
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ringan</li><li>• Memiliki kepadatan energi yang tinggi</li><li>• Tanpa efek memori</li><li>• Lebih murah (Rp/kWh)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kapasitas yang lebih tinggi, yang memungkinkan memiliki daya berlebih.</li><li>• Laju discharge yang jauh lebih tinggi.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memiliki kapasitas yang cukup besar, sekitar 30% - 40% lebih tinggi</li><li>• Kurang rentan terhadap memori</li></ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengalami degradasi lebih cepat jika terkena panas berlebih</li><li>• Rusak jika benar-benar terkuras habis.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memiliki life time yang lebih pendek</li><li>• Membutuhkan perawatan khusus dalam cara dibebankan, dibuang, dan disimpan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tidak menyerap overcharge dengan baik,</li><li>• Memiliki limited service life, deep discharge</li><li>• Harga dan biaya perawatan yang mahal</li></ul>

Berdasarkan **Tabel 3.19**, Mobil KAPUAS 2 memilih menggunakan tipe baterai Lithium-Ion (Li-Ion) karena memiliki harga yang lebih terjangkau dengan nilai efisiensi yang tinggi, mudah dalam perawatan, lebih ringan, serta memiliki *life-time* yang panjang.

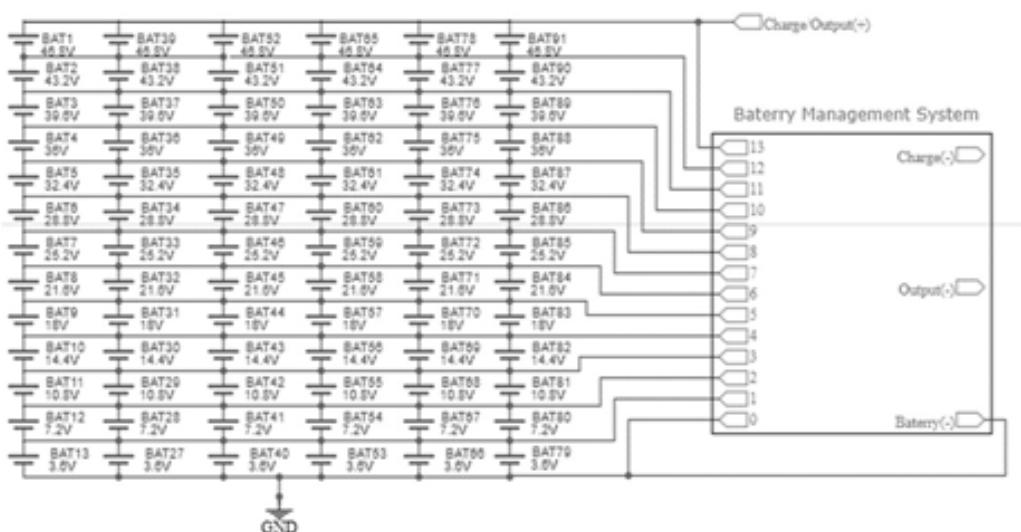
Baterai Li-Ion yang digunakan sebagai sumber tenaga untuk penggerak dalam perancangan mobil hemat energi ini adalah baterai Li-Ion SONY VTC6 18650 cell yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan kerja : 3,6 V
- Kapasitas Arus : 3000mAh
- Arus Keluaran Maks Kontinu : 30 A



**Gambar 3.37** Baterai *Li-Ion* Sony VTC6

Untuk mencapai tegangan kerja baterai sama dengan tegangan motor, yaitu 48 V, diperlukan 78 buah baterai Li-Ion 3,6 V yang disusun secara seri dan paralel. Untuk lebih jelas dalam penyusunannya dapat dilihat pada gambar dibawah berikut.



**Gambar 3.38** Rangkaian penyusun baterai

Untuk mencapai 48 V, diperlukan penyusunan seri baterai 18650 cell sebanyak 13 seri, di mana setiap baterai memiliki tegangan 3,6 V. Ini biasa disebut dengan *13s pack*, dimana tegangan total *pack*-nya adalah 48 V.

Selanjutnya, baterai 18650 cell tersebut disusun secara paralel untuk meningkatkan kapasitas arusnya. Baterai yang digunakan pada perancangan mobil hemat energi ini berkapasitas 3000 mAh. Dengan penyusunan rangkaian baterai secara paralel sebanyak 6 paralel, akan didapatkanlah kapasitas arus total sebesar 18 Ah ( $6 \times 3000 \text{ mAh} = 18000 \text{ mAh} = 18 \text{ Ah}$ ). Adapun spesifikasi akhir baterai yang dirancang menjadi 48 V 18 Ah.

Untuk mengetahui energi penggunaan baterai maka kita dapat mengalikan tegangan total baterai dengan kapasitas arus total baterai, sebagai berikut:

$$E_{total} = V_{total} \times Ah_{total} = 48 \text{ V} \times 18 \text{ Ah} = 864 \text{ Wh}$$

$$E_{aman} = 80\% E_{total} = 691,2 \text{ Wh}$$

Energi aman, yaitu 80% energi total dari baterai, adalah banyak energi yang sebaiknya digunakan agar baterai mobil memiliki umur yang lebih awet, karena bila energi baterai dikuras terlalu kosong ataupun diisi terlalu penuh maka umur baterai bisa saja lebih cepat berkurang (Indah Susanti, 2019).

**Tabel 3.20** Kapasitas baterai Li-Ion 18650 cell

Parameter Baterai	Baterai Li-Ion 18650 Cell	
	1 buah	13 seri dan 6 paralel
Kuat arus per jam	3 Ah	18 Ah
Tegangan baterai	3,6 V	48 V
Energi total baterai	10,8 Wh	864 Wh
Energi aman baterai	8,64 Wh	691,2 Wh

Bila kita mengetahui daya yang digunakan oleh motor, maka kita dapat menghitung durasi pemakaian baterai dari membagi energi pada baterai dengan konsumsi daya oleh motor penggerak mobil, atau lebih jelasnya:

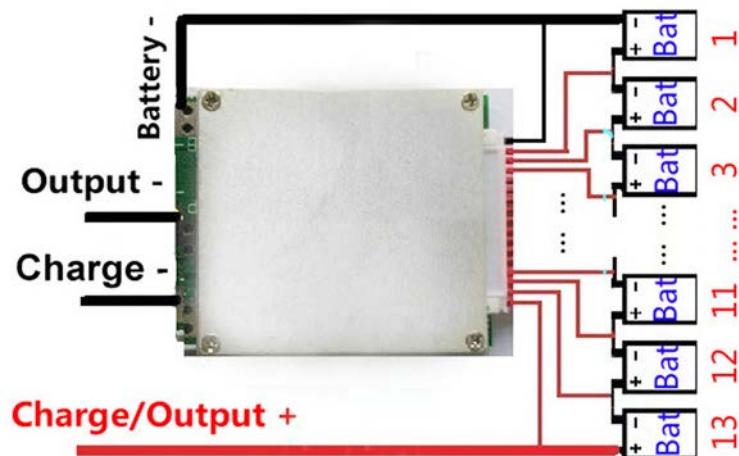
$$\text{Waktu Pemakaian Baterai} = \frac{\text{Energi aman baterai}}{\text{Konsumsi daya kerja motor}}$$

Dengan tegangan kerja 48 V, bila arus kerja rata-rata 15 A, maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Pemakaian Baterai} &= \frac{691,2 \text{ Wh}}{48 \text{ V} \times 15 \text{ A}} = 0,96 \text{ h} \\
 &= 0,96 \times 60 \text{ menit} = 57,6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Bila arus kerja rata-rata yang terpakai pada motor penggerak mobil sebesar 15 A dan dengan tegangan kerja sebesar 48 V, maka waktu pemakaian baterai adalah 57,6 menit.

Baterai yang disusun secara seri dan paralel ini dipasang dengan BMS (*Battery Management System*), yang mana bertujuan agar arus yang mengalir tidak melewati batas yang diinginkan, sehingga dapat mencegah kerusakan pada aksesoris-aksesoris lain yang terdapat pada mobil. BMS sendiri juga dapat membuat baterai yang dipakai memiliki umur yang lebih awet, serta mengurangi kemungkinan kecelakaan yang dapat terjadi akibat kesalahan peralatan.



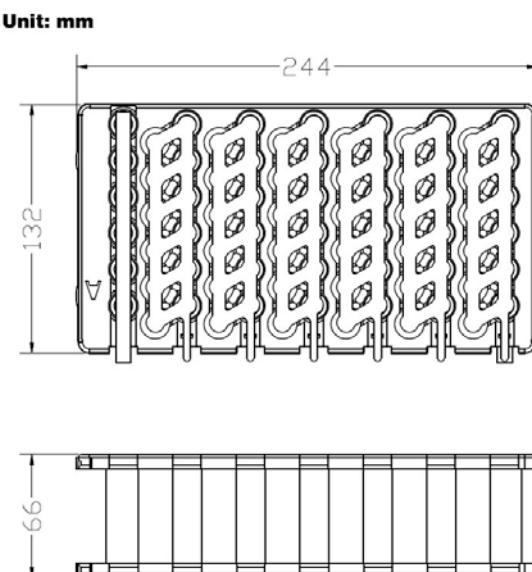
**Gambar 3.39** *Battery Management System*

**Tabel 3.21 Data Module BMS**

No.	uji Item	Min.	Typ.	Max	Unit
1	Pengisian Tegangan Input	48 v	54.6 v	55.2 v	V
2	Input Arus Pengisian	2A	3	8	A
3	Output Pengosongan Current		35	40	A
4	Over-saat ini Perlindungan Pemakaian		45	45	A
5	Konsumsi saat ini	15	25	35	uA
6	Tegangan Perlindungan Over-Charge	4.2	4.20	4.25	V
7	Perlindungan Over-Charge Tegangan Delay Waktu	0.5	1.0	2.0	S
8	Over-Discharge Tegangan Perlindungan	2.40	2.55	2.80	V
9	Over-Discharge Tegangan Perlindungan Delay Waktu	0.5	1.0	2.0	MS
10	Perlindungan Sirkuit pendek Rilis	menghapus beban			
11	impedansi		8	15	mq
12	Suhu operasi	-20	+ 25	+ 50	° C
13	Suhu penyimpanan	-20	+ 25	+ 45	° C

### 3.4.1.2 Proses Produksi Sumber Energi

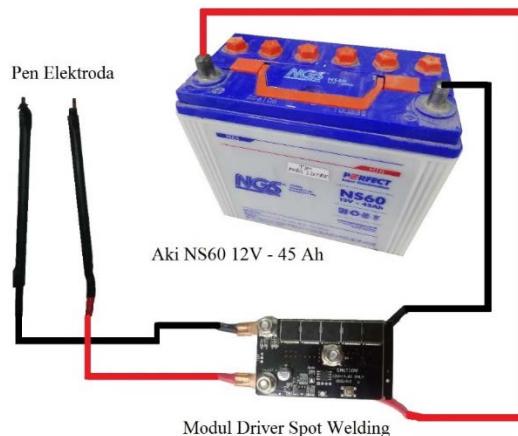
Proses produksi sumber energi ini dimulai dari pemesanan komponen-komponen penyusun rangkaian baterai, setelah itu baterai-baterai disusun seri-paralel menjadi seperti gambar berikut ini:



**Gambar 3.40 Rangkaian baterai mobil listrik**

Penyusunan baterai-baterai ini menggunakan holder baterai 18650 agar baterai tersusun rapi dan merekat kuat satu sama lain. Penghubungan jalur listrik rangkaian

seri-paralel pada baterai menggunakan plat nikel yang dipotong-potong dengan ukuran yang disesuaikan, lalu dilas titik (*spot welding*) menggunakan rangkaian Aki NS60 12 V 45 Ah, Modul Driver *Spot Welding*, dan Pen Elektroda.



**Gambar 3.41** Rangkaian untuk pengisian baterai

**Tabel 3.22** Manajemen Project Pembuatan Rangkaian Baterai

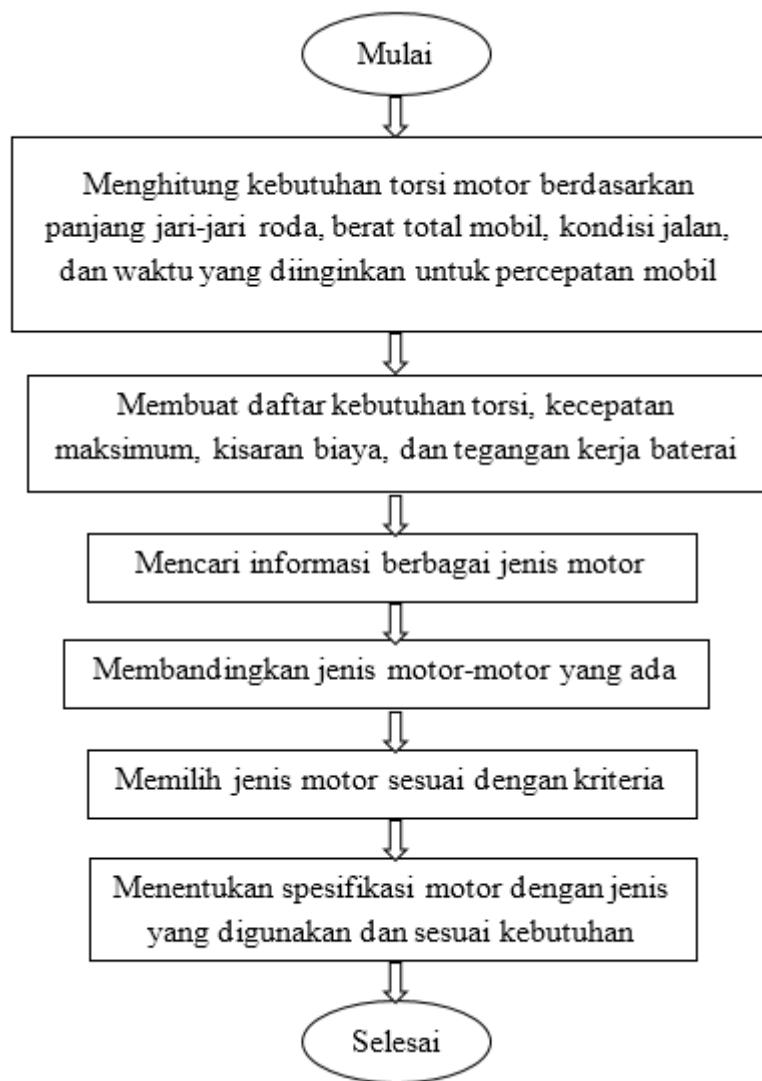
Task Name	Duration	Start	Finish	Resource Names
Pembuatan Rangkaian Baterai	24 days	Tue 01/07/21	Fri 01/08/21	
Pemesanan Rangkaian Komponen Baterai	5 days	Tue 01/07/21	Mon 07/07/21	Electrical and control
Perakitan Rangkaian Baterai	1 day	Tue 08/07/21	Tue 08/07/21	Electrical and control
Pembuatan Box Baterai ke Sasis	1 day	Wed 09/07/21	Wed 09/07/21	Electrical and control

**Tabel 3.23** Biaya Pembuatan Dua Buah Rangkaian Baterai

Nama Barang	@	Satuan	Harga	Jumlah
<b>Rangkaian Satu Batrai Mobil (+1 Cadangan)</b>				
Baterai lithium ion 18650	91	Pcs	Rp. 70.000	Rp. 6.370.000
Holder Baterai 18650	182	Pcs	Rp. 1.000	Rp. 182.000
Plat Nikel lebar 7 cm x tebal 0,12cm	650	Cm	Rp. 150	Rp. 97.500
Heat Shrink PVC 210cm x 2m	1	Pcs	Rp. 90.000	Rp. 90.000
Connector XT-60	2	Pasang	Rp. 8.000	Rp. 16.000
Battery Management System 35A	1	Pcs	Rp. 436.000	Rp. 463.000
<b>Total Anggaran Pembuatan 2 Rangkaian Baterai Mobil</b>				<b>Rp. 14.437.000</b>

### 3.4.2 Rancangan Motor Penggerak

Strategi penentuan jenis motor penggerak dari mobil KAPUAS 2 sesuai dengan diagram alir berikut ini:



Gambar 3. 42 Diagram alir proses penentuan motor penggerak

#### 3.4.2.1 Perhitungan-perhitungan Kebutuhan Torsi Mobil

Dasar pemikiran dalam pemilihan motor listrik sebagai penggerak mobil listrik adalah bahwa motor listrik tersebut harus mampu menghasilkan torsi straking yang tinggi dengan arus yang rendah (carrier et al. 2011). Berikut ini merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan yang disajikan di Tabel 3.24:

**Tabel 3.24** Parameter perhitungan kebutuhan torsi mobil

<i>Frontal area of car (AF)</i>	2,575 m <sup>2</sup>
<i>Vehicle mass (m)</i>	184,825 kg
<i>Tire rolling resistance coefficient (C<sub>rr</sub>)</i>	0,015
<i>Drag coefficient (C<sub>D</sub>)</i>	0,41
<i>Air density (<math>\rho</math>)</i>	1,2 kg/m <sup>3</sup>
<i>Sudut kemiringan (<math>\theta</math>)</i>	0
<i>Wheel radius (r)</i>	0,28 m
Target waktu tempuh dari diam ke kecepatan maksimum	7 s

#### A. Perhitungan Berat Total Mobil

Mobil KAPUAS 2 memiliki massa total ditambah pengemudi sebesar 184,825 kg, berdasarkan hukum kedua Newton dengan menggunakan percepatan gravitasi  $9,81 \text{ m/s}^2$  serta persamaan (3.13) didapatkanlah berat total mobil sebesar **1813,13 N**

Dimana : m adalah massa kotor mobil (kg)

$g$  adalah gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

BTM atau W adalah berat total mobil (N)

$$\text{BTM} = \mathbf{W} = 184,825 \times 9,811 \\ = 1813,13 \text{ N}$$

### **B. Perhitungan Percepatan yang dibutuhkan**

Mobil KAPUAS 2 memiliki target kecepatan 0 km/jam ke 30 km/jam (8,33 m/s) posisi diam pada track lurus dan datar dengan durasi 7 detik sehingga target percepatannya berdasarkan persamaan (3.14) adalah **1,19 m/s<sup>2</sup>**

Dimana : a adalah percepatan mobil ( $\text{m/s}^2$ )

$v_t$  adalah kecepatan akhir (m/s)

$v_0$  adalah kecepatan awal (m/s)

t adalah waktu yang dibutuhkan (s)

$$a = \frac{30-0}{13}$$

### C. Faktor yang Mempengaruhi Gaya yang dibutuhkan

Berdasarkan penelitian Chauhan (2015) tentang kalkulasi torsi motor untuk kendaraan listrik, gaya yang terlibat untuk mobil listrik bergerak melibatkan 3 faktor yaitu: 1. Hambatan Rotasi ; 2. Hambatan Kemiringan ; 3. Gaya Percepatan. Kami menambah faktor keempat yaitu Gaya Drag karena densitas udara dan koefisien drag mobil dianggap tidak nol.

#### D. Perhitungan Hambatan Rotasi

Hambatan rotasi adalah gaya yang dilawan oleh kendaraan diakibatkan oleh perputaran roda dengan permukaan jalan yang dilaluinya. Hambatan rotasi bergantung pada koefisien gesekan rotasi yang bervariasi tergantung dari jenis roda dan kekasaran jalan yang dilalui, dengan asumsi jalan yang dilalui adalah aspal dengan kondisi biasa maka koefisien hambatan rotasinya adalah 0,015. Hambatan rotasi bisa dihitung dengan persamaan (3.15) menghasilkan nilai **27,20 N**

Dimana : HR :Hambatan Rotasi (N)

BTM :Berat Total Mobil (N)

**K<sub>HR</sub>** : Koefisien Hambatan Rotasi (K<sub>HR</sub>)

$$HR = 1813,13 \times 0,015$$

=27,20 N

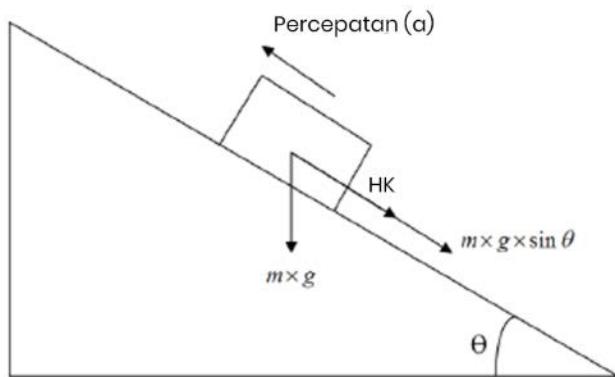
#### E. Perhitungan Hambatan Kemiringan

Hambatan kemiringan adalah gaya yang melawan mobil saat mobil menaiki jalan yang miring, hambatan kemiringan berdasarkan persamaan (3.16). Berdasarkan regulasi KMHE pemodelan kendaraan dibuat dijalan yang lurus dan datar maka sudut kemiringan dianggap 0. Sehingga hambatan kemiringannya sama dengan 0 N.

Dimana : HK :Hambatan Kemiringan (N)

BTM :Berat Total Mobil (N)

$\theta$  : Sudut Kemiringan (derajat)



**Gambar 3.43** Ilustrasi Hambatan Kemiringan yang bekerja pada benda

## F. Perhitungan Gaya Percepatan

Gaya percepatan adalah gaya yang dibutuhkan untuk mencapai suatu kecepatan dari kondisi diam dalam jangka waktu tertentu, berdasarkan persamaan (3.17) maka nilai percepatan gayanya adalah **118,43 N**

Dimana : GP :Gaya Percepatan (N)

MTM: Massa Total Mobil (kg)

a : Percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

$$\text{GP} = 184,85 \times 1,19 \\ = 219,97 \text{ N}$$

## G. Perhitungan Gaya Drag

Gaya drag adalah gaya hambat yang menghambat pergerakan mobil yang timbul akibat adanya pergerakan udara relatif terhadap mobil

Dimana : GD : Gaya Drag (N)

$C_D$  : Koefisien Drag

V : Kecepatan Udara (m/s)

$A_L$  : Luas Area Drag ( $m^2$ )

$\rho$  : Densitas Udara ( $\text{kg/m}^3$ )

Nilai koefisien drag dan luas area drag bernilai 0,41 dan  $2,575 \text{ m}^2$  berdasarkan hasil simulasi *body* mobil, kecepatan udara diasumsikan 30 km/jam atau 8,33 m/s dimana dianggap mobil bergerak secepat itu saat angin tidak ada berhembus sehingga kecepatan udara relatif terhadap mobil

adalah 8,33 m/s, densitas udara standar pada suhu 27° Celcius bernilai 1,2 kg/m<sup>3</sup>, dari data dan persamaan yang ada didapatkan nilai gaya drag sebesar **43,99 N**

#### H. Perhitungan Total Upaya Traktif

Total Upaya Traktif adalah total gaya yang dibutuhkan untuk memindahkan kendaraan dengan karakteristik yang diinginkan dan itu merupakan jumlah ketiga gaya di atas, sehingga total upaya traktif bisa dihitung dengan persamaan dibawah ini:

Dimana : TUT = Total Upaya Traktif (N)

Terdapat dua skenario untuk menghitung total upaya traktif

Kemiringan jalan  $0^\circ$  serta mobil memiliki percepatan  $1,19 \text{ m/s}^2$  sehingga  $\text{HR} = 27,20 \text{ N}$ ,  $\text{HK} = 0 \text{ N}$ ,  $\text{GP} = 219,97 \text{ N}$  dan  $\text{GD} = 43,99 \text{ N}$

$$\text{TUT} = (27,20 + 0 + 219,97 + 43,99) = 291,16 \text{ N}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka total upaya traktif minimal dari mobil ini adalah **291,16 N**

## I. Perhitungan Kebutuhan Torsi Roda

Torsi yang dibutuhkan roda adalah torsi roda yang harus dihasilkan oleh transmisi dari motor ke roda sesuai dengan karakteristik yang diperlukan. Sistem transmisi bisa secara langsung menggunakan diferensial ataupun menggunakan gearbox atau rantai untuk mengubah torsi. Persamaan torsinya adalah:

Dimana :  $\tau = \text{Torsi (Nm)}$

∴  $r_{roda}$  adalah jari-jari roda (m)

Data diketahui TUT bernilai 291,16 N, jari-jari roda bernilai 0,28 m, maka  
torsi yang dibutuhkan oleh roda adalah **81,52 Nm**

### **3.4.2.2 Pemilihan Jenis Motor Penggerak Mobil KAPUAS 2**

Parameter untuk memilih jenis motor penggerak yang akan digunakan pada mobil Kapuas 2 adalah dari tegangan kerja yang dibutuhkan dari sumber baterai sebesar 48V, kebutuhan torsi roda sebesar 81,52 Nm, serta kecepatan yang diinginkan

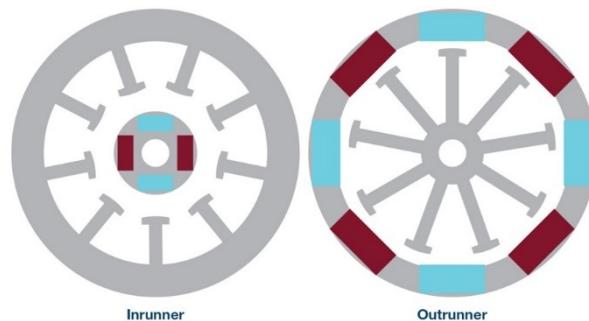
minimal 30 km/jam. Terdapat beberapa jenis motor listrik penggerak, dan berikut adalah perbandingan berbagai jenis motor listrik yang dapat digunakan.

**Tabel 3.25** Perbandingan berbagai jenis motor

	Motor AC	Motor DC bersikat	Motor DC tanpa sikat (BLDC)
Kelebihan	Struktur yang sederhana Kecepatan proporsional dengan frekuensi	Kecepatan yang tinggi Torsi awal yang tinggi Tidak membutuhkan controller	Temperatur yang rendah Umur yang panjang Gangguan (noise) yang rendah Torsi awal yang tinggi Efisiensi yang Tinggi
Kekurangan	Temperatur yang tinggi Torsi proporsional terhadap kecepatan Akurasi yang rendah	Temperatur yang tinggi Umur yang relatif singkat Dibutuhkan pembersihan secara periodik karena debu	Kontroller yang lebih rumit Relatif lebih mahal karena membutuhkan controller

Berdasarkan **Tabel 3.25**, Mobil KAPUAS 2 memilih menggunakan motor BLDC karena efisiensinya yang tinggi, umur yang panjang, torsi awal yang tinggi, serta noise dan temperatur yang rendah.

Dari letak rotornya, motor BLDC terbagi menjadi dua jenis, yaitu *inrunner* dan *outrunner*. *Inrunner* memiliki rotor di bagian dalam sedangkan *outrunner* memiliki bagian rotor di luar. Mobil KAPUAS 2 akan menggunakan BLDC *outrunner* dikarenakan motor ini memiliki torsi yang lebih besar dibandingkan dengan BLDC *inrunner*.



**Gambar 3.44** Perbedaan *Inrunner* dan *Outrunner*

(Sumber. [www.analog.com](http://www.analog.com))

Kesimpulannya, KAPUAS 2 menggunakan motor BLDC tipe *outrunner*. Motor BLDC tipe *outrunner* yang dipilih untuk digunakan pada mobil KAPUAS 2 adalah motor QS Motor 1000W 45H V3 205 Hub BLDC Outer Rotor in-Whell yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Torsi maksimal : 174 Nm
- Kecepatan angular maksimal : 910 RPM
- Arus Motor : 30 A-35 A
- Tegangan : 48 V-72 V
- Daya : 500 W-1000 W
- Kelas Tahan Air : IP54
- Memiliki Sensor *Hall Effect* yang terintegrasi di dalam motor



**Gambar 3.45** QS Motor 1000W 45H V3 205 Hub BLDC

### **3.4.3 Rancangan Sistem Transmisi Tenaga**

Mobil listrik mendapatkan tenaga dari baterai, motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi gerak dalam bentuk putaran motor. Energi gerak ini akan disalurkan ke roda menggunakan sistem transmisi tenaga agar mobil dapat bergerak.

Sistem transmisi tenaga ada yang secara langsung maupun yang tidak langsung, karna kebutuhan torsi roda tidak bisa dipenuhi oleh motor BLDC yang dipilih maka transmisi tenaga yang dipilih adalah transmisi secara tidak langsung supaya torsi dari motor bisa dinaikkan untuk memenuhi kebutuhan torsi roda.

Sistem transmisi secara tidak langsung bisa menggunakan belt atau rantai roda gigi, mobil Kapuas 2 memilih menggunakan rantai roda gigi karena lebih cocok untuk penyaluran torsi yang besar, sedangkan belt dikhawatirkan bisa slip ataupun putus saat motor memberikan percepatan tiba-tiba ke roda.

$$F_{\text{roda gigi } 1} = F_{\text{roda gigi } 2} \dots \quad (3.21)$$

$$\tau_{\text{roda gigi } 1} / r_{\text{roda gigi } 1} = \tau_{\text{roda gigi } 2} / r_{\text{roda gigi } 2}$$

$$\tau_{\text{roda gigi 1}} / 7 \text{ cm} = 81,52 \text{ Nm} / 14 \text{ cm}$$

$$\tau_{\text{roda gigi 2}} = 81,52 \text{ Nm} \times 14/7$$

$$\tau_{\text{roda gigi } 2} = 40,76 \text{ Nm}$$



**Gambar 3.46** Gigi-gigi yang Terhubung Rantai

Ket:  $r = \text{jari-jari}$

Perbandingan rasio roda gigi 1 dan roda gigi 2 bernilai 1:2 agar torsi roda mampu menggerakkan mobil sesuai dengan kebutuhan serta meringankan kerja motor, rasio

1:2 ini menyebabkan torsi motor menjadi Sebesar 40,87 Nm sehingga meringankan kerja motor.

#### Tinjau Roda Gigi 1 dan Roda Gigi 2

$$\omega_{\text{Roda Gigi 1}} \times r_{\text{Roda Gigi 1}} = \omega_{\text{Roda Gigi 2}} \times r_{\text{Roda Gigi 2}}$$

$$910 \text{ RPM} \times 7\text{cm} = \omega_{\text{Roda Gigi } 2} \times 14 \text{ cm}$$

$\omega$  Roda Gigi 2 = 455 RPM

#### Tinjau Roda Gigi 2 dan Ban Mobil

$$\omega_{\text{Roda Gigi 2}} = \omega_{\text{Ban Mobil}} \dots \quad (3.23)$$

$$\omega_{\text{Roda Gigi 2}} = v_{\text{Ban Mobil}} / r_{\text{Ban Mobil}}$$

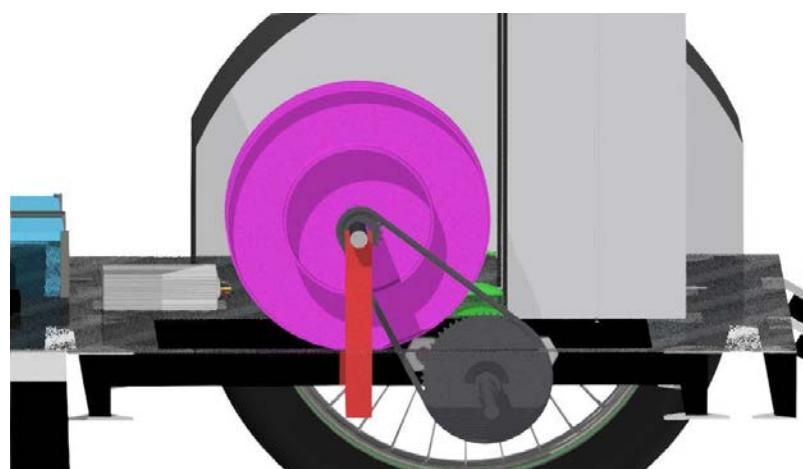
$$275 \text{ RPM} = V_{\text{Ban Mobil}} / 28 \text{ cm}$$

$$455 \times 2 \pi \times 60 \text{ rad/jam} = V_{\text{Ban Mobil}} / (28 \times 10^{-5} \text{ km})$$

$$V_{\text{Ban Mobil}} = 171530,96 \text{ rad/jam} \times (28 \times 10^{-5} \text{ km})$$

$$V_{\text{Ban Mobil}} = 48,03 \text{ km/jam}$$

Kecepatan maksimal mobil bernilai sekitar 48 km/jam, Hambatan aerodinamik bisa meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan kecepatan mobil sehingga energi baterai terkuras lebih cepat saat mempertahankan kecepatan tinggi, dengan mengurangi kecepatan maksimal mobil diharapkan mobil bisa lebih efisien dalam penggunaan energi.Untuk sistem transmisi dapat dilihat pada **Gambar 3.47**.



**Gambar 3.47** Sistem Transmisi Motor

**Tabel 3.26** Manajemen Project Pembuatan Sistem Transmisi Motor

Task Name	Duration	Start	Finis h	Resource Names
Pembuatan Sistem Transmisi Motor	32 days	Tue 01/07/21	Wed 13/08/21	
Pemesanan Komponen Transmisi Motor	6 days	Tue 01/07/21	Tue 08/07/21	Electrical and control;Engine
Membuat dudukan motor listrik	1 day	Mon 04/08/21	Mon 04/08/21	Electrical and control;Engine
Membuat dudukan gigi motor	1 day	Tue 05/08/21	Tue 05/08/21	Electrical and control;Engine
Memasang Sistem Transmisi Ke mobil	1 day	Wed 06/08/21	Wed 06/08/21	Electrical and control;Engine
Menguji Menggunakan Controller Pabrikan	1 day	Thu 07/08/21	Thu 07/08/21	Electrical and control;Engine
Troubleshooting Sistem Transmisi	4 days	Fri 08/08/21	Wed 13/08/21	Electrical and control;Engine

**Tabel 3.27** Biaya pembuatan sistem transmisi dan motor listrik

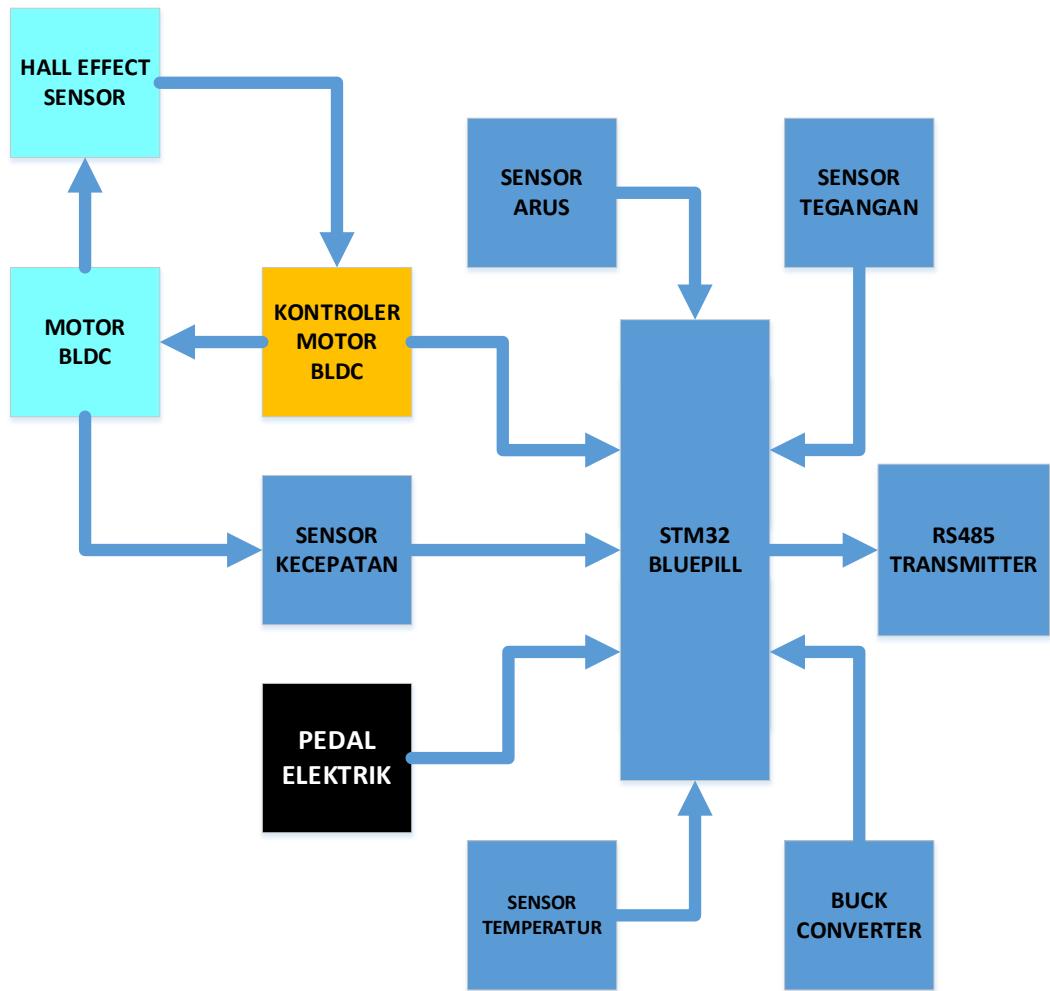
Nama Barang	@	Satuan	Harga	Jumlah
<b>Sistem Transmisi dan Motor Listrik</b>				
Motor listrik BLDC	1	Pcs	Rp1.750.000	Rp1.750.000
Sprocket depan 35T	1	Pcs	Rp100.000	Rp100.000
Sprocket belakang 70T	1	Pcs	Rp250.000	Rp250.000
Rantai	1	Set	Rp80.000	Rp80.000
Shaft/as	1	Pcs	Rp25.000	Rp25.000
Bearing VCFL 204	2	Pcs	Rp105.000	Rp210.000
Bosh	2	Pcs	Rp20.000	Rp40.000
<b>Total Anggaran Sistem Transmisi dan Motor Listrik</b>				<b>Rp2.455.000</b>

### **3.4.4 Rancangan Sistem Kontroller Motor Penggerak**

#### **3.4.4.1 Kontroller Motor Penggerak Mobil**

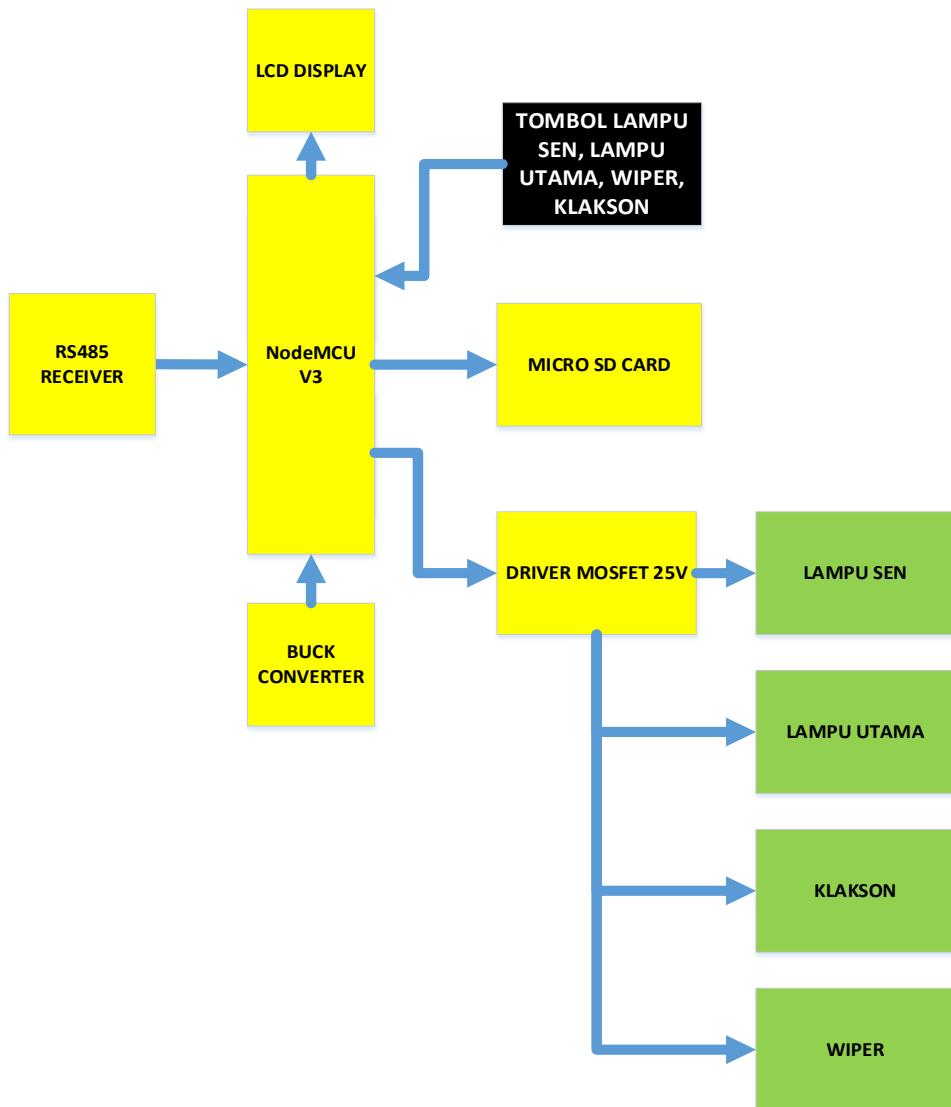
Kontroller motor penggerak pada mobil KAPUAS 2 dirancang memiliki tiga mikrokontroller sebagai otaknya yaitu STM32F405, STM32F1 (BluePill) dan NodeMCU V3. Setiap Mikrokontroler ini punya perannya masing-masing yaitu seperti Mikrokontroler pertama STM32F4 yang bertugas menjadi pengontrol motor, lalu untuk Mikrokontroler kedua STM32 BluePill yang merupakan *master* bertugas untuk mengambil data serta untuk memproses data-data dari berbagai sensor dan membaca nilai pedal gas mobil untuk dikirimkan ke STM32F4 untuk mengatur kecepatan motor, sedangkan Mikrokontroler ketiga yaitu NodeMCU V3 Lolin yang bertugas sebagai penampil dan penyimpan data baik secara online maupun offline. Kemampuan menyimpan data ini berguna dalam penelitian pembuatan kontroller yang lebih efisien lagi kedepannya.

Perancangan PCB Kontroller Mobil KAPUAS 2 ini dipisah menjadi tiga bagian, yaitu Kontroller Motor BLDC (STM32F405), Kontroller Pengambil Data (STM32F103), dan Kontroller Penampil dan Penyimpan Data (NodeMCU V3 Lolin). Dari ketiga Modul PCB tersebut meskipun terpisah tapi akan saling terhubung melalui komunikasi Serial UART dengan tambahan modul penguat komunikasi serial TTL RS485. Dalam hubungan antar Kontroller ini, Kontroller Motor BLDC akan menerima input PWM dari Kontroller Pengambil Data untuk mengendalikan kecepatan motor, lalu Kontroller Pengambil Data akan mengirimkan data-data ke NodeMCU V3 Lolin. Gambar diagram bloknya dapat dilihat pada **Gambar 3.48**



**Gambar 3.48** Diagram Blok Modular Kontroller Motor BLDC dan Modular Pengambil Data

Sedangkan untuk Kontroller Penampil Data akan berfungsi sebagai slave atau receive yang akan menerima data-data sensor dari Kontroller Pengambil data, contohnya dapat anda lihat pada **Gambar 3.49**



**Gambar 3.49** Diagram Blok Modular Pengontrol Penampil Data atau Kontroller Aksesoris

#### Keterangan

**Jingga** : Kontroller Motor BLDC

**Biru** : Kontroller Pengambil Data

**Kuning** : Kontroller Penampil Data

**Hitam** : Komponen di Luar PCB

**Hijau** : Komponen Aksesoris Mobil

#### 3.4.4.2 Firmware Kontroller Motor Penggerak

Firmware pada kontroller mobil ini dibuat menggunakan aplikasi ArduinoIDE sebagai pemrogramnya. Karena kami menggunakan tiga mikrokontroller, maka dari

itu kami menggunakan tiga firmware yang mana masing-masing mikrokontroller menggunakan sebuah firmware. Firmware pertama untuk STM32F103 (Bluepill), firmware kedua untuk STM32F405, dan firmware ketiga untuk NodeMCU V3 Lolin

### 1. Firmware STM32F1 (BluePill)

Firmware untuk STM32F103 (BluePill), memiliki fungsi sebagai pembaca sensor pedal gas mobil untuk dikirimkan ke STM32F405 untuk mengatur kecepatan motor BLDC. Selain itu STM32F103 berfungsi untuk membaca nilai sensor-sensor yang ada pada mobil, yaitu sensor inframerah, tegangan dan arus keluaran baterai, serta sensor suhu yang ada di dekat Driver Kontroller Mobil KAPUAS 2. Setelah nilai tegangan dan arus dibaca, maka nilai daya yang ditarik oleh motor dapat dihitung dengan mengkalikan nilai tegangan dan arus. Setelah didapatkan daya, nilai penggunaan energi setiap detiknya dapat dihitung, kemudian penggunaan energi baterai dapat dihitung dengan menjumlahkan penggunaan energi setiap detiknya. Setelah itu persentase baterai dapat dicari nilainya, dengan cara selisih antara energi penuh baterai dan penggunaan energi dibagi dengan energi penuh baterai dikalikan 100%.

Sensor inframerah digunakan untuk mengukur kecepatan mobil dengan cara membaca cahaya yang terbaca oleh sensor. Bila sensor cahaya membaca sebuah pola, maka roda akan dihitung telah melakukan satu putaran. Kemudian dapat dicari nilai kecepatan dengan membagi satu putaran dengan durasinya (dalam satuan detik), kemudian dikalikan dengan 60 untuk menemukan nilai RPM. Setelah itu, nilai dengan satuan RPM akan dikonversi ke nilai dengan satuan m/s, dengan cara mengkalikan nilai RPM dengan jari-jari lingkaran dan dibagi dengan 60. Kecepatan dengan satuan km/jam akan didapatkan dengan cara mengalikan nilai kecepatan dengan satuan m/s, dengan nilai 3600 dan dibagi dengan 1000.

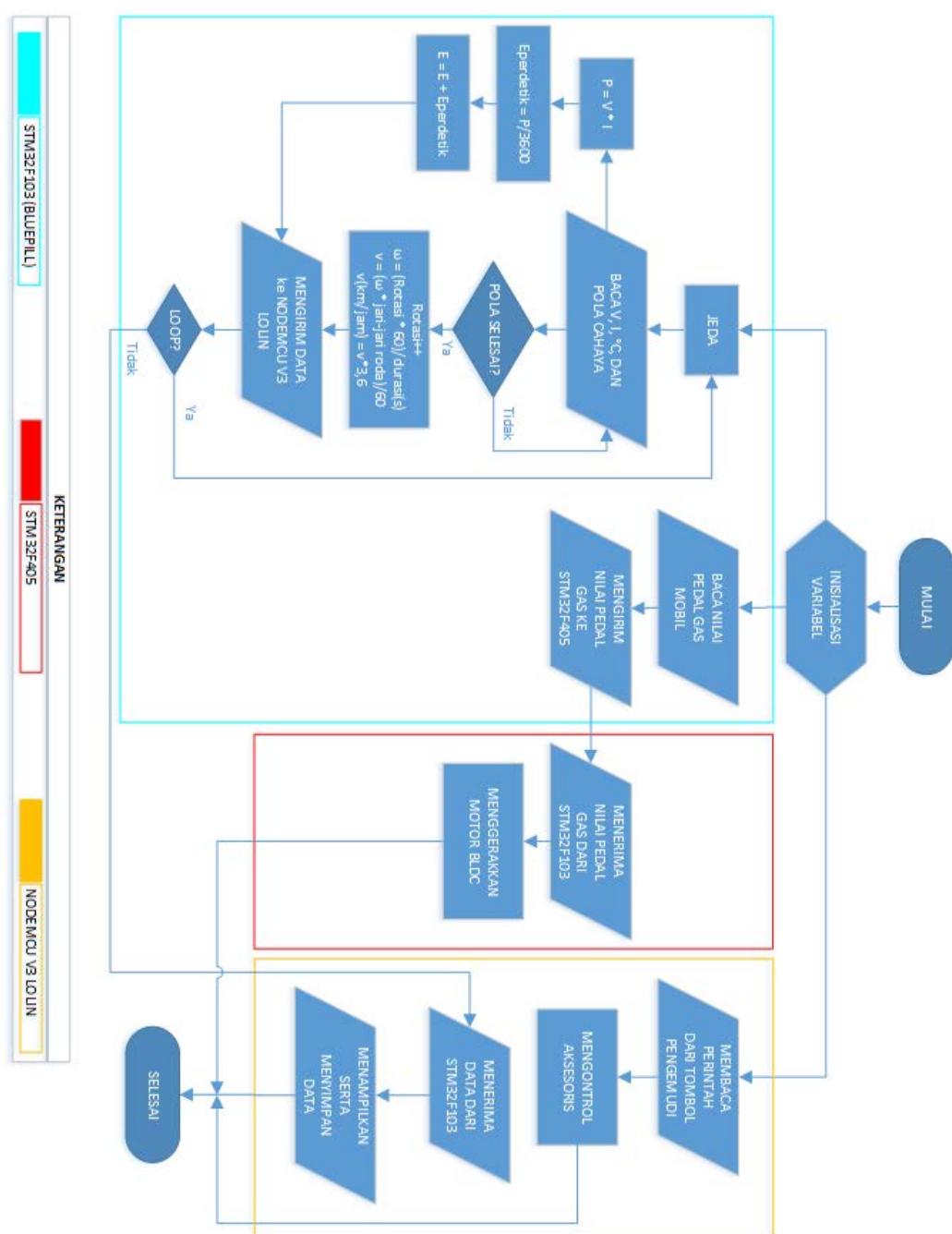
Data yang sudah didapatkan, yaitu tegangan dan arus baterai, suhu, daya, penggunaan energi, persentase baterai, serta kecepatan mobil KAPUAS 2, akan dikirim ke NodeMCU V3 Lolin.

### 2. Firmware STM32F405

Firmware untuk STM32F405 berfokus sebagai penggerak motor BLDC berdasarkan data sensor pedal gas yang dikirimkan oleh STM32F103.

### 3. Firmware NodeMCU V3 Lolin

Firmware untuk NodeMCU V3 Lolin memiliki fungsi untuk menyimpan data ke dalam *microSD*, menampilkan dan menyimpan data ke aplikasi Blynk, menampilkan data ke LCD, serta mengontrol aksesoris, yaitu lampu utama, lampu sen, klakson, serta wiper



Gambar 3.50 Diagram alir kontrol motor BLDC

### **3.4.5 Proses Produksi Kontroller Motor**

Produksi kontroller ini akan menggunakan PCB 2 layer agar interferensi elektromagnetik tidak terlalu besar walaupun kita menggunakan PWM pada frekuensi tinggi. Pencetakan PCB 2 layer akan dilakukan secara online melalui percetakan yang ada di Bandung, serta pembelian komponen juga melalui toko online.

Setelah pembelian selesai, perakitan komponen akan menggunakan blower dan pasta solder untuk menyolder rangkaian komponen smd serta menggunakan solder biasa untuk komponen non-smd. Setiap IC DIP akan dipasang socket sesuai dengan jumlah kaki IC itu agar mudah dipasang dan dicabut serta agar tidak merusak IC saat penyolderan berlangsung.

Penyolderan dilakukan perblok komponen agar mudah dilakukan pengecekan, setiap satu blok akan dilakukan sekali pengecekan untuk memastikan tidak ada rangkaian yang terhubung singkat ataupun putus sehingga bisa meminimalisir waktu dan biaya troubleshooting. Pengecekan bisa lewat memasukkan coding ke mikrokontroller lalu melihat outputnya lewat multimeter ataupun osiloskop.

### **3.4.6 Rancangan Sistem Aksesoris**

1. Pada sistem rangkaian, terdapat fuse tancap yang berguna untuk memutus arus jika terdapat arus yang melebihi dari batas maksimal yang dapat ditanggung fuse. Hal ini bertujuan untuk menghindari kelebihan arus menuju peralatan yang dapat menyebabkan kerusakan perangkat ataupun menimbulkan percikan api yang mungkin terjadi. Berikut merupakan spesifikasi fuse yang digunakan:
  - 3 A pada sistem penerangan
  - 5 A pada klakson
  - 30 A pada output 48V dari sumber baterai



**Gambar 3.51** Fuse Tancap

Selubung spiral yang membalut kabel dari sumber arus ke peralatan atau peralatan satu ke peralatan lain yang bertujuan untuk merapikan kabel dan mengamankan kabel dari gesekan ke bagian yang lain. Kerangka mobil yang dijadikan *ground* juga terdapat isolator pada bagian luarnya, hal ini bertujuan agar pengemudi atau kendaraan dapat terhindar dari arus bocor yang mungkin terjadi.

2. Lampu indikator digunakan untuk berbagai keperluan misalnya untuk lampu indikator pada panel penunjuk fasa R, S dan T atau L1, L2 dan L3. Selain itu juga lampu indikator digunakan sebagai indikasi bekerjanya suatu sistem kontrol misalnya lampu indikator merah menyala motor bekerja.



**Gambar 3.52** Lampu *indicator*

3. Sistem Wiper pada mobil berfungsi untuk membersihkan kaca bagian depan mobil dan belakang mobil dari kotoran, debu, minyak, binatang-binatang kecil atau dari air hujan. jika mobil tidak dilengkapi dengan sistem wiper, maka pada saat mobil melintasi jalan yang sedang hujan deras maka air hujan dapat mengembun di permukaan kaca yang dapat mengakibatkan menghalangi pandangan pengemudi. Bila pandangan pengemudi terhalang maka hal ini akan membahayakan sekali karena dapat menyebabkan terjadinya resiko kecelakaan dalam berkendaraan.



**Gambar 3.53 Wiper**

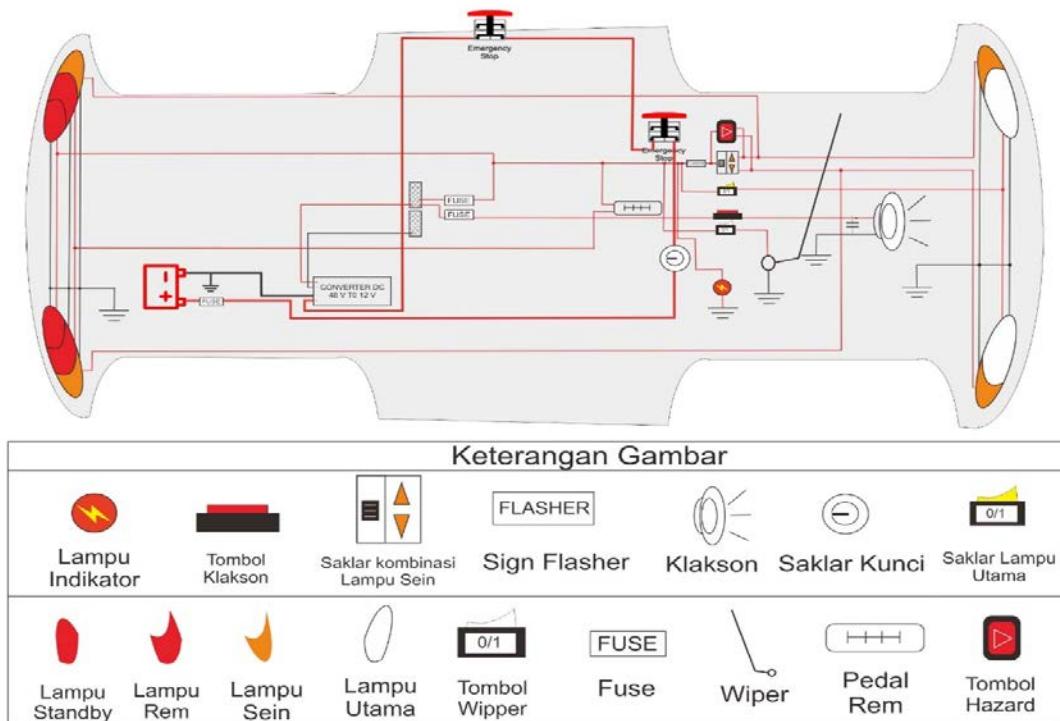
4. LED Light Strip adalah susunan chip SMD LED yang terpasang di sebuah sirkuit panjang dan fleksibel pada bagian permukaan yang telah diperkuat dengan bahan perekat. Saat menyala, lampu akan bersinar dalam format deretan garis lurus dan mengarah ke depan. Cahaya yang dihasilkan juga terbilang atraktif dan seketika akan menjadi pusat perhatian. LED Light Strip ini digunakan sebagai keamanan dan aksesoris pada mobil seperti lampu utama, lampu sein, dan lampu rem belakang.



**Gambar 3.54 LED Light Strip**

Keterangan lampu :

- Led Strip Putih (Lampu Utama)
- Led Strip Kuning (Lampu Sein)
- Led Strip Merah (Lampu Rem dan Belakang).



**Gambar 3.55** Diagram pengkabelan sistem aksesoris

### 3.4.7 Rancangan Peralatan Keamanan

Dalam mendesain suatu kendaraan, maka hal yang paling utama adalah masalah keselamatan. Hal ini bertujuan untuk melindungi pengemudi dan pengguna jalan lain dari kecelakaan akibat kegagalan alat, human error atau kesalahan lain yang mungkin terjadi saat berkendara. Berikut adalah rancangan keamanan dari mobil Kapuas 2

- *Body* dari mobil dibuat sedemikian rupa sehingga tidak memiliki bentuk tajam yang dapat membahayakan pengguna jalan lain serta sang pengemudi.



**Gambar 3.56** Ilustrasi bentuk yang aman

- Untuk mencegah pengemudi terlempar ketika terjadi tabrakan, mobil Kapuas 2 telah dirancang menggunakan sabuk pengaman yang akan dihubungkan langsung ke sasis kendaraan. Sabuk pengaman menggunakan bahan yang berkualitas sehingga menambah kekuatan dari sabuk yang digunakan. sabuk pengaman ini terhubung dengan satu tombol terpusat ditengah, agar mempermudah akses terhadap pengemudi.



**Gambar 3.57** Sabuk pengaman yang terhubung di satu titik.

- Di sebelah kanan pengemudi akan ditempatkan pemadam api (*Fire Extinguisher*) / Apar, hal ini dilakukan sebagai bentuk tindakan darurat (emergency) apabila mulai muncul api kecil pada kendaraan



**Gambar 3.58** *Fire extinguisher* dengan kapasitas 1kg

- Mobil Kapuas 2 Ini juga dilengkapi dengan lampu sein agar dapat memberikan tanda pergerakan kendaraan kepada pengguna jalan lain. Mobil ini juga dilengkapi dengan wiper yang dipasang pada kaca depan

sebagai alat untuk memperjelas pandangan pengemudi saat terjadi hujan. Serta mobil diberi lampu rem pada bagian belakang agar dapat memberitahukan pengguna jalan lain bahwa kendaraan yang digunakan sedang mengurangi kecepatan dengan rem.

- Terdapat dua tombol *Emergency Stop* yang dipasang pada bagian dalam dan luar mobil. Tombol ini berfungsi untuk memutus aliran daya dari baterai ke mesin, sehingga mesin dapat dimatikan dari dalam atau dari luar ruang kemudi jika terjadi masalah pada sistem penggerak kendaraan.



**Gambar 3.59** Tombol *Emergency Stop*

### 3.5 Rancangan Proses dan Manajemen Produksi

#### 3.5.1 Timeline Pembuatan Mobil Kapuas 2

**Tabel 3.28** Timeline pembuatan mobil Kapuas 2

No	Kegiatan	Juli				Agustus				September			
		Minggu ke		Minggu ke		Minggu ke		Minggu ke		Minggu ke		Minggu ke	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengolahan Tanah												
2	Pembuatan mal body												
3	pembuatan cetakan body												
4	Pembuatan body												
5	Finishing												
6	Pembuatan sasis												
7	Pembuatan dudukan roda kendaraan												
8	Pembuatan sistem kemudi												
9	Pembuatan sistem penggereman												
10	Pembuatan rangkaian baterai												
11	Pembuatan rangkaian aksesoris												

### **3.5.2 Manajemen *Project***

*Manajemen project* digunakan untuk mempermudah peroses produksi dari pembuatan mobil Kapuas 2. Adanya *manajemen project* supaya proses produksi bisa dikontrol dan pengeraannya sesuai dengan target yang sudah ditentukan sebelumnya. Untuk jam kerja yang dibuat oleh tim UNTAN-ECT untuk proses produksi pembuatan mobil Kapuas 2 menggunakan jam standar kerja yaitu bekerja 5 hari dalam seminggu pada hari senin-jumat dan libur pada hari sabtu dan minggu, serta jam kerja mulai pukul 08.00 WIB sampai 17.00 WIB.

Setiap pagi dilakukan *briefing* membahas mengenai perkembangan proyek, target dan kendala perbidang agar pekerjaan bisa jadi lebih efektif. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3. 29** Manajemen *Project* Proses Produksi Pembuatan Body

<i>Task Name</i>	<i>Duration</i>	<i>Start</i>	<i>Finish</i>	<i>Resource Names</i>
Pembuatan <b>Body Mobil</b>	<b>46 days</b>	Tue 01/07/21	Tue 02/09/21	
Pembuatan mal/master	11 days	Mon 21/07/21	Mon 04/08/21	
Pengambilan tanah liat	3 days	Wed 16/07/21	Fri 18/07/21	Material
Perlakuan tanah liat	11 days	Mon 21/07/21	Tue 22/07/21	Material
Pembelian Triplek 6mm	4 days	Wed 23/07/21	Mon 28/07/21	Material
Pemotongan pola desain pada mal/master	2 days	Tue 29/07/21	Wed 30/07/21	Material
Penyusunan Triplek	2 days	Thu 31/07/21	Fri 01/08/21	Material

Pembentukan <i>body</i> mobil Kapuas 2 pada mal/master menggunakan tanah liat	5 days	Tue 29/07/21	Mon 04/08/21	Material
<b>Pembuatan cetakan</b>	<b>6 days</b>	<b>Fri 01/08/21</b>	<b>Fri 08/08/21</b>	
Pembelian bahan pembuatan komposit	2 days	Fri 01/08/21	Mon 04/08/21	Material
Pembuatan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2 bagian depan, samping kiri dan kanan, atas dan belakang	4 days	Fri 01/08/21	Wed 06/08/21	Material
Proses pengeringan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2	3 days	Wed 06/08/21	Fri 08/08/21	Material
Pelepasan cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2 dari mal/master	2 days	Thu 07/08/21	Fri 08/08/21	Material
Penghalusan dan perapian cetakan <i>body</i> mobil Kapuas 2	2 days	Thu 07/08/21	Fri 08/08/21	Material
<b>Pembuatan Body Mobil</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 11/08/21</b>	<b>Mon 18/08/21</b>	
Pembuatan <i>body</i> mobil	3 days	Mon 11/08/21	Wed 13/08/21	Material
Pelepasan <i>body</i> mobil	1 day	Thu 14/08/21	Thu 14/08/21	Material
Penghalusan dan perapian <i>body</i> mobil Kapuas 2	1 day	Fri 15/08/21	Fri 15/08/21	Material
Pemotongan bagian- bagian pintu kiri dan kanan, jendela, pintu bagasi, dan bagian roda	2 days	Fri 15/08/21	Mon 18/08/21	Material

Pemasangan kunci pintu dan gangga pintu	1 day	Mon 18/08/21	Mon 18/08/21	Material
Finishing	12 days	Mon 18/08/21	Tue 02/09/21	
Pengecatan awal menggunakan epoxy pada body mobil Kapuas 2	2 days	Mon 18/08/21	Tue 19/08/21	Material
Pengamplasan dan pembersihan dari hasil pengecatan epoxy	1 day	Wed 20/08/21	Wed 20/08/21	Material
Pengecatan dasar body mobil Kapuas 2	2 days	Thu 21/08/21	Fri 22/08/21	Material
Pengecatan primer body mobil Kapuas 2	2 days	Mon 25/08/21	Tue 26/08/21	Material
Penyemprotan clear coat body mobil Kapuas 2	2 days	Wed 27/08/21	Thu 28/08/21	Material
Pemasangan jendela dan spion mobil Kapuas 2	1 day	Fri 29/08/21	Fri 29/08/21	Material
Pemolesan body mobil Kapuas 2	2 days	Mon 01/09/21	Tue 02/09/21	Material
<b>Pembuatan Sasis</b>	<b>8 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Thu 10/07/21</b>	
Pembelian Bahan Pembuatan Sasis	1 day	Tue 01/07/21	Tue 01/07/21	Manufaktur
Pencetakan Gambar Teknik Sasis	1 day	Wed 02/07/21	Wed 02/07/21	Manufaktur
Pemotongan Aluminum (Bahan pembuatan sasis)	2 days	Thu 03/07/21	Fri 04/07/21	Manufaktur
Penyusunan dan penyambungan sasis	2 days	Mon 07/07/21	Tue 08/07/21	Manufaktur
Pembuatan Roll Bar	1 day	Wed 09/07/21	Wed 09/07/21	Manufaktur
Pembuatan Lantai Sasis	1 day	Thu 10/07/21	Thu 10/07/21	Manufaktur
<b>Pembuatan Roda Kendaraan Kapuas 2</b>	<b>6 days</b>	<b>Fri 11/07/21</b>	<b>Tue 18/07/21</b>	

Roda Depan	6 days	Fri 11/07/21	Mon 18/07/21	Engine; Manufaktur
Pemotongan pipa besi diameter 30 mm (untuk ball joint)	1 day	Fri 11/07/21	Fri 11/07/21	Engine; Manufaktur
pemasangan bearing 6304	1 day	Mon 14/07/21	Mon 14/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan penyambung untuk ball joint ke sasis	1 day	Tue 15/07/21	Tue 15/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan ball joint ke sasis (menggunakan Baut 14)	1 day	Wed 16/07/21	Wed 16/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan <i>shaft</i> roda depan ke ball joint	1 day	Thu 17/07/21	Thu 17/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan Roda Depan	1 day	Fri 18/07/21	Fri 18/07/21	Engine; Manufaktur
Roda Belakang	3 day	Tue 15/07/21	Tue 17/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan <i>shaft</i> roda belakang	1 day	Tue 15/07/21	Tue 15/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan <i>Shaft</i> Roda Belakang	1 day	Wed 16/07/21	Wed 16/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan Roda Belakang	1 day	Thu 17/07/21	Thu 17/07/21	Engine; Manufaktur
<b>Pembuatan Sistem Kemudi</b>	<b>11 days</b>	<b>Fri 18/07/21</b>	<b>Fri 01/08/21</b>	
Belanja komponen	7 days	Fri 18/07/21	Fri 28/07/21	Manufaktur

Pembuatan dudukan batang kemudi bagian atas & bawah	1 day	Tue 29/07/21	Tue 29/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan roda kemudi & batang penghubung	1 day	Wed 30/07/21	Wed 30/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan pillow block, batang kemudi & roda kemudi	1 day	Thu 31/07/21	Thu 31/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan spindle axle, bracket & Pemasangan tie rod	1 day	Fri 01/08/21	Fri 01/08/21	Engine; Manufaktur
<b>Pembuatan Sistem Penggereman</b>	<b>11 days</b>	<b>Fri 18/07/21</b>	<b>Fri 01/08/21</b>	
Belanja komponen	7 days	Fri 18/07/21	Mon 28/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan caliper	1 day	Tue 29/07/21	Tue 29/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan pedal rem & master rem serta pemasangan	1 day	Wed 30/07/21	Wed 30/07/21	Engine; Manufaktur
Pembuatan dudukan tabung minyak rem & selang minyak rem	1 day	Thu 31/07/21	Thu 31/07/21	Engine; Manufaktur
Pemasangan caliper	1 day	Fri 01/08/21	Fri 01/08/21	Engine; Manufaktur
<b>Pembuatan Rangkaian Baterai</b>	<b>24 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Fri 01/08/21</b>	
Pemesanan Rangkaian Komponen Baterai	5 days	Tue 01/07/21	Mon 07/07/21	Electrical and control
Perakitan Rangkaian Baterai	1 day	Tue 08/07/21	Tue 08/07/21	Electrical and control
Pembuatan Box Baterai ke Sasis	1 day	Wed 09/07/21	Wed 09/07/21	Electrical and control

<b>Pembuatan Rangkaian Aksesoris dan kelistrikan</b>	<b>50 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Mon 08/09/21</b>	
Pemesanan Komponen Sistem Aksesoris	5 days	Tue 01/07/21	Mon 07/07/21	Electrical and control
Pemasangan Saklar-saklar	1 day	Tue 08/07/21	Tue 08/07/21	Electrical and control
Pemasangan Buck Converter dan Kapasitor	1 day	Wed 09/07/21	Wed 09/07/21	Electrical and control
Pemasangan Horn dan lampu indicator	1 day	Thu 10/07/21	Thu 10/07/21	Electrical and control
Pemasangan Lampu-lampu aksesoris	1 day	Fri 11/07/21	Fri 11/07/21	Electrical and control
Pembuatan dudukan Lengan Wiper	1 day	Mon 14/07/21	Mon 14/07/21	Electrical and control
Pemasangan Wiper Motor	1 day	Tue 15/07/21	Tue 15/07/21	Electrical and control
<b>Pembuatan Rangkaian Kontroller Motor</b>	<b>61 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Tue 23/09/21</b>	
Pemesanan PCB di Pabrik PCB	15 days	Tue 01/07/21	Mon 21/07/21	Electrical and control
Penyolderan dan pengecekan rangkaian supply daya microcontroller	1 day	Tue 22/07/21	Tue 22/07/21	Electrical and control
Penyolderan dan pengecekan rangkaian minimum system microcontroller	1 day	Wed 23/07/21	Wed 23/07/21	Electrical and control
Penyolderan dan Pengujian Digital Input Arah	1 day	Thu 24/07/21	Thu 24/07/21	Electrical and control
Penyolderan dan Pengujian Throttle Analog Input	1 day	Fri 25/07/21	Fri 25/07/21	Electrical and control
Penyolderan dan Pengujian Digital Input Hall Effect Sensor	1 day	Mon 28/07/21	Mon 28/07/21	Electrical and control

Pengujian dan Penyolderan Digital Output Driver Mosfet	1 day	Tue 29/07/21	Tue 29/07/21	Electrical and control
Pengujian dan Penyolderan Digital Output Mosfet	1 day	Wed 30/07/21	Wed 30/07/21	Electrical and control
Pembuatan Kode Program Controller Motor BLDC	4 days	Thu 31/07/21	Tue 05/08/21	Electrical and control
Pengujian Sequencial Logic pada Controller	1 day	Wed 06/08/21	Wed 06/08/21	Electrical and control
Pengujian Controller pada Motor Tanpa Beban	1 day	Thu 07/08/21	Thu 07/08/21	Electrical and control
Pengujian Controller pada Motor dengan Beban	1 day	Fri 08/08/21	Fri 08/08/21	Electrical and control
Analisa dan Troubleshooting	4 days	Mon 11/08/21	Thu 14/08/21	Electrical and control
Mencatat Semua Kegagalan	1 day	Fri 15/08/21	Fri 15/08/21	Electrical and control
Pembuatan Ulang Controller Motor BLDC	23 days	Mon 18/08/21	Wed 17/09/21	Electrical and control
Pembuatan Box Controller Motor BLDC	2 days	Thu 18/09/21	Fri 19/09/21	Electrical and control
Pemasangan Controller ke Mobil dan Pengujian	2 days	Mon 22/09/21	Tue 23/09/21	Electrical and control
<b>Pembuatan Sistem Transmisi Motor</b>	<b>32 days</b>	<b>Tue 01/07/21</b>	<b>Wed 13/08/21</b>	
Pemesanan Komponen Transmisi Motor	6 days	Tue 01/07/21	Tue 08/07/21	Electrical and control;Engine
Membuat dudukan motor listrik	1 day	Mon 04/08/21	Mon 04/08/21	Electrical and control;Engine
Membuat dudukan gigi motor	1 day	Tue 05/08/21	Tue 05/08/21	Electrical and control;Engine

Memasang Sistem Transmisi Ke mobil	1 day	Wed 06/08/21	Wed 06/08/21	Electrical and control;Engine
Menguji Menggunakan Controller Pabrikan	1 day	Thu 07/08/21	Thu 07/08/21	Electrical and control;Engine
Troubleshooting Sistem Transmisi	4 days	Fri 08/08/21	Wed 13/08/21	Electrical and control;Engine
<b>Pemasangan Sistem keamanan pada kendaraan Kapuas 2</b>	<b>2 days</b>	<b>Tue 23/09/21</b>	<b>Wed 24/09/21</b>	
Pemasangan Alat Pemadam Api 1kg	1 day	Tue 23/09/21	Tue 23/09/21	Manufaktur
Pemasangan Sabuk Pengaman Sparco	1 day	Tue 23/09/21	Tue 23/09/21	Manufaktur
Pemasangan <i>Emergency Push Button</i>	1 day	Wed 24/09/21	Wed 24/09/21	Electrical and Control

### 3.5.3 Total Anggaran Biaya Pembuatan Mobil Kapuas 2

Total anggaran yang dibutuhkan tim UNTAN-ECT untuk proses produksi pembuatan mobil Kapuas 2 adalah sebesar **Rp. 54.720.000,00** (Lima puluh empat juta tujuh ratus dua puluh ribu rupiah). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.30** Total Anggaran Pembuatan Mobil Kapuas 2

No	Nama Subsistem	Jumlah Anggaran
1	Sistem Transmisi dan Motor Listrik	Rp2.455.000
2	2 Rangkaian Baterai Mobil	Rp14.437.000
3	Modular Driver Motor BLDC	Rp677.650
4	Modular Kontroller Motor BLDC	Rp2.081.850
5	Sistem Aksesoris	Rp2.266.500
6	Sistem Kelistrikan	Rp1.157.000
7	Peralatan Keamanan Mobil	Rp1.634.000
8	Pembuatan Sasis	Rp4.110.000
9	Sistem Pengereman	Rp5.686.000
10	Sistem Kemudi	Rp720.000

11	Roda Mobil	Rp3.714.000
12	Mal/Master <i>Body</i> Mobil	Rp1.665.000
13	Cetakan <i>Body</i> Mobil	Rp3.602.500
14	Pembuatan <i>Body</i> Mobil	Rp13.527.500
15	<i>Finishing Body</i> Mobil	Rp2.575.000
16	Ongkos Pengiriman Domestik roda gigi	Rp674.000
<b>Total Keseluruhan Anggaran</b>		<b>Rp54.720.000</b>

**Tabel 3.31 Rincian Anggaran Pembuatan Mobil Kapuas 2**

Nama Barang	@	Satuan	Harga	Jumlah
<b>Sistem Transmisi dan Motor Listrik</b>				
motor listrik BLDC	1	pcs	Rp1.750.000	Rp1.750.000
Sprocket depan 35T	1	pcs	Rp100.000	Rp100.000
Sprocket belakang 70T	1	pcs	Rp250.000	Rp250.000
Rantai	1	set	Rp80.000	Rp80.000
shaft/as	1	pcs	Rp25.000	Rp25.000
bearing VCFL 204	2	pcs	Rp105.000	Rp210.000
Bosh	2	pcs	Rp20.000	Rp40.000
<b>Total Anggaran Sistem Transmisi dan Motor Listrik</b>				<b>Rp2.455.000</b>
<b>Rangkaian Satu Baterai Mobil (+1 cadangan)</b>				
Baterai lithium ion 18650	91	pcs	Rp70.000	Rp6.370.000
Holder Baterai 18650	182	pcs	Rp1.000	Rp182.000
Plat Nikel lebar 7 cm x tebal 0,12cm	650	cm	Rp150	Rp97.500
Heat Shrink PVC 210cm x 2m	1	pcs	Rp90.000	Rp90.000
Connector XT-60	2	pasang	Rp8.000	Rp16.000
Battery Management System 35A	1	pcs	Rp463.000	Rp463.000
<b>Total Anggaran Pembuatan 2 Rangkaian Baterai Mobil</b>				<b>Rp14.437.000</b>
<b>Aksesoris</b>				
Klakson	1	pcs	Rp70.000	Rp70.000
Kapasitor Audio 8200 uF 50V	1	pcs	Rp60.000	Rp60.000
Led Strip Putih (Lampu Utama)	1	m	Rp8.000	Rp8.000
Led Strip Oren (Lampu Sein)	2	m	Rp8.000	Rp16.000
Led Strip Merah (Lampu Rem dan Belakang)	2	m	Rp8.000	Rp16.000

Lampu Indikator	1	pcs	Rp6.500	Rp6.500
Buck Converter 48 to 12V 10A	1	pcs	Rp120.000	Rp120.000
Saklar Kunci Elektrik	1	pcs	Rp18.000	Rp18.000
Tombol Hazard	1	pcs	Rp20.000	Rp20.000
Saklar lampu sein	1	pcs	Rp20.000	Rp20.000
Saklar Maju Mundur dan Wiper	1	pcs	Rp75.000	Rp75.000
Saklar Lampu Utama	1	pcs	Rp25.000	Rp25.000
Flasher	1	pcs	Rp10.000	Rp10.000
Wiper Motor Bekas	1	pcs	Rp140.000	Rp140.000
Wiper Link	1	pcs	Rp112.000	Rp112.000
Wiper Arm + Wiper Blade	1	set	Rp300.000	Rp300.000
Kursi Racing Sparco	1	pcs	Rp1.250.000	Rp1.250.000
<b>Total Anggaran Aksesoris</b>				<b>Rp2.266.500</b>
<b>Sistem Kelistrikan</b>				
Charger 48V 20Ah	1	pcs	Rp128.000	Rp128.000
Kapasitor 10000 uF 75V	1	pcs	Rp150.000	Rp150.000
Socket Kabel Kit (Jenis Bervariasi)	1	set	Rp120.000	Rp120.000
Fuse Blade Kit (Nilai Bervariasi)	1	set	Rp86.000	Rp86.000
Socket Fuse Blade	3	pcs	Rp3.000	Rp9.000
Bus Bar Nol Set	1	pcs	Rp30.000	Rp30.000
Isolator Keramik	4	pcs	Rp4.500	Rp18.000
Isolasi Kabel	1	pcs	Rp8.000	Rp8.000
Timah Solder 10m 0,8mm	1	pcs	Rp15.000	Rp15.000
Kabel NYAF 0,75 mm	56	m	Rp8.000	Rp448.000
Kabel NYAF 2,5 mm	16	m	Rp2.000	Rp32.000
Terminal Kabel	1	pcs	Rp8.000	Rp8.000
Terminal Block 5 pin Keramik	1	pcs	Rp30.000	Rp30.000
Kabel Wrapping Spiral KS-10	1	pcs	Rp75.000	Rp75.000
<b>Total Anggaran Sistem Kelistrikan</b>				<b>Rp1.157.000</b>
<b>Peralatan Keamanan Mobil</b>				
Alat Pemadam Api 1kg	1	pcs	Rp780.000	Rp780.000
Sabuk Pengaman Sparco	1	pcs	Rp800.000	Rp800.000
Emergency Push Button	2	pcs	Rp27.000	Rp54.000
<b>Total Anggaran Peralatan Keamanan Mobil</b>				<b>Rp1.634.000</b>

Material Pembuatan Sasis				
Plat Aluminium (100x200, 2 mm)	1	pcs	Rp595.000	Rp595.000
Tang Rivet Sellery	1	pcs	Rp85.000	Rp85.000
Aluminium Hollow (1” x 3” Black)	3	pcs	Rp205.000	Rp615.000
Paku Rivet (649)	2	pcs	Rp105.000	Rp210.000
Mata Bor (5mm)	2	pcs	Rp6.000	Rp12.000
Bearing (VCFL)	4	pcs	Rp105.000	Rp420.000
Plat Besi	15	kg	Rp9.000	Rp135.000
Plat Siku	5	kg	Rp8.000	Rp40.000
Pipa Besi	5	kg	Rp8.000	Rp40.000
Baja Karbon (d= ¾” x 3m)	10	kg	Rp30.000	Rp300.000
Mata Bor Bosch (10mm)	1	pcs	Rp65.000	Rp65.000
Mata Potong Besi	2	pcs	Rp75.000	Rp150.000
Baut (M10 x 120)	12	set	Rp5.000	Rp60.000
Ring baut 10	4	pcs	Rp2.000	Rp8.000
Baut 14	4	pcs	Rp3.000	Rp12.000
Cincin Baut	4	pcs	Rp2.000	Rp8.000
Baut (M8 x 30)	4	pcs	Rp1.000	Rp4.000
Ring Baut	2	pcs	Rp2.000	Rp4.000
Kawat Las (RD-260)	2	pcs	Rp40.000	Rp80.000
Baut (M8 x 2)	6	pcs	Rp2.000	Rp12.000
Pipa Besi 3/4 inch (2 meter)	2	pcs	Rp40.000	Rp80.000
Amplas	6	pcs	Rp5.000	Rp30.000
Baut (8 x 50)	20	pcs	Rp2.000	Rp40.000
Mata Bor (8 mm)	2	pcs	Rp14.000	Rp28.000
Cincin baut (8 mm)	1	pcs	Rp2.000	Rp2.000
Cable Ties	1	pcs	Rp25.000	Rp25.000
Shaft Roda motor	6	pcs	Rp25.000	Rp150.000
Plat Aluminium (100 x 200 : 1 mm)	2	pcs	Rp450.000	Rp900.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sasis</b>				<b>Rp4.110.000</b>
Material Pembuatan Sistem Pengereman				
Baut Selang Cakram	6	pcs	Rp8.000	Rp48.000
Kaliper Cakram (Asli)	6	pcs	Rp600.000	Rp3.600.000
Piringan Cakram	4	pcs	Rp65.000	Rp260.000

Baut Piringan	15	pcs	Rp2.000	Rp30.000
Selang Rem	10	pcs	Rp35.000	Rp350.000
Paralel Master rem	2	pcs	Rp324.000	Rp648.000
Tabung Minyak Rem	2	pcs	Rp25.000	Rp50.000
Selang Rem (1 Meter)	1	pcs	Rp25.000	Rp25.000
Minyak Rem (1 liter)	1	pcs	Rp75.000	Rp75.000
Master rem motor (ST100 BM Assy)	3	pcs	Rp200.000	Rp600.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sistem Pengereman</b>				<b>Rp5.686.000</b>
<b>Material Pembuatan Sistem Kemudi</b>				
Setir mobil (13 inchi)	1	pcs	Rp250.000	Rp250.000
Baut 10	4	pcs	Rp5.000	Rp20.000
Besi Batangan (d = 20 mm)	1	m	Rp40.000	Rp40.000
Besi batangan (d= 10 mm)	2	m	Rp15.000	Rp30.000
Tie Rod (10 x 10)	4	pcs	Rp65.000	Rp260.000
Bearing UCP (204)	2	pcs	Rp60.000	Rp120.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Sistem Kemudi</b>				<b>Rp720.000</b>
<b>Roda Mobil</b>				
Velg Hitam Aluminium (17 inchi)	2	set	Rp348.000	Rp696.000
Tromol Crome	4	pcs	Rp165.000	Rp660.000
Jari-jari velg	4	set	Rp125.000	Rp500.000
Ban Luar	4	pcs	Rp197.000	Rp788.000
Bearing Tromol	4	set	Rp35.000	Rp140.000
Bosh Tromol	10	set	Rp20.000	Rp200.000
As Tengah	6	pcs	Rp45.000	Rp270.000
Bearing UCFL (6304)	4	pcs	Rp20.000	Rp80.000
Ban Dalam FDR	4	pcs	Rp45.000	Rp180.000
Baut 14	20	pcs	Rp5.000	Rp100.000
Mata Bubut	1	pcs	Rp50.000	Rp50.000
Hole Saw (19 mm)	1	pcs	Rp50.000	Rp50.000
<b>Total Anggaran Pembuatan Roda Mobil</b>				<b>Rp3.714.000</b>
<b>Pembuatan mal/master body mobil Kapuas 2</b>				
Triplek 9 mm	6	lembar	Rp130.000	Rp.810.000
Triplek 6 mm	3	lembar	Rp95.000	Rp.285.000
Banner desain mal/master	1	lembar	Rp450.000	Rp450.000

Sekrup	1	Kotak	Rp70.000	Rp70.000
Gunting	1	Buah	Rp20.000	Rp20.000
Mata Jigsaw	2	Pcs	Rp15.000	Rp30.000
<b>Total anggaran pembuatan mal/master body mobil</b>				<b>Rp1.665.000</b>
<b>Pembuatan cetakan body mobil Kapuas 2</b>				
Resin polyester yukalac 157 BQTN Merah	36	Liter	Rp45.000	Rp1.620.000
Katalis	2	Kg	Rp100.000	Rp200.000
Aerosil	2	Kg	Rp180.000	Rp360.000
<i>Pigment</i> warna putih	4	Pcs	Rp20.000	Rp80.000
<i>Fiber glass</i>	7	Kg	Rp40.000	Rp280.000
<i>Mirror glaze</i>	2	kaleng	Rp150.000	Rp300.000
Baut dan ring 12mm	35	Pcs	Rp1.500	Rp52.500
Kertas karton	4	lembar	Rp10.000	Rp40.000
<i>Tinner ND 5 ltr</i>	2	Klg	Rp100.000	Rp200.000
Amplas 360	15	m	Rp10.000	Rp150.000
Amplas 1200	10	lembar	Rp5.000	Rp50.000
Amplas tempel	10	lembar	Rp2.000	Rp20.000
Dempul expolac 3 kg	1	kaleng	Rp125.000	Rp125.000
Mata bor 12mm	1	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
Kuas 2"	5	Pcs	Rp9.000	Rp45.000
Sarung tangan	1	Set	Rp40.000	Rp40.000
<b>Total anggaran pembuatan cetakan body mobil</b>				<b>Rp3.602.500</b>
<b>Pembuatan body mobil Kapuas 2</b>				
Resin polyester yukalac 157 BQTN Bening	25	L	Rp60.000	Rp1.500.000
Katalis	2	Kg	Rp100.000	Rp200.000
Aerosil	2	Kg	Rp180.000	Rp360.000
<i>Carbon fibers</i>	20	m^3	Rp250.000	Rp10.000.000
<i>Mirror glaze</i>	1	Kaleng	Rp150.000	Rp150.000
<i>Thinner ND 5 liter</i>	2	Kaleng	Rp100.000	Rp200.000
Dempul Explolac 3 kg	1	Kaleng	Rp125.000	Rp125.000
Engsel 3"	3	Pcs	Rp28.000	Rp84.000
Amplas 360	15	M	Rp10.000	Rp150.000
Amplas 1200	10	Pcs	Rp5.000	Rp50.000

Amplas temple	10	Pcs	Rp2.000	Rp20.000
<i>Double tip spoir</i>	5	Pcs	Rp10.000	Rp50.000
Lakban hitam	5	Pcs	Rp10.000	Rp50.000
Kunci pintu	2	Pcs	Rp30.000	Rp60.000
<i>Clip bumper</i>	1	Pcs	Rp50.000	Rp50.000
<i>Towing Hook</i>	2	Pcs	Rp35.000	Rp70.000
Penarik pintu	3	Pcs	Rp25.000	Rp75.000
Baut dan ring 12 mm	24	Pcs	Rp1.500	Rp36.000
Baut dan ring 10 mm	20	Pcs	Rp1.000	Rp20.000
Baut dan ring 14 mm	6	Pcs	Rp5.000	Rp30.000
Mata bor 12mm	1	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
Mata bor 10mm	1	Pcs	Rp30.000	Rp30.000
Kuas 2"	5	Pcs	Rp9.000	Rp45.000
Sarung tangan	1	Set	Rp40.000	Rp40.000
Mata gerinda	1	Ktk	Rp55.000	Rp55.000
Mata asah	3	Pcs	Rp12.500	Rp37.500
<b>Total anggaran pembuatan body mobil Kapuas 2</b>				<b>Rp13.527.500</b>
<b><i>finishing body mobil</i></b>				
Danagloss <i>Uniclear</i> 1 kg	2	kaleng	Rp130.000	Rp260.000
Cat dasar epoxy 1 kg + hardener	3	kaleng	Rp75.000	Rp225.000
<i>Thinner ND 3 kg</i>	2	kaleng	Rp110.000	Rp220.000
Penta 4455 D 1 kg+ hardener	3	kaleng	Rp20.000	Rp60.000
Amplas 1200	10	lembar	Rp5.000	Rp50.000
Amplas temple	10	lembar	Rp2.000	Rp20.000
<i>Spray Gun</i>	1	Pcs	Rp125.000	Rp125.000
Polikarbonat 3 mm	3	M	Rp500.000	Rp1.500.000
Kaca spion	1	Set	Rp75.000	Rp75.000
<i>Air filter spray gun</i>	2	Pcs	Rp40.000	Rp40.000
<b>Total anggaran <i>finishing body</i></b>				<b>Rp2.575.000</b>
<b>Nama Barang</b>	<b>@</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga</b>	<b>Jumlah</b>
<b>Modular Driver Motor BLDC</b>				
Pencetakan PCB 4 Layer	1	set	Rp280.000	Rp280.000
Resistor 10 ohm 2512	12	pcs	Rp200	Rp2.400
Kapasitor 1nF	6	pcs	Rp100	Rp600

Kapasitor 2.2uF	3	pcs	Rp150	Rp450
Kabel JST 6 pin	1	pcs	Rp4.000	Rp4.000
JST-XH Header Female 6 pin	1	set	Rp500	Rp500
Dioda SMBJ14A-13-F	6	pcs	Rp8.000	Rp48.000
Resistor 10k ohm 2512	6	pcs	Rp200	Rp1.200
0.1UF-0603-100V-10%	3	pcs	Rp500	Rp1.500
Dioda DFLS1100-7	12	pcs	Rp8.000	Rp96.000
Transistor CSD19535KCS	6	pcs	Rp25.000	Rp150.000
Konektor PCB 220S-1*6P H=8.5MM	1	pcs	Rp6.000	Rp6.000
Kapasitor 0.1UF-0603-25V-5%	6	pcs	Rp500	Rp3.000
Konektor PCB WJ15EDGRM-3.81- 8P	1	pcs	Rp12.000	Rp12.000
Driver Transistor UCC27201AD	3	pcs	Rp24.000	Rp72.000
<b>Total Anggaran Modular Driver Motor BLDC</b>				<b>Rp677.650</b>
<b>Modular Kontroller Motor BLDC</b>				
PCB 4 Layer 225cm^2 + smd stensil	1	set	Rp460.000	Rp460.000
Resistor nilai variasi 2512	33	pcs	Rp500	Rp16.500
Induktor 7443640470, 4.7uF, Isat: 78A	1	pcs	Rp170.000	Rp170.000
Dioda 1N4001	1	pcs	Rp300	Rp300
Dioda LBAT54BST5G	6	pcs	Rp600	Rp3.600
5MM GREEN LED	1	pcs	Rp200	Rp200
Kapasitor Berbagai Ukuran	1	set	Rp21.050	Rp21.050
FTDI_BASIC	1	pcs	Rp30.000	Rp30.000
4Pin PCB Sprint Terminal Block Pitch 5mm	1	pcs	Rp1.500	Rp1.500
2Pin PCB Sprint Terminal Block Pitch 5mm	1	pcs	Rp1.000	Rp1.000
Konektor 220S-1*6P H=8.5MM	1	pcs	Rp6.000	Rp6.000
Konektor WJ15EDGRM-3.81-8P	1	pcs	Rp12.000	Rp12.000
Transistor CSD19536KTT	2	pcs	Rp106.000	Rp212.000
AMS1117_C400139	1	pcs	Rp500	Rp500
Isolated Buck Converter B1205S- 2W	3	pcs	Rp75.000	Rp225.000
LM2596 Buck_Converter Module	1	pcs	Rp10.000	Rp10.000
IC LM7805CT	1	pcs	Rp3.200	Rp3.200

IC OP-AMP OPA237NA/250	1	pcs	Rp28.000	Rp28.000
IC LM5060Q1MMX/NOPB	1	pcs	Rp63.000	Rp63.000
IC isolated digital ADUM1200CRZ	3	pcs	Rp23.000	Rp69.000
IC OP-AMP INA240A2PWR	1	pcs	Rp50.000	Rp50.000
IC 74HC14S14-13	1	pcs	Rp3.000	Rp3.000
IC isolated analog ACPL-C87A-500E	2	pcs	Rp120.000	Rp240.000
D41814 DC Isolated Mosfet Module	1	pcs	Rp15.000	Rp15.000
DC Fan 12V	1	pcs	Rp20.000	Rp20.000
MICRO SD MODULE	1	pcs	Rp15.000	Rp15.000
Min-System STM32 Blue Pill	1	pcs	Rp40.000	Rp40.000
NODEMCU V3 Lolin	1	pcs	Rp40.000	Rp40.000
LCD OLED 0.96 I2C MODULE	1	pcs	Rp42.000	Rp42.000
Shunt Resistor	1	pcs	Rp34.000	Rp34.000
Pedal Elektrik	1	pcs	Rp250.000	Rp250.000
<b>Total Anggaran Modular Kontroller Motor BLDC</b>				<b>Rp2.081.850</b>

## BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dari tim UNTAN-ECT dengan tujuan merancang konsep kendaraan hemat energi pada kategori *urban concept*. Konsep desain untuk memaksimalkan masalah tingkat aerodnamis *body*, membuat sasis yang ringan, mengurangi gaya gesekan roda diperhitungkan dengan baik oleh tim UNTAN-ECT untuk merancang kendaraan Kapuas 2. Kendaraan Kapuas 2 dirancang dengan konsep *urban* yang dapat digunakan di perkotaan seperti mobil pada umumnya serta memiliki aerodinamika *body* yang baik, serta menggunakan motor listrik sebagai penggerak.

Bentuk *body* mobil Kapuas 2 memiliki nilai rata-rata *coefficient drag* (Cd) 0,41. Serta material yang digunakan untuk pembuatan *body* mobil Kapuas 2 adalah komposit dengan serat penguat menggunakan carbon fiber yang memiliki kelebihan ringan dan kuat. Total berat *body* yang dirancang adalah sebesar 26,12 kg.

Pembuatan sasis pada mobil Kapuas 2 menggunakan bahan aluminium *hollow* dengan ukuran 3 x 1 inchi. Hal ini akan membuat berat sasis menjadi lebih ringan, untuk proses penyambungan pada sasis menggunakan *rivet joint*. Setelah diuji dengan menggunakan *Finite Element Method* sasis mobil Kapuas 2 mampu menahan beban dari *body* kendaraan, beban bagasi, motor listrik, baterai, kursi, dan termasuk beban pengemudi. Analisa ini menunjukkan bahwa hasil dari pengujian, sasis tersebut dapat menahan beban 2 kali lebih besar dari berat yang diuji. Berdasarkan hasil analisa diatas yang dilakukan menggunakan *software autodesk fusion 360* bahwa sasis kendaraan Kapuas 2 mampu menopang beban yang telah dirancang oleh tim UNTAN-ECT sesuai regulasi KMHE 2021. Untuk massa total kendaraan Kapuas 2 adalah sebesar 184,8 kg.

Sistem kemudi yang dirancang tim UNTAN-ECT menggunakan sistem kemudi manual dengan model *gokart steering system*. Sudut perancangan kemudi sebesar  $21,5^0$  dengan radius belok 6 meter. Sistem penggereman menggunakan sistem hidrolik dengan 2 master rem dalam satu pedal. Sehingga mempunyai daya penggereman yang lebuh kuat. Motor yang digunakan merupakan motor BLDC hub serta transmisi yang digunakan berupa rantai dan sprocket yang memiliki rasio roda gigi sebesar 1 : 2.

Kendaraan Kapuas 2 memiliki kecepatan maksimal sebesar 29km/jam, dengan kemampuan percepatan bisa mencapai kecepatan maksimal dari kondisi diam dalam jangka waktu 7 detik

Sumber energi yang dirancang merupakan rangkaian baterai lithium-ion yang terproteksi oleh module *battery management system* dengan total energi yang bisa disimpan adalah 1008 Wh. Performa mobil mampu menempuh 34,2km tiap satu kWh energi yang terpakai.

#### **4.2 Saran**

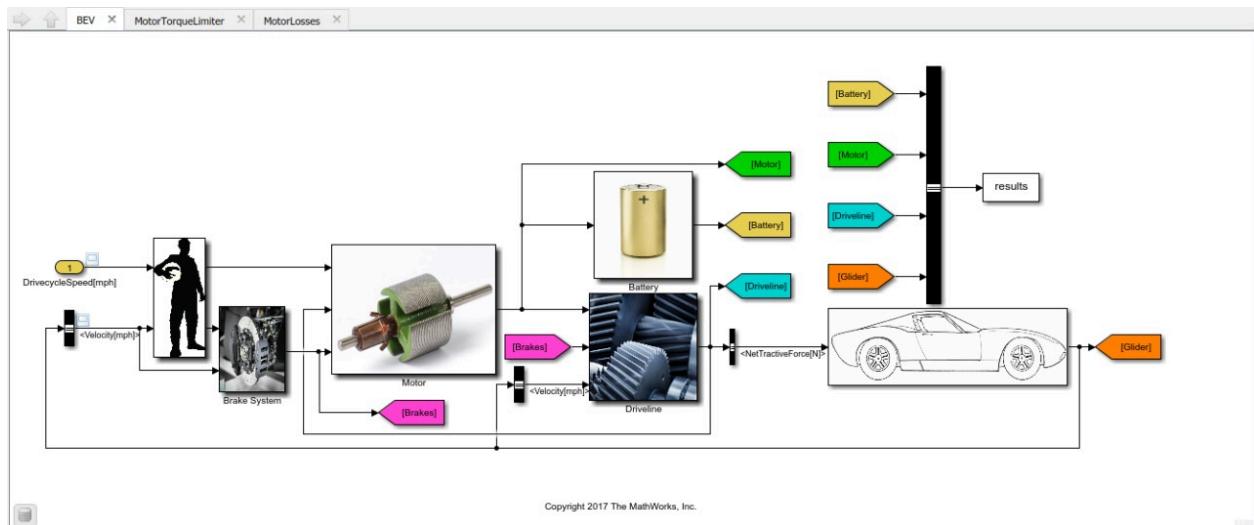
Kendaraan Kapuas 2 dari Universitas Tanjungpura masih perlu pengembangan dalam setiap komponennya. Misalnya mencari frame yang lebih ringan, *body* dengan aerodinamika yang lebih baik, motor lebih efisien, sistem kendali yang lebih stabil, sistem transmisi yang lebih baik. Pada tahap pengembangan selanjutnya akan dipikirkan dan didesain sistem transmisi yang efisiensinya lebih baik, pengubahan rasio roda gigi, serta desain mobil yang lebih aerodinamis yang memiliki nilai *drag* yang lebih rendah, serta peletakan layout barang dalam mobil dibuat ulang dengan lebih baik untuk distribusi beban ke tiap roda lebih merata.

Tim UNTAN-ECT diharapkan melakukan pengujian tiap subsistem dalam mobil, mendokumentasikannya dan membandingkannya dengan hasil perhitungan ataupun simulasi agar perkembangan tim dapat berkelanjutan. Perencanaan jangka panjang tidak hanya mempertimbangkan efisiensi energi namun juga efisiensi penggunaan dana dengan mempertimbangkan pemangkasan ongkos kirim domestik dan mempertimbangkan pembelian fasilitas peralatan yang bisa dipakai dalam jangka waktu lama.

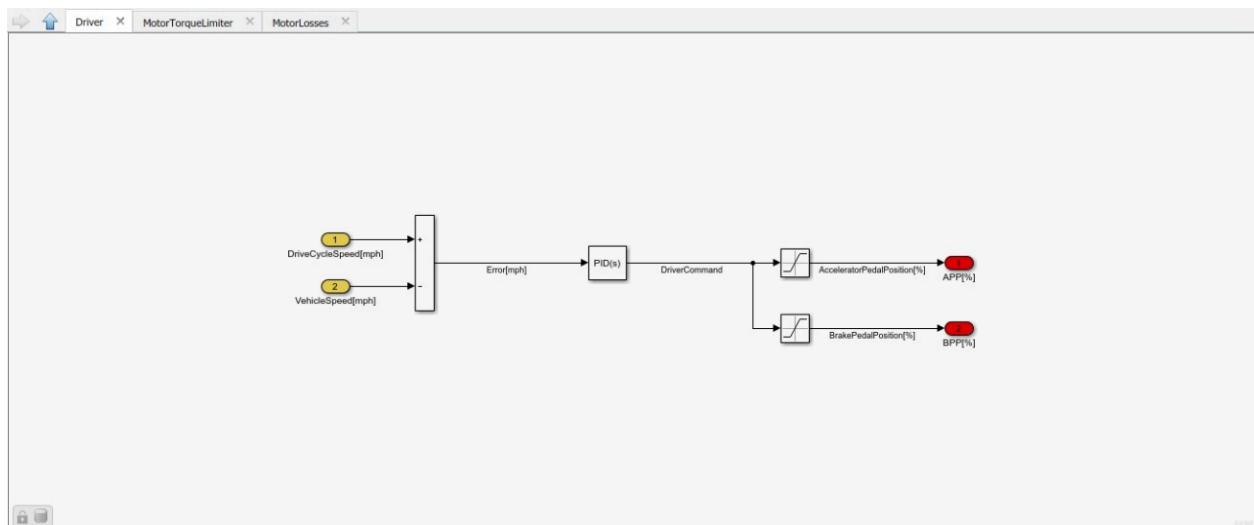
## DAFTAR PUSTAKA

- Chauhan, S. (2015). Motor Torque Calculations for Electric Vehicle. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 4, ISSUE 08*, 126-127.
- Hahn, C. (2020, 10 15). *Videos and Webinars*. Retrieved from mathworks: <https://www.mathworks.com/videos/matlab-and-simulink-racing-lounge-vehicle-modeling-part-1-simulink-1502466996305.html>.
- Indah Susanti, R. C. (2019). ANALISA PENENTUAN KAPASITAS BATERAI DAN PENGISIANNYA PADA MOBIL LISTRIK. *ELEKTRA*, Vol.4, No.2, 29-37.
- Jati S.A. 2020. Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Perlakuan Alkali (NaOH). Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Mesin. Universitas Tanjungpura: Pontianak.
- Jones, R. M., 1975. *Mechanis of Composite Materials*. Hemisphere Publishing Co. New York.
- Nensy Is Suendri, S. H. (2018). ANALISIS PERFORMA BRUSHLESS MOTOR DC PADA MOBIL LISTRIK MOLISTA. *Jurnal Elektrikal*, Volume 5 No. 1, 18-26.
- PRASETYO, B. W. (2020). ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODY MOBIL HEMAT ENERGI LINTANG. *Momentum*, Vol. 16, No. 1., 80-86.
- Saputra, A., dkk,. 2019. Rancang Bangun Body Mobil Listrik Urban Concept Berbahan Fibercarbon. RIDTEM (Riset Diploma Teknik Mesin). Vol.2, No.1
- Instrument, Texas. (2020, 10 18). Texas. Retrieved from datasheetpdf.com <https://datasheetspdf.com/pdf/1320555/REICU/B1205S-2W/1>

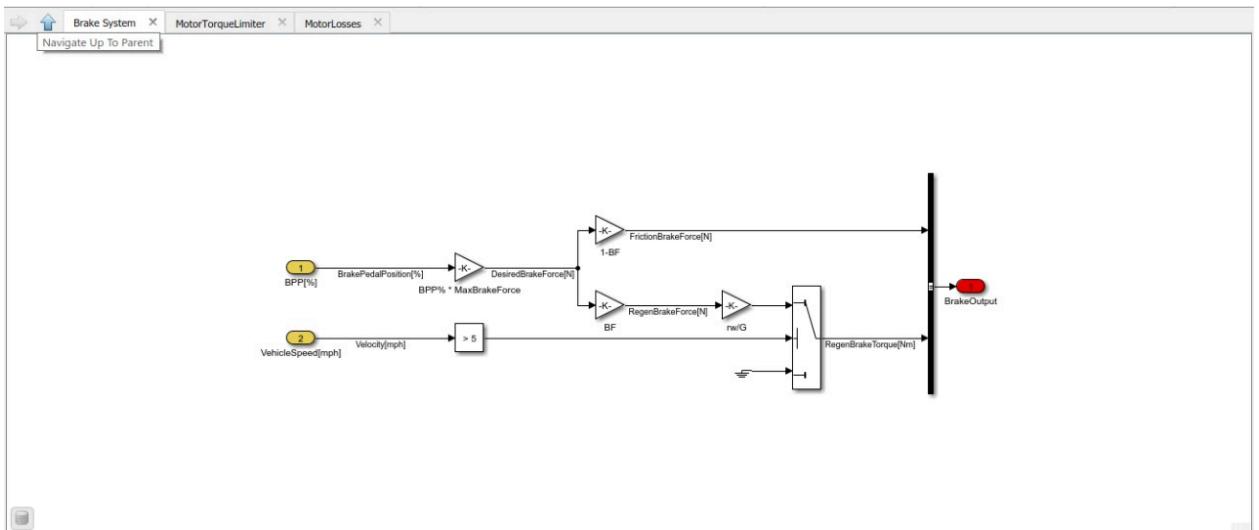
## LAMPIRAN



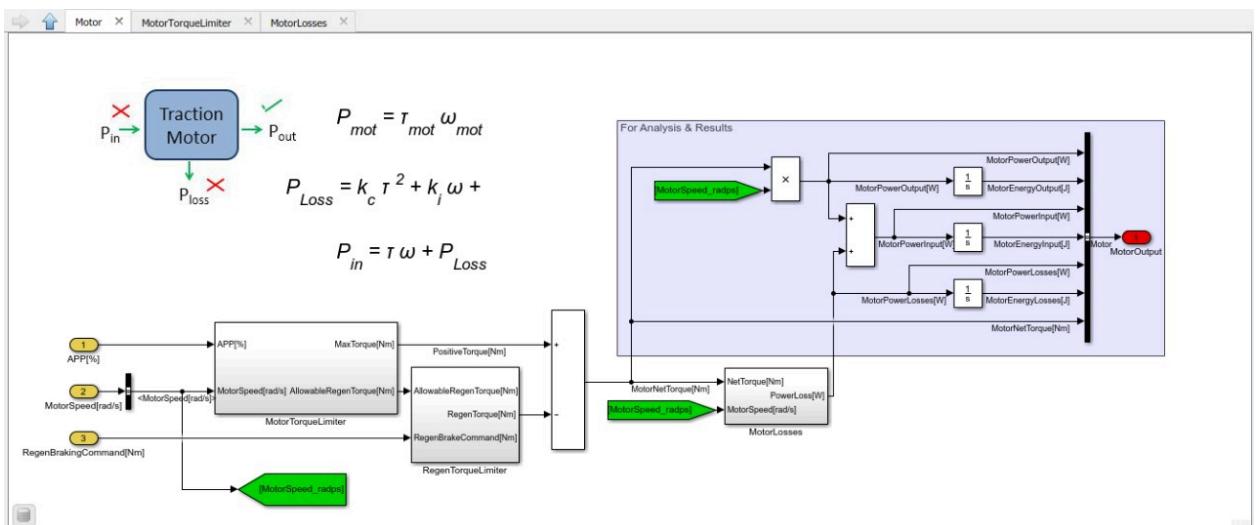
Gambar 4.1 Diagram blok Simulink Battery Electric Vehicle



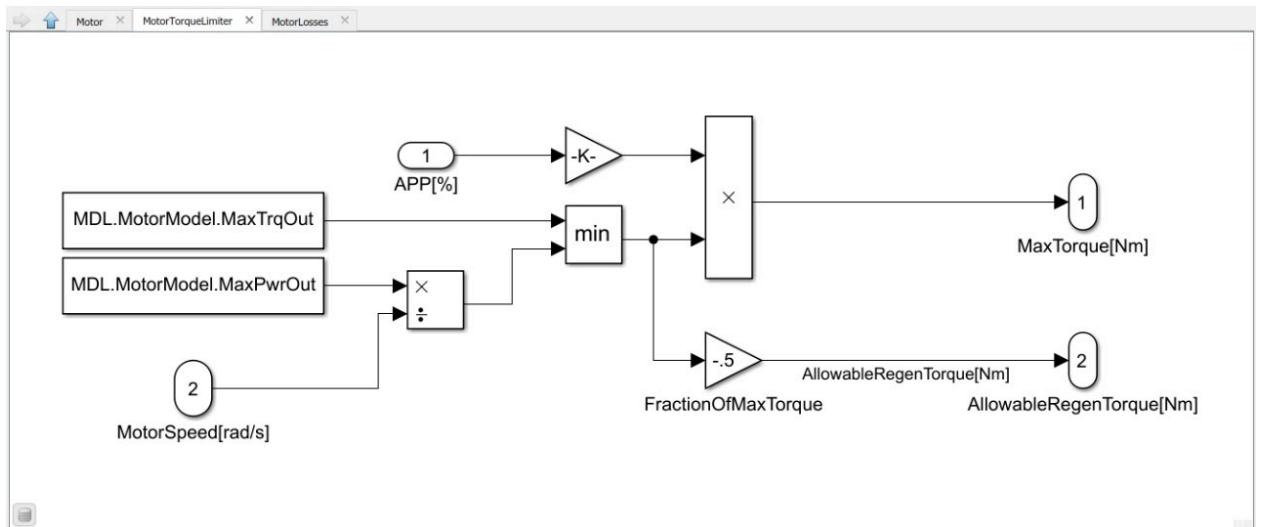
Gambar 4.2 Diagram blok Simulink Driver



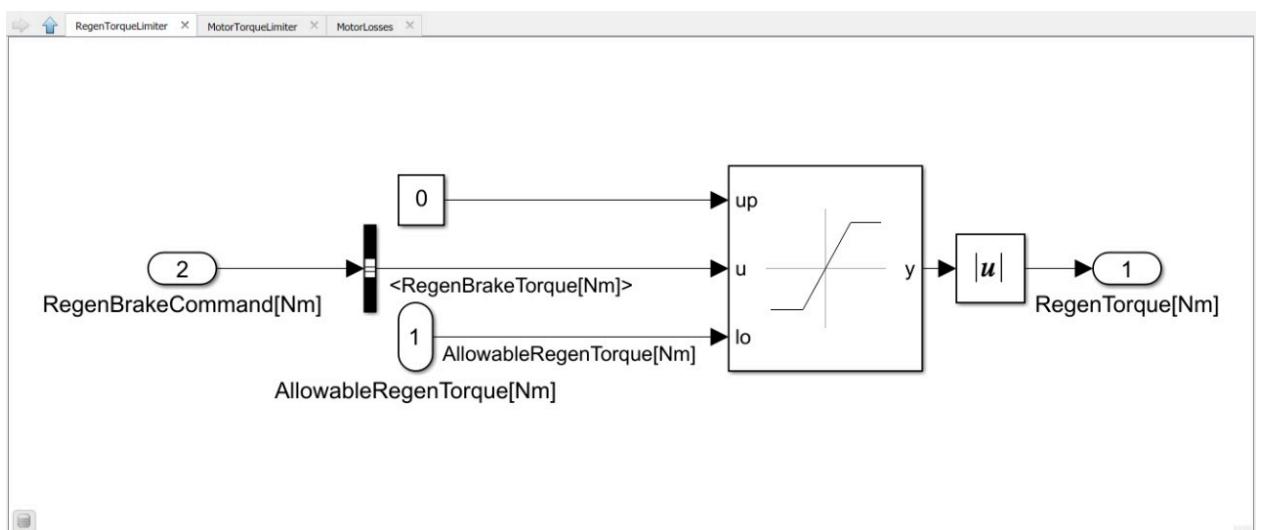
**Gambar 4.3 Diagram blok Simulink Brake System**



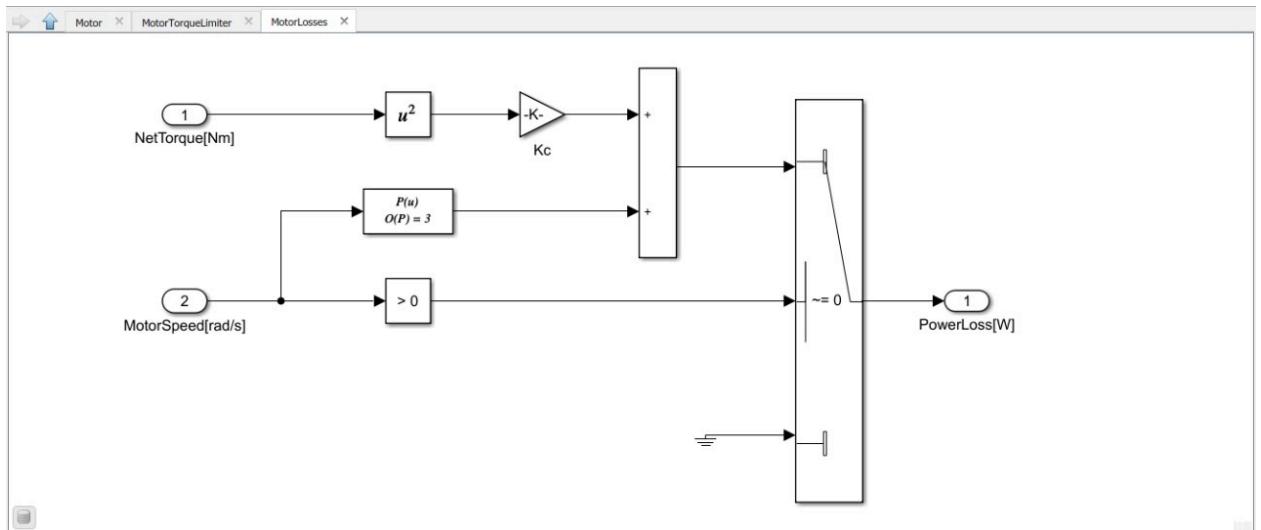
**Gambar 4.4 Diagram blok Simulink Motor**



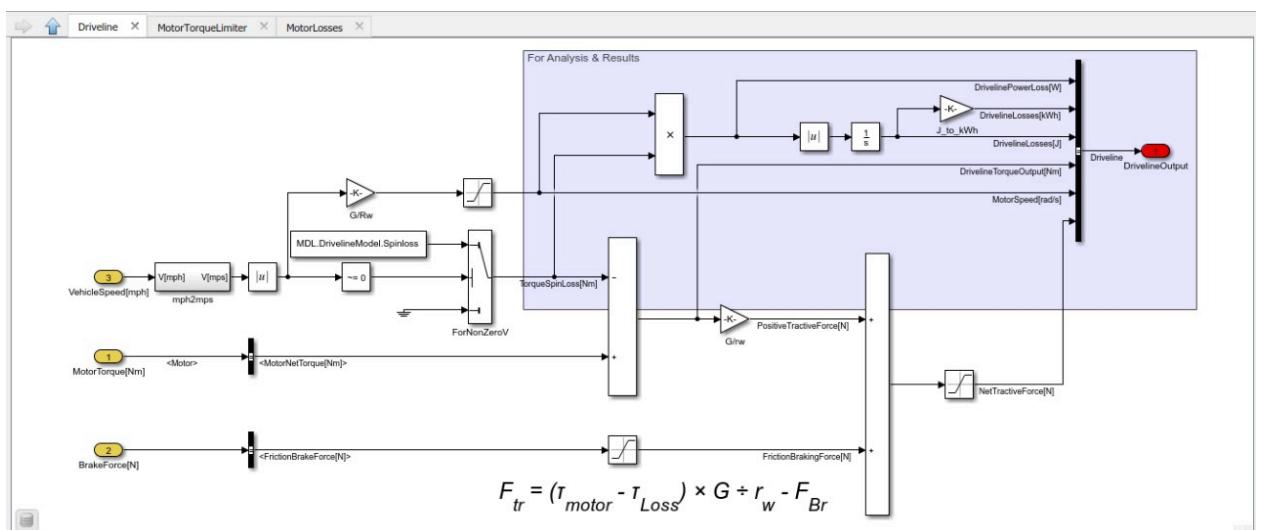
**Gambar 4.5** Diagram blok Simulink MotorTorqueLimiter



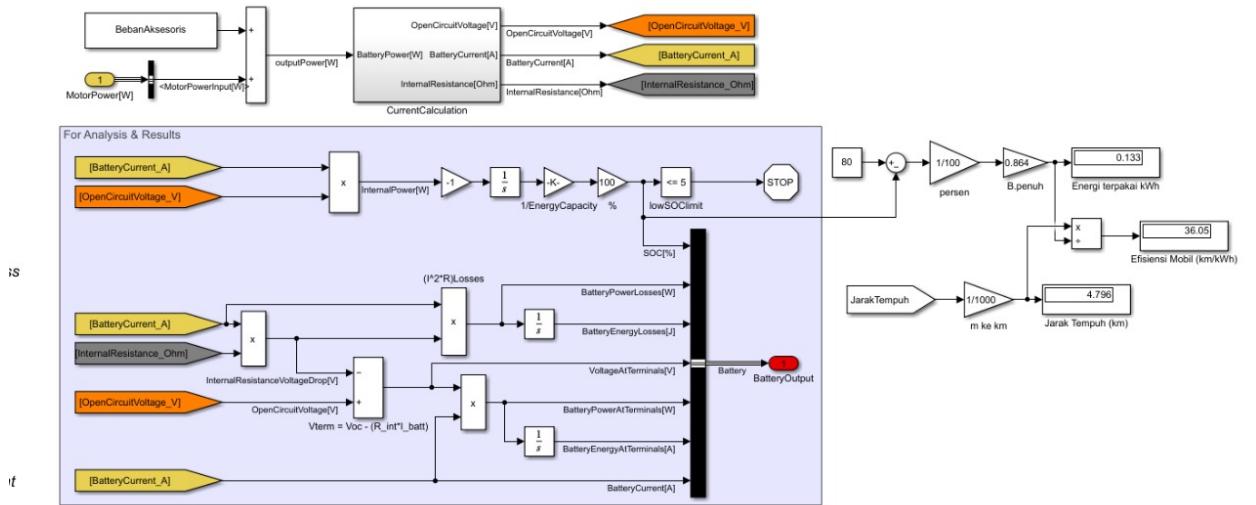
**Gambar 4.6** Diagram blok Simulink RegenTorqueLimiter



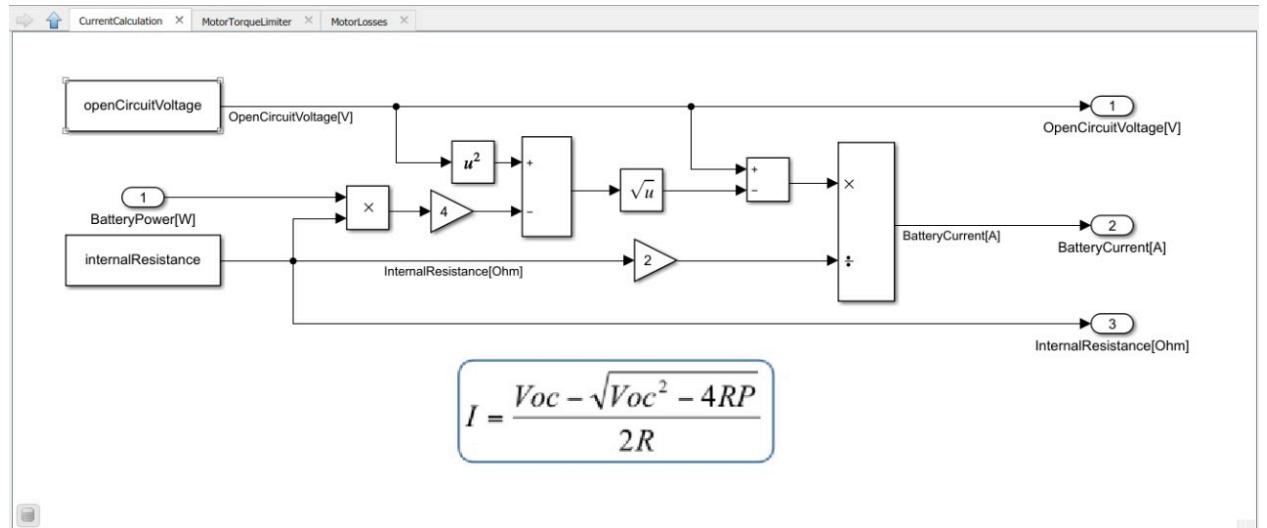
**Gambar 4.7 Diagram blok Simulink MotorLosses**



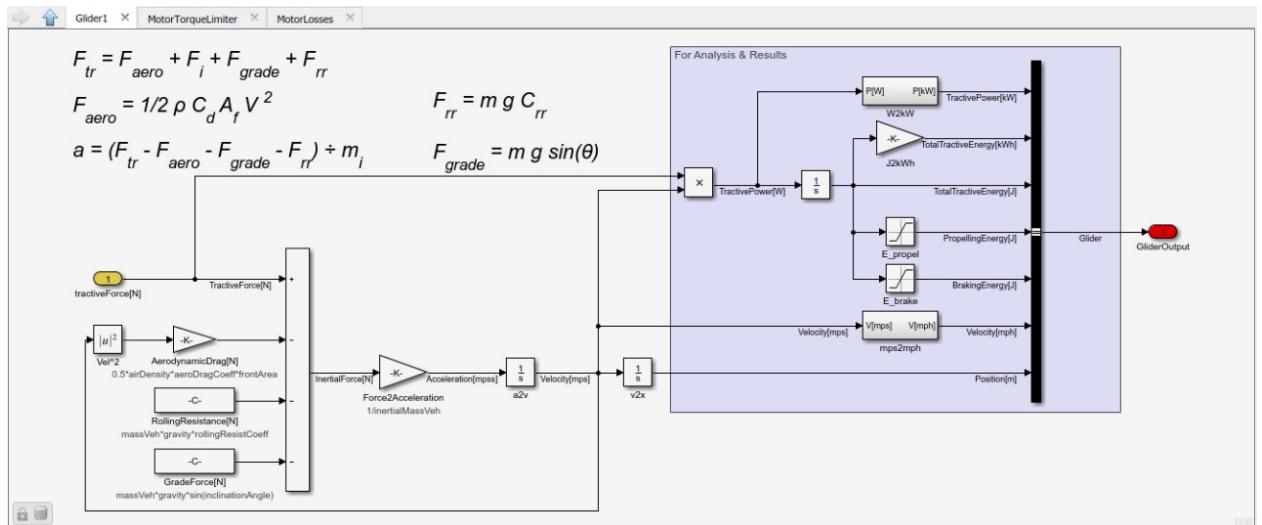
**Gambar 4.8 Diagram blok Simulink Driveline**



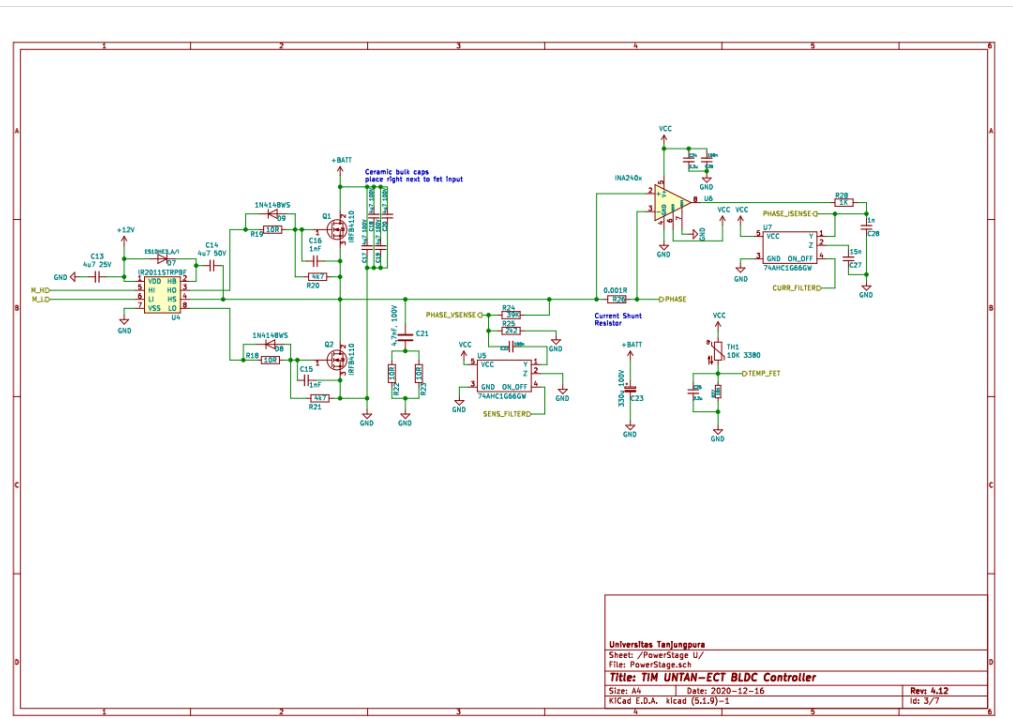
**Gambar 4.9 Diagram blok Simulink Battery**



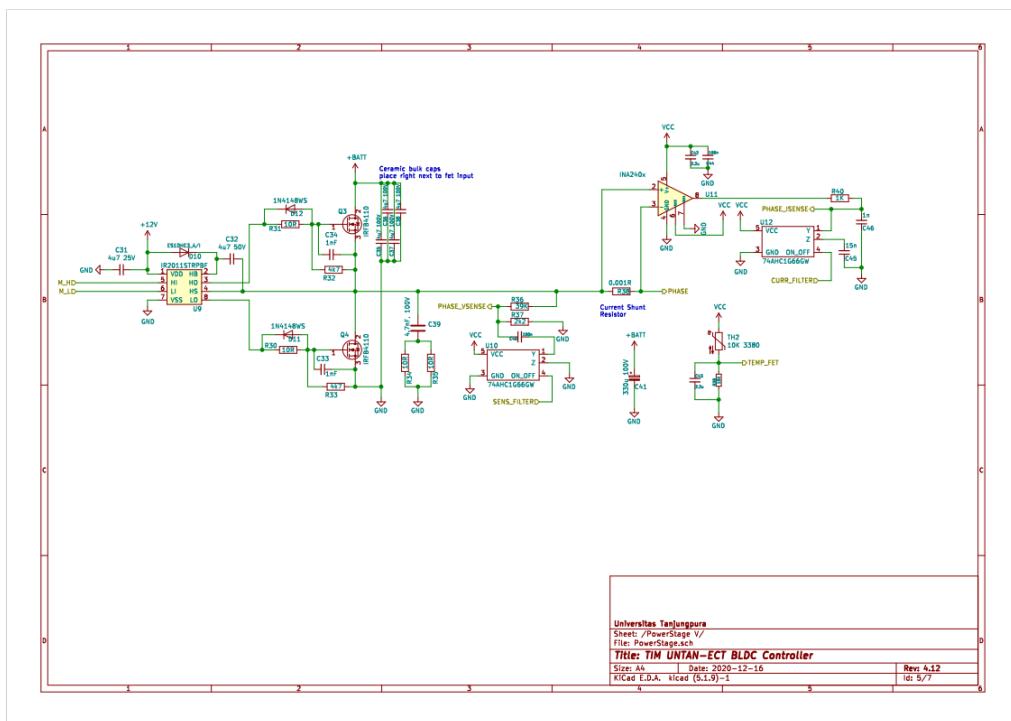
**Gambar 4.10 Diagram blok Simulink CurrentCalculation**



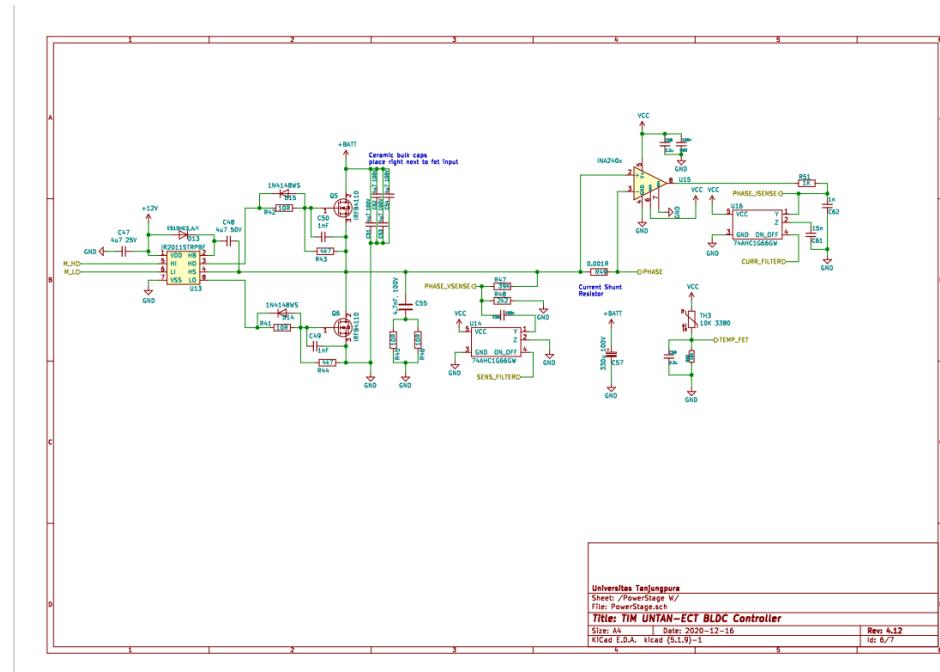
Gambar 4.11 Diagram blok Simulink Glider



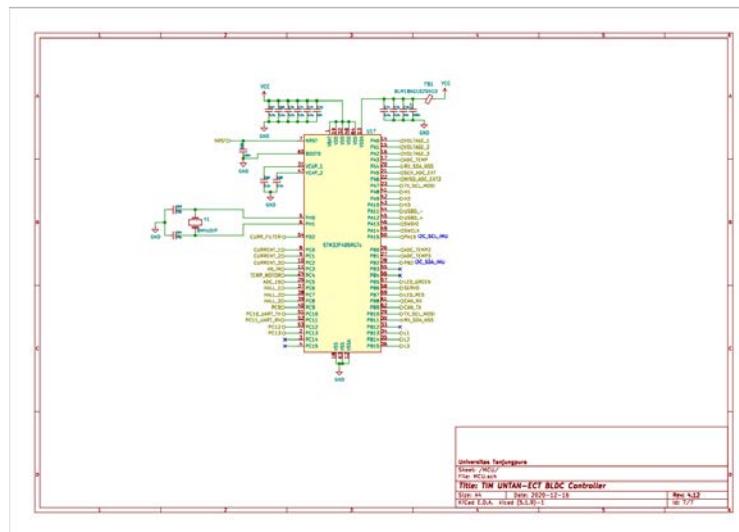
Gambar 4.12 Skematik Kontroller Motor, Driver Kontroller Motor Phase U



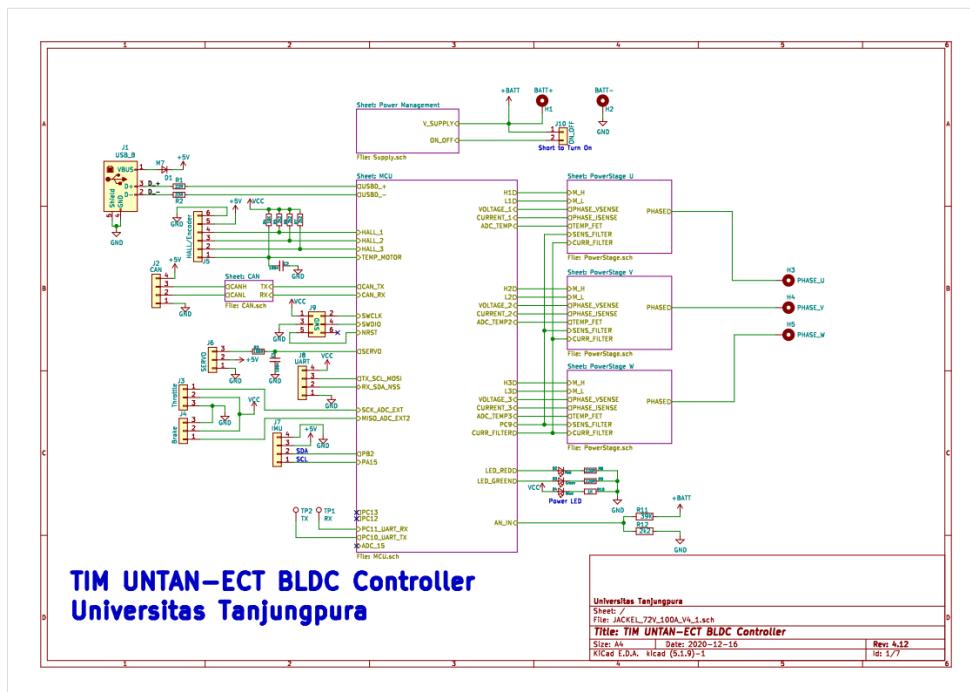
**Gambar 4.13 Skematik Kontroller Motor Driver Kontroller Motor Phase V**



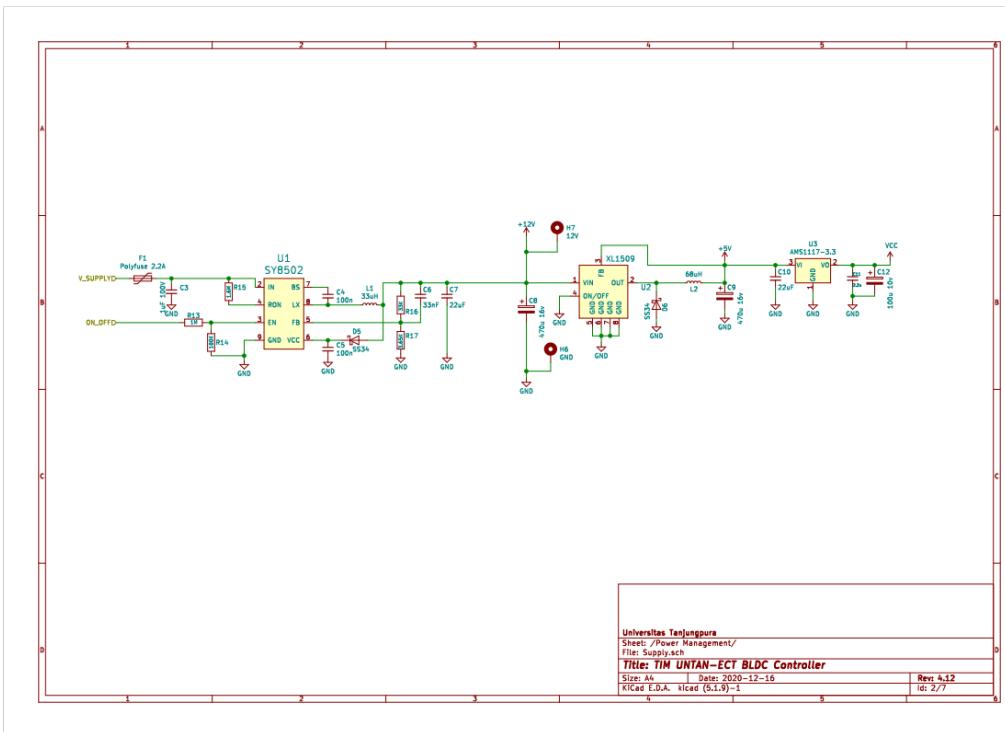
**Gambar 4.14 Skematik Kontroller Motor Kontroller Motor Phase C**



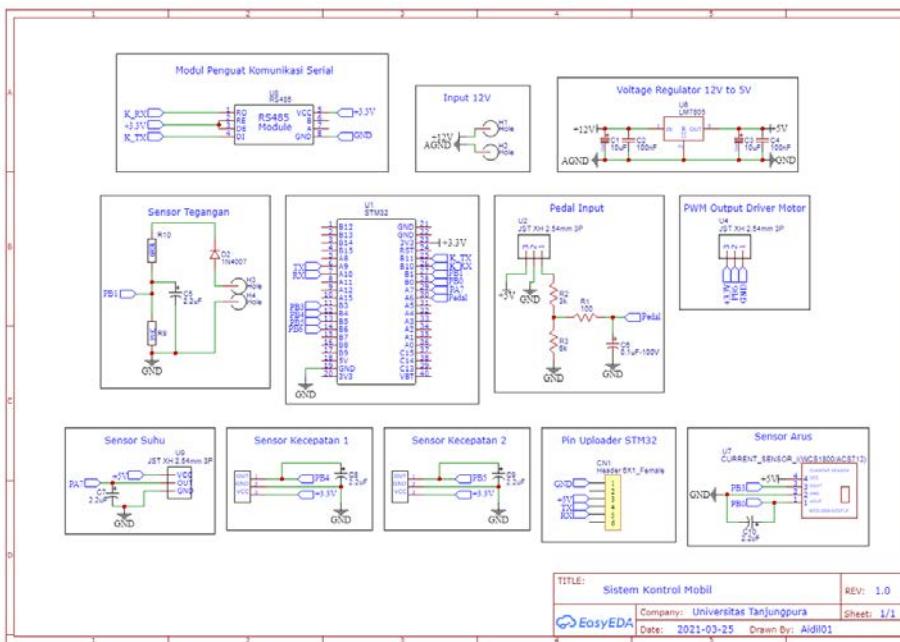
**Gambar 4.15 Skematik Kontroller Motor, Mikrokontroller STM32F4**



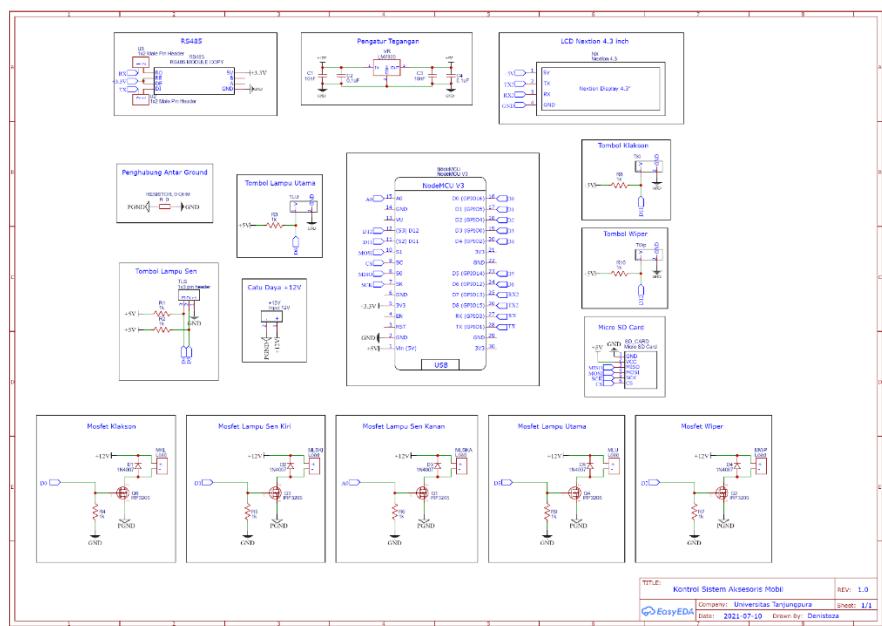
**Gambar 4.16 Skematik Kontrol Motor, Catu Daya Kontrol Motor**



**Gambar 4.17 Skematik Kontroller Motor, Sistem Pengatur Tegangan Mikrokontroler STM32F4**



**Gambar 4.18 Skematik Kontroller Pengambil Data**



**Gambar 4.19 Skematik Kontroller Penampil Data atau Kontroller Aksesoris**

## Firmware STM32F103 (BluePill)

```
//Deklarasi Variabel Pin Sensor, Pedal Dan PWM

#define Volt PB1

#define Arus PB0

#define Suhu PA7

#define Kec1 PB4

#define Kec2 PB5

#define Pedl PA6

#define Outp PB6

unsigned long oldtime = 0, oldtime1 = 0, oldtime2 = 0, oldtime3 = 0, oldtime4 = 0,
oldtime5 = 0, oldtime6 = 0;

unsigned long interval = 1000, interval1 = 2000;

String myString;

int State;

//Deklarasi Sensor tegangan

float Vstm; // tegangan terbaca pada stm32 antara 0-3.3V

float Vreal; // tegangan catu daya sesungguhnya yaitu antara 0-60V

float nilai; // nilai bit terbaca

float V;

//Deklarasi Sensor Arus

int sensitivitas = 66; //tegantung sensor arus yang digunakan, yang ini 30A

int teganganoffset = 2495; //nilai pembacaan offset saat tidak ada arus yang lewat

int nilaiadc = 00;

double tegangan = 00;
```

```
double I = 00;

//Deklarasi Variabel Daya

float P = 0;

//Deklarasi Sensor suhu

float val = 0;

float mv = 0;

float T = 0;

//Deklarasi Sensor Hall

int rev = 0; //Deklarasi nilai variabel rev = 0

int mag = 0; //Deklarasi nilai variabel rev = 0

float rpm; //Deklarasi Variabel

float timeold = 0; //Deklarasi nilai variabel oldtime = 0

float Speed = 0; //Deklarasi nilai variabel Speed = 0

float rotasi;

float time; //Deklarasi Variabel time

float v = 0;

//Deklarasi Energi yang yang terpakai

float E = 0;

int waktu = 0;

float sdata1 = 0, sdata2 = 0, sdata3 = 0, sdata4 = 0, sdata5 = 0, sdata6 = 0;

String Kirim_Data;
```

```

void Sensor_Tegangan(){

if((millis() - oldtime1) >= interval){

nilai=analogRead(Volt); // pembacaan pin

Vstm=((nilai/4095)*3.3);

Vreal = Vstm * (726+38.2)/38.2;

V = Vreal;

oldtime1 = millis();

}

}

void Sensor_Arus(){

if((millis() - oldtime2) >= interval){

nilaiadc = analogRead(Arus);

tegangan = (nilaiadc / 4095.0) * 3300;

I = ((tegangan - teganganoffset) / sensitivitas);

if(I < 0){

I = 0;

}

oldtime2 = millis();

}

}

void Daya(){

if((millis() - oldtime3) >= interval){

P = I*V;

```

```

oldtime3 = millis();

}

}

void Sensor_Temperatur(){

if((millis() - oldtime4) >= interval){

//Data sensor suhu

val = analogRead(Suhu);

mv = ( val/4095.0)*3300;

T = mv/10;

oldtime4 = millis();

}

}

void Sensor_Kecepatan(){

if((millis() - oldtime5) >= interval1){

detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Kec1)); // Menginterupsi pin PB5interupsi

detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Kec2)); // Menginterupsi pin PB5

time = millis() - timeold; //waktu sekarang dikurang waktu sebelumnya

rpm = 60000.0/time*rotasi; //menghitung semua

timeold = millis(); //Menyimpan waktu saat ini

rotasi = 0;

rev = 0;

Speed = (rpm*2*3.14*0.3)/60;

v = Speed*3.6;
}

```

```

oldtime5 = millis();

attachInterrupt(Kec1,isr,RISING); //interrupt akan dieksekusi jika terjadi
perubahan nilai pembacaan dari LOW ke HIGH( dieksekusi 1 kali pas terjadi
perubahan )

attachInterrupt(Kec2,isr,RISING); //interrupt akan dieksekusi jika terjadi
perubahan nilai pembacaan dari LOW ke HIGH( dieksekusi 1 kali pas terjadi
perubahan )

}

void Energi(){

if((millis() - oldtime6) >= interval){

waktu++;

E = P *(waktu/3600);

oldtime6 = millis();

}

void serialData() {

Sensor_Tegangan();

Sensor_Arus();

Daya();

Sensor_Temperatur();

Sensor_Kecepatan();

Energi();

sdata1 = V;

sdata2 = I;

```

```

sdata3 = P;
sdata4 = T;
sdata5 = v;
sdata6 = E;

Serial.println("-----");
Serial.print("Tegangan V = ");
Serial.println(sdata1 );
Serial.print("Arus I = ");
Serial.println(sdata2 );
Serial.print("Daya P = ");
Serial.println(sdata3 );
Serial.print("Temperatur T = ");
Serial.println(sdata4 );
Serial.print("Kecepatan v = ");
Serial.println(sdata5 );
Serial.print ("Energi E = ");
Serial.println(sdata6 );
Serial.println("-----");

Serial2.println(String(sdata1) + "," + String(sdata2) + "," + String(sdata3) + "," +
String(sdata4) + "," + String(sdata5) + "," + String(sdata6)); //Mengirmkan Data Ke
NodeMCU

}

void isr(){
    mag++;
}

```

```

rev = mag;

if(rev > 32){

    mag = 0;

    rotasi++;

}

}

void setup() {

    // put your setup code here, to run once:

    Serial.begin(115200); //Serial komunikasi untuk dihubungkan ke laptop/PC
    dengan baud rate 115200

    Serial3.begin(115200); //Serial komunikasi HardwareSerial dari Serial3 untuk
    dihubungkan ke mikrokontroler NodeMCU lain pada baud rate 115200

    pinMode(Kec1, INPUT);

    pinMode(Kec2, INPUT);

    pinMode(Outp, OUTPUT);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Kec1),isr,RISING);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Kec2),isr,RISING);

    delay(100);

}

void loop() {

    // put your main code here, to run repeatedly

    if((millis() - oldtime) >= interval){

        State = analogRead(Pedl);

        analogWrite(Outp, State);

    }

}

```

```
    serialData();  
  
    oldtime = millis();  
  
}  
  
}
```

### **Firmware STM32F405**

```
//PENDEKLARASIAN PINOUT PWM KENDALI MOSFET  
  
const int Q1H = PA0; // MOSFET 1 TYPE MOSFET HIGH SIDE (PHASA U)  
  
const int Q1L = PA1; // MOSFET 2 TYPE MOSFET LOW SIDE (PHASA U)  
  
const int Q2H = PB6; // MOSFET 3 TYPE MOSFET HIGH SIDE (PHASA V)  
  
const int Q2L = PB7; // MOSFET 4 TYPE MOSFET LOW SIDE (PHASA V)  
  
const int Q3H = PB8; // MOSFET 5 TYPE MOSFET HIGH SIDE (PHASA W)  
  
const int Q3L = PB9; // MOSFET 6 TYPE MOSFET LOW SIDE (PHASA W)
```

```
//DEKLARASI PINOUT HALL EFFECT SENSOR
```

```
const int S1 = PB12;  
  
const int S2 = PB13;  
  
const int S3 = PB14;
```

```
//DEKLARASI PINOUT PEDAL & PINOUT MAJU MUNDUR
```

```
const int Pd = PB0; // PINUOT PEDAL  
  
const int St = PA3; // PINOUT MAJU MUNDUR
```

```
// DEKLARASI VARIABEL STATE

int buttonSt = 0;

int NilaiPedal;

int Speed, Forward, Backward;

int Hall_U, Hall_V, Hall_W;

int U, V, W;

String H;

void setup() {

    pinMode(Q1H, OUTPUT); // INISIALISASI YANG SEBAGAI OUTPUT

    pinMode(Q1L, OUTPUT);

    pinMode(Q2H, OUTPUT);

    pinMode(Q2L, OUTPUT);

    pinMode(Q3H, OUTPUT);

    pinMode(Q3L, OUTPUT);

    pinMode(Pd, INPUT); // INISIALISASI YANG SEBAGAI INPUT

    pinMode(St, INPUT);

    pinMode(S1, INPUT);

    pinMode(S2, INPUT);

    pinMode(S3, INPUT);

    Serial.begin(9600); //MENGHUBUNGKAN SERIAL KOMUNKASI KE

    LAPTOP DENGAN BAUD RATE 9600

    delay(100);

}
```

```

void loop() {

    NilaiPedal = analogRead(Pd);

    Hall_U = digitalRead(S1);

    Hall_V = digitalRead(S2);

    Hall_W = digitalRead(S3);

    buttonSt = digitalRead(St);

    NilaiPedal = map(NilaiPedal, 179, 857, 0, 255);

    if (NilaiPedal >= 256){NilaiPedal = 255;} //Kalibrasi Nilai Pedal

    if (NilaiPedal <= -1) {NilaiPedal = 0;} //Kalibrasi Nilai Pedal

    Speed = 255 - NilaiPedal;

    if(Hall_U == 1){U = 1;} else{U = 0;}

    if(Hall_V == 1){V = 1;} else{V = 0;}

    if(Hall_W == 1){W = 1;} else{W = 0; }

    H = String(U) + String(V) + String(W);

    Serial.println("\t|\t Hall Effect Sensor : " + H + "\t|\t" + "NilaiPedal : " +
String(NilaiPedal) + " %" + "\t|\t" + "Gas : " + String(Speed) + " PWM");

    if(buttonSt == LOW){ //Kondisi Mobil Maju

        Maju();

        Rusak();

    }
}

```

```

if(buttonSt == HIGH){ // Kondisi Mobil Mundur
    Mundur();
    Rusak();
}

void Maju(){
    //PUTARAN SEARAH JARUM JAM
    if(H == "101"){ // Step 1 : 101
        analogWrite(Q1H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 1 SEBAGAI PWM
        digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2
        digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3
        digitalWrite(Q2L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 4 SEBAGAI GROUND
        digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5
        digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6 NC
        Serial.print("Step1 : " + H);
        delay(100);
    }
    if(H == "001"){ // Step 2 : 001
        analogWrite(Q1H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 1 SEBAGAI PWM
        digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2
        digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3 NC
    }
}

```

```

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5

digitalWrite(Q3L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 6 SEBAGAI
GROUND

Serial.print("Step2 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "011"){ // Step 3 : 011

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1 NC

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

analogWrite(Q2H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 3 SEBAGAI
PWM

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5

digitalWrite(Q3L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 6 SEBAGAI
GROUND

Serial.print("Step3 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "010"){ // Step 4 : 010

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1

digitalWrite(Q1L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 2 SEBAGAI
GROUND

analogWrite(Q2H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 3 SEBAGAI
PWM

```

```

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5 NC

digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step4 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "110"){ // Step 5 : 110

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1

digitalWrite(Q1L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 2 SEBAGAI GROUND

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3 NC

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

analogWrite(Q3H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 5 SEBAGAI PWM

digitalWrite(Q3L, HIGH); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step5 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "100"){ // Step 6 : 100

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1 NC

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3

digitalWrite(Q2L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 4 SEBAGAI GROUND

analogWrite(Q3H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 5 SEBAGAI PWM

```

```

digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step6 : " + H);

delay(100);

}

}

void Mundur(){

//PUTARAN TIDAK SEARAH JARUM JAM

if(H == "100"){ // Step 1 : 100

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1 NC

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENGAKTIFKAN MOSFET 3 SEBAGAI

GROUND

digitalWrite(Q2L, HIGH); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5

analogWrite(Q3L, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 6 SEBAGAI PWM

Serial.print("Step1 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "110"){ // Step 2 : 110

analogWrite(Q1H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 1 SEBAGAI

PWM

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3 NC

```

```

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5

digitalWrite(Q3L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 6 SEBAGAI
GROUND

Serial.print("Step2 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "010"){ // Step 3 : 010

analogWrite(Q1H, Speed); // MENGAKTIFKAN MOSFET 1 SEBAGAI
PWM

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3

digitalWrite(Q2L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 4 SEBAGAI
GROUND

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5 NC

digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step3 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "011"){ // Step 4 : 011

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1 NC

digitalWrite(Q1L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 2

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3

digitalWrite(Q2L, HIGH); // MENGAKTIFKAN MOSFET 4 SEBAGAI
GROUND

```

```

analogWrite(Q3H, Speed); // MENAKTIFKAN MOSFET 5 SEBAGAI
PWM

digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step4 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "001"){ // Step 5 : 001

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1

digitalWrite(Q1L, HIGH); // MENAKTIFKAN MOSFET 2 SEBAGAI
GROUND

digitalWrite(Q2H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 3 NC

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

analogWrite(Q3H, Speed); // MENAKTIFKAN MOSFET 5 SEBAGAI PWM

digitalWrite(Q3L, HIGH); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6

Serial.print("Step5 : " + H);

delay(100);

}

if(H == "101"){ // Step 6 : 101

digitalWrite(Q1H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 1

digitalWrite(Q1L, HIGH); // MENAKTIFKAN MOSFET 2 SEBAGAI
GROUND

analogWrite(Q2H, Speed); // MENAKTIFKAN MOSFET 3 SEBAGAI
PWM

digitalWrite(Q2L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 4

digitalWrite(Q3H, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 5 NC

```

```
digitalWrite(Q3L, LOW); // MENONAKTIFKAN MOSFET 6  
Serial.print("Step6 : " + H);  
delay(100);  
}  
}
```

```
void Rusak(){  
// KENDALI HALL EFFECT SENSOR RUSAK  
if(H == "111"){ // Bebas : 111  
digitalWrite(Q1H, LOW); // Mosfet High Side  
digitalWrite(Q1L, HIGH); // Mosfet Low Side  
digitalWrite(Q2H, LOW); // Mosfet High Side  
digitalWrite(Q2L, HIGH); // Mosfet Low Side  
digitalWrite(Q3H, LOW); // Mosfet High Side  
digitalWrite(Q3L, HIGH); // Mosfet Low Side  
Serial.print("Hall Rusak 1 111 ");  
delay(100);  
}  
if(H == "000"){ // Bebas : 000  
digitalWrite(Q1H, LOW); // Mosfet High Side  
digitalWrite(Q1L, HIGH); // Mosfet Low Side  
digitalWrite(Q2H, LOW); // Mosfet High Side  
digitalWrite(Q2L, HIGH); // Mosfet Low Side
```

```

digitalWrite(Q3H, LOW); // Mosfet High Side

digitalWrite(Q3L, HIGH); // Mosfet Low Side

Serial.print("Hall Rusak 2 000 ");

delay(100);

}

}

```

### **Firmware NodeMCU V3 Lolin**

```

#include<ESP8266WiFi.h>

#include<SPI.h>

#include <Wire.h>

#include <SD.h>

#include <FS.h>

#include<SoftwareSerial.h>

#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

#include <HTTPClient.h>

#include <Arduino_JSON.h>

#include "time.h"

#define BLYNK_PRINT Serial

SoftwareSerial MySerial(9, 10); //RX, TX

String myString; // complete message from arduino, which consists of sensors data

char rdata; // menerima karakter

unsigned long oldtime = 0, oldtime2 = 0, oldtime3 = 0, oldtime4 = 0;

```

```

unsigned long interval = 1000, interval2 = 15000, interval3 = 1000, interval4 =
15000;

unsigned long WTCuaca, WTWaktu, WTDisplay = 0;

unsigned long JedaCuaca = 630000;

unsigned long JedaWaktu = 500;

unsigned long JedaDisplay = 1000;

String openWeatherMapApiKey = "b23308e70faf9521f7bce63d9ecc393e";

String city = "Pontianak";

String countryCode = "ID";

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";

const long WaktuGMT = 3600*7;

const int PengaturanMusimPanas = 0;

//Deklarasi Variabel

float V, I, P, T, v, E;

String jsonBuffer, logo, icon, deskripsi;

String Detik, Menit, Jam, Tanggal, Bulan, Tahun;

String Kec, Kel, Tek, TemC;

// Hostpot dan Konfigurasi Blynk

const char auth[] = "JkBH5KigBFGw0cpfckcvgbGUGQazQiM0";

const char ssid[] = "Redmi Not 8";

const char pass[] = "1indakaku";

WiFiClient client;

//Deklarasi untuk pin pada SD Card

#define CS_PIN 5 //Medenefisikan variabel CS_PIN pada pin D8 di NodeMCU

```

```

File dataFile; //Mendeklarasikan variabel dataFile pada tipe File atau Dokumen

// Untuk Menampilkan data ke Nextion Display

void NextionDisplay(){

    NextionWrite();

    String WaktuSekarang = Tanggal + Bulan + Tahun;

    String NxSekarang = "Tanggal.txt=\\""+String(WaktuSekarang)+"\\";

    Serial.print(NxSekarang);

    NextionWrite();

    String WaktuJam = Jam + ":" + Menit + ":" + Detik;

    String NxJam = "Jam.txt=\\""+String(WaktuJam)+"\\";

    Serial.print(NxJam);

    NextionWrite();

    String NxSuhuDepan = "page1.DerajatSuhu.val=" + TemC;

    Serial.print(NxSuhuDepan);

    NextionWrite();

    String NxSuhuDalam ="page6.TemCu.txt=\\""+String(TemC)+" °C"+"\\";

    Serial.print(NxSuhuDalam);

    NextionWrite();

    String NxTek = "page6.TekCu.txt=\\""+String(Tek)+" mBar"+"\\";

    Serial.print(NxTek);

    NextionWrite();

    String NxKel = "page6.KelCu.txt=\\""+String(Kel)+" %"+"\\";

    Serial.print(NxKel);

```

```

NextionWrite();

String NxKec = "page6.KecCu.txt=\"" + String(Kec) + " m/s" + "\";

Serial.print(NxKec);

NextionWrite();

String NxDeskripsiCuaca = "page6.Cuaca.txt=\"" + deskripsi + "\";;
Serial.print(NxDeskripsiCuaca);

NextionWrite();

String NxLogoCuaca = "page1.n0.val=" + logo;
Serial.print(NxLogoCuaca);

NextionWrite();

Serial.println();

String NxTegangan = "page5.TeBat.txt=\"" + String(V) + " V" + "\";

Serial.print(NxTegangan);

NextionWrite();

String NxArus ="page5.ArusBat.txt=\"" + String(I) + " A" + "\";

Serial.print(NxArus);

NextionWrite();

String NxDaya = "page5.DayBat.txt=\"" + String(P) + " W" + "\";

Serial.print(NxDaya);

NextionWrite();

String NxEnergi = "page5.EnBat.txt=\"" + String(E) + " Wh" + "\";

Serial.print(NxEnergi);

NextionWrite();

```

```

String NxSuhuMesin = "page4.SuBat.txt=\"" + String(T) + " °C" + "\";

Serial.print(NxSuhuMesin);

NextionWrite();

String NxKecepatanMobil = "page2.SpeedVal.val=\"" + int(v) + " km/jam" + "\";

Serial.print(NxKecepatanMobil);

NextionWrite();

}

// Mendapatkan data cuaca dari internet

void CuacaOpenWeather(){

    String serverPath = "http://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q=" + city
    + "," + countryCode + "&APPID=" + openWeatherMapApiKey;

    jsonBuffer = httpGETRequest(serverPath.c_str());

    JSONVar myObject = JSON.parse(jsonBuffer);

    if (JSON.typeof(myObject) == "undefined") {

        Serial.println("Parsing input failed!");

        return;
    }

    int KonversiKtoC = int(myObject["main"]["temp"]) - 273;

    TemC = String(KonversiKtoC);

    int Kele = int(myObject["main"]["humidity"]);

    Kel = String(Kele);

    int Teka = int(myObject["main"]["pressure"]);

    Tek = " " + String(Teka);

    int Kece = int(myObject["wind"]["speed"]);
}

```

```

Kec = String(Kece);

icon = myObject["weather"][0]["icon"];

if(icon == "01d"){
    logo = "0";
    deskripsi = "CERAH";
}

if(icon == "09d" || icon == "09n" || icon == "02d" || icon == "02n" || icon ==
"03d" || icon == "03n" || icon == "04d" || icon == "04n"){
    logo = "1";
    deskripsi = "BERAWAN";
}

if(icon == "10d" || icon == "10n" || icon == "11d" || icon == "11n" || icon ==
"13d" || icon == "13n"){
    logo = "2";
    deskripsi = "HUJAN";
}

if(icon == "50d" || icon == "50n"){
    logo = "3";
    deskripsi = "BERKABUT";
}

if(icon == "01n"){
    logo = "4";
    deskripsi = "CERAH";
}

```

```

    }

}

// Mendapatkan data waktu dari internet

void WaktuNTP(){

    struct tm timeinfo;

    if(!getLocalTime(&timeinfo)){
        Serial.println("Gagal mendapatkan waktu");

        return;
    }

    char CharBulan[15];

    strftime(CharBulan,15, "%B", &timeinfo);

    String Month = String(CharBulan);

    if (Month == "January"){
        Bulan = " Jan ";
    }else if (Month == " February ){
        Bulan = " Feb ";
    }else if (Month == " March ){
        Bulan = " Mar ";
    }else if (Month == "April"){
        Bulan = " Apr ";
    }else if (Month == "May"){
        Bulan = " Mei ";
    }else if (Month == "June"){

```

```

Bulan = " Jun ";
}else if (Month == "July"){
    Bulan = " Jul ";
}else if (Month == "August"){
    Bulan = " Agu ";
}else if (Month == "September"){
    Bulan = " Sep ";
}else if (Month == "October"){
    Bulan = " Okt ";
}else if (Month == "November"){
    Bulan = " Nov ";
}else if (Month == "December"){
    Bulan = " Des ";
}

char CharTanggal[5];
strftime(CharTanggal,5, "%d", &timeinfo);
Tanggal = String(CharTanggal);

char CharTahun[5];
strftime(CharTahun,5, "%Y", &timeinfo);
Tahun = String(CharTahun);

char CharJam[5];
strftime(CharJam,5, "%H", &timeinfo);
Jam = String(CharJam);

```

```

char CharMenit[5];

strftime(CharMenit,5, "%M", &timeinfo);

Menit = String(CharMenit);

char CharDetik[5];

strftime(CharDetik,5, "%S", &timeinfo);

Detik = String(CharDetik);

}

// Akhir Command Nextion

void NextionWrite()

{

Serial.write(0xff);

Serial.write(0xff);

Serial.write(0xff);

}

// Dapatkan data dari Http

String httpGETRequest(const char* serverName) {

HTTPClient http;

http.begin(serverName);

int httpResponseCode = http.GET();

String payload = "{}";

if (httpResponseCode>0) {

payload = http.getString();

}

```

```

else {

    Serial.print("Error code: ");

    Serial.println(httpResponseCode);

}

http.end();

return payload;

}

void setup() {

    Serial.begin(115200); //Serial Komunikasi ESP32 --> Laptop Menggunakan Baud
    Rate (115200)

    MySerial.begin(115200); //Serial Komunikasi STM32 --> ESP32 Menggunakan
    Baud Rate (115200)

    delay(100);

    Serial.println(ssid);

    //WiFi.begin(ssid); digunakan saat wifi tanpa password

    WiFi.begin(ssid, pass);

    Blynk.begin(auth, ssid, pass);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

        delay(500);

        Serial.print(".");

    }

    Serial.println("\nWiFi connected\n");

//Menghubungkan SD Card ke NodeMCU

```

```

Serial.println("Inisialisasi SD CARD..."); //Menampilkan diserial kata "Inisialisasi
SD CARD..." di serial monitor laptop

//Periksa apakah kartu SD ada dan dapat diinisialisasi

if (!SD.begin(CS_PIN)) {

    Serial.println("Gagal, cek apakah SD card terhubung."); //Menampilkan diserial
    kata "Gagal, cek apakah SD card terhubung." di serial monitor laptop

    return;
}

// jika Anda sampai di sini, itu karena kartu diinisialisasi dengan benar

Serial.println("Inisialisasi kartu."); //Menampilkan kata "Inisialisasi kartu." pada
serial monitor laptop

dataFile = SD.open("Data Mobil.xls", FILE_WRITE); //Menjadikan variabel
dataFile sebagai alat untuk membuat file dan membuka file di SD card

if(!dataFile){

    Serial.println("Gagal membuka file untuk ditulis");

    return;
}

// jika file dibuka dengan benar, tulis datanya

if (dataFile) {

    //Mencetak kata-kata pada file yang dibuat di SD card

    Serial.println("Berhasil membuka file untuk ditulis");

    dataFile.print("Tegangan");

    dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

    dataFile.print("Arus");

    dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali
}

```

```

dataFile.print("Daya");

dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

dataFile.print("Temperature");

dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

dataFile.print("Kecepatan");

dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

dataFile.print("Energi");

dataFile.println("");

//menutup file setelah menggunakannya

dataFile.close();

}

// jika file tidak dapat dibuka, data tidak akan ditulis.

else {

    Serial.println("Gagal membuka file Data Mobil.xls"); //Menampilkan kata "Gagal
membuka file NilaiPot.xls" diserial monitor laptop

}

void loop() {

if (MySerial.available()>0)

{

rdata = MySerial.read();

myString = myString+ rdata;

Serial.print(rdata);

if( rdata == '\n')

```

```

{
    if((millis() - oldtime) >= interval){
        // new code

        String l = getValue(myString, ',', 0);
        String m = getValue(myString, ',', 1);
        String n = getValue(myString, ',', 2);
        String o = getValue(myString, ',', 3);
        String p = getValue(myString, ',', 4);
        String q = getValue(myString, ',', 5);

        V = l.toFloat();
        I = m.toFloat();
        P = n.toFloat();
        T = o.toFloat();
        v = p.toFloat();
        E = q.toFloat();

        myString = "";
        Serial.println("-----");
        Serial.println("Data Mobil Listrik KMHE");
        Serial.println("-----");
        Serial.print("Data V : ");
        Serial.println(V);
        Serial.print("Data I : ");
        Serial.println(I);
    }
}

```

```
Serial.print("Data P : ");

Serial.println(P);

Serial.print("Data T : ");

Serial.println(T);

Serial.print("Data v : ");

Serial.println(v);

Serial.print("Data E : ");

Serial.println(E);

Serial.println("-----");

// end new code

Serial.println();

oldtime = millis();

}

if((millis() - oldtime2) >= interval2){

SD_Card();

oldtime2 = millis();

}

if((millis() - oldtime3) >= interval3){

displayOLED();

}

if((millis()- oldtime4) >= interval4){

Blynk.run();

Blynk.virtualWrite(V0, V);
```

```

    Blynk.virtualWrite(V1, I);

    Blynk.virtualWrite(V2, P);

    Blynk.virtualWrite(V3, T);

    Blynk.virtualWrite(V4, v);

    Blynk.virtualWrite(V5, E);

}

Serial.println("Waiting...\n");

}

}

String getValue(String data, char separator, int index)

{
    int found = 0;

    int strIndex[] = { 0, -1 };

    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {

        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {

            found++;

            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;

            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;

        }

    }

    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

```

```

}

void SD_Card(){

dataFile = SD.open("Data Mobil.xls", FILE_WRITE); //Menjadikan variabel
dataFile sebagai alat untuk membuat file dan membuka file di SD card

if(!dataFile){

    Serial.println("Gagal membuka file untuk ditambahkan");

    return;

}

// jika file dibuka dengan benar, tulis datanya

if (dataFile) {

    display.setTextSize(1);

    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

    display.setCursor(0,52);

    display.println("File Terbuka");

    Serial.println("File Data Mobil.xls Berhasil Dibuka."); //Menampilkan diserial
kata "File Nilaipot.xls Berhasil Dibuka."

    //Mecetak nilai variabel pada file yang dibuat di SD card

    dataFile.print(V);

    dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

    dataFile.print(I);

    dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

    dataFile.print(P);

    dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali

    dataFile.print(T);
}

```

```
dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali  
dataFile.print(v);  
dataFile.print("\t\t"); //Tab 2 kali  
dataFile.print(E);  
dataFile.println("");  
}  
  
// jika file tidak dapat dibuka, data tidak akan ditulis.  
  
else {  
    Serial.println("Gagal membuka file Data Mobil.xls"); //Menampilkan kata "Gagal  
membuka file NilaiPot.xls" diserial monitor laptop  
}  
  
dataFile.close();  
}
```