

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Tarik

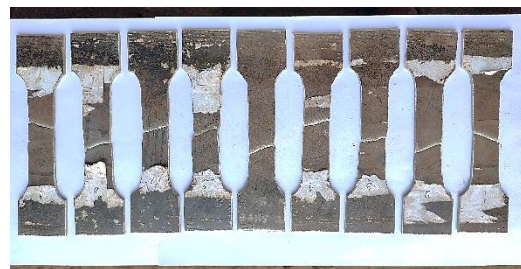


Gambar 4.1 Pengujian tarik material
(sumber: dokumen pribadi)

Pada pengujian tarik ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Tarik Teknik Mesin Politeknik Negri Malang, pengambilan data dilakukan sebanyak 9 kali setiap sampelnya. Berikut ini data yang didapatkan setelah dilakukannya pengujian.



Gambar 4.2 Spesimen aluminium 6061
(sumber: dokumen pribadi)



Gambar 4.3 spesimen baja AISI 1020
(sumber: dokumen pribadi)

4.1.1 Hasil Pengujian Tarik Aluminium 6061

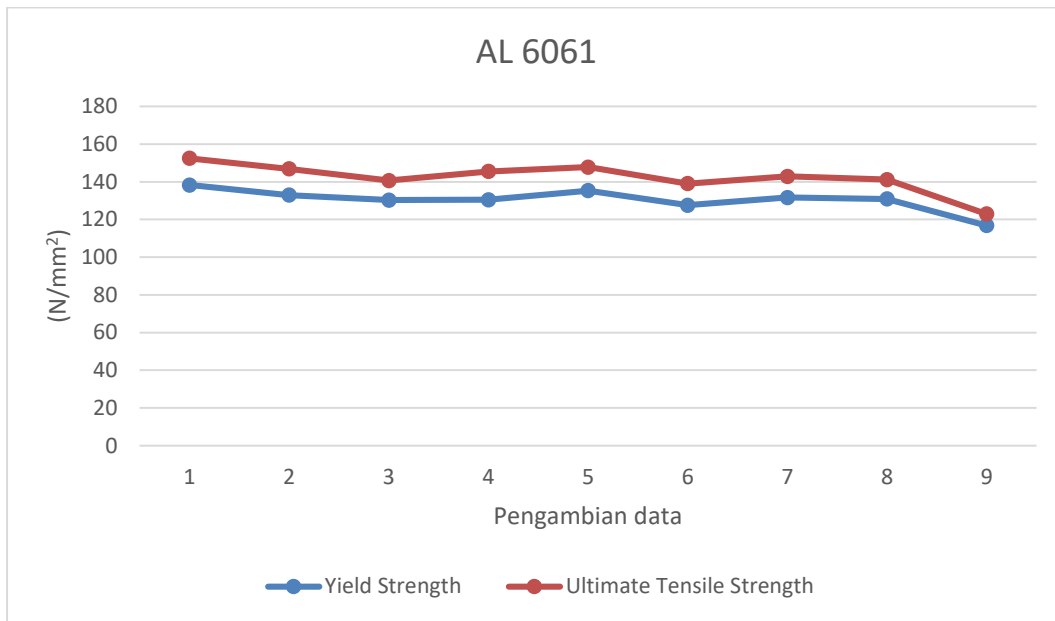
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik Aluminium 6061

Spesimen	Beban Maksimal (N)	Jarak (mm)	Yield Strength (N/mm ²)	Ultimate Tensile Strength (N/mm ²)	Regangan
----------	--------------------	------------	-------------------------------------	--	----------

1	11432,5926	4,61	138,2345	152,4346	0,0922
2	11010,9066	3,30	132,9520	146,8121	0,0660
3	10549,9941	3,51	130,2585	140,6666	0,0702
4	10910,8788	3,74	130,4938	145,4784	0,0748
5	11085,4371	3,74	135,2795	147,8058	0,0748
6	10418,5849	3,95	127,5649	139,0452	0,0790
7	10712,7844	3,29	131,6706	142,8371	0,0790
8	10585,2980	3,29	130,8599	141,1373	0,0658
9	9218,2510	2,85	116,7645	122,9100	0,0570
Rata-rata	10658,3031	3,59	130,4531	142,1252	0,0732

Sampel pertama yang diuji adalah Aluminium 6061, dengan standar yang digunakan yaitu JIS Z 2201 (1998) dengan tipe benda uji nomor 12B. Hasil dari pengujian tarik pada aluminium yang dilakukan sebanyak 9 kali tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 diatas. Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa pengujian pada spesimen 1 mendapatkan nilai yield strength sebesar 138,2345 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 152,4346 N/mm². Pada spesimen 2 mendapatkan nilai yield strength sebesar 132,9520 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 146,8121 N/mm². Pada spesimen 3 mendapatkan nilai yield strength sebesar 130,2585 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 140,6666 N/mm². Pada spesimen 4 mendapatkan nilai yield strength sebesar 130,4938 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 145,4784 N/mm². Pada spesimen 5 mendapatkan nilai yield strength sebesar 135,2795 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 147,8058 N/mm². Pada spesimen 6 mendapatkan nilai yield strength sebesar 127,5649 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 139,0452 N/mm². Pada spesimen 7 mendapatkan nilai yield strength sebesar 131,6706 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 142,8371 N/mm². Pada spesimen 8 mendapatkan nilai yield strength sebesar 130,8599 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 141,1373 N/mm². Pada spesimen 9 mendapatkan nilai yield strength sebesar 116,7645 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 122,9100 N/mm². Setelah didapatkan data berupa tabel 4.1, selanjutnya dilakukan pendataan yield strength dan ultimate tensile strength yang dihasilkan pada perhitungan dari setiap pengujian tarik dan kemudian dilanjutkan perhitungan rata-rata. Perhitungan rata-rata ini bertujuan untuk mendapatkan nilai yield strength dan ultimate tensile strength

yang akan dimasukkan kedalam project material pada pemrograman simulasi software ANSYS.



Grafik 4.1 Hasil pengujian Tarik Aluminium 6061

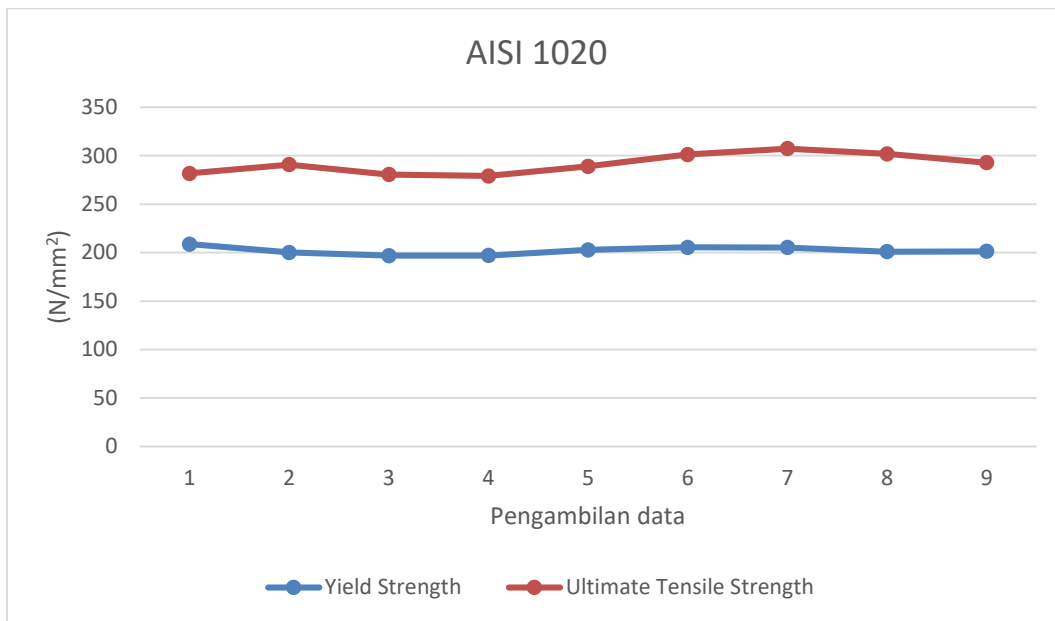
4.1.3 Hasil Pengujian Tarik Baja AISI 1020

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik Baja AISI 1020

Spesimen	Beban Maksimal (N)	Jarak (mm)	Yield Strength (N/mm ²)	Ultimate Tensile Strength (N/mm ²)	Regangan
1	21131,3694	15,15	208,6855	281,7516	0,3030
2	21808,0283	15,37	200,2126	290,7737	0,3074
3	21047,0322	15,37	196,8914	280,6271	0,3074
4	20937,1978	12,74	197,0744	279,1626	0,2548
5	21674,6578	14,49	202,8015	288,9954	0,2898
6	22590,5990	14,93	205,4689	301,2080	0,2986
7	23051,5115	14,49	205,2336	307,3535	0,2898
8	22645,5162	15,81	200,9448	301,9402	0,3162
9	21953,1667	14,93	201,2325	292,7089	0,2986
Rata-rata	21871,0088	14,81	202,0606	291,6134	0,2962

Sampel kedua yang diuji adalah Baja AISI 1020, dengan standar yang digunakan yaitu JIS Z 2201 (1998) dengan tipe benda uji nomor 12B. Hasil dari pengujian tarik pada baja AISI 1020 yang dilakukan sebanyak 9 kali tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 diatas. Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa pengujian pada spesimen 1 mendapatkan nilai yield strength sebesar 208,6855 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 281,7516 N/mm². Pada spesimen 2 mendapatkan nilai yield strength sebesar 200,2126 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 290,7737 N/mm². Pada spesimen 3 mendapatkan nilai yield strength sebesar 196,8914 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 280,6271 N/mm². Pada spesimen 4 mendapatkan nilai yield strength sebesar 197,0744 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 279,1626 N/mm². Pada spesimen 5 mendapatkan nilai yield strength sebesar 202,8015 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 288,9954 N/mm². Pada spesimen 6 mendapatkan nilai yield strength sebesar 205,4689 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 301,2080 N/mm². Pada spesimen 7 mendapatkan nilai yield strength sebesar 205,2336 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 307,3535 N/mm². Pada spesimen 8 mendapatkan nilai yield strength sebesar 200,9448 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar 301,9402 N/mm². Pada spesimen 9 mendapatkan nilai yield strength sebesar 201,2325 N/mm² dan nilai ultimate tensile strength sebesar

292,7089 N/mm². Setelah didapatkan data berupa tabel 4.2, selanjutnya dilakukan pendataan yield strength dan ultimate tensile strength yang dihasilkan pada perhitungan dari setiap pengujian tarik dan kemudian dilanjutkan perhitungan rata-rata. Perhitungan rata-rata ini bertujuan untuk mendapatkan nilai yield strength dan ultimate tensile strength yang akan dimasukkan kedalam project material pada pemrograman simulasi software ANSYS.



Grafik 4.2 Hasil pengujian Tarik Baja AISI 1020

4.2 Rancangan Desain 3D

Sebelum dilakukan simulasi, dibutuhkan suatu data untuk memulai simulasi FEM ini yaitu dengan membuat rancangan desain dari model rangka yang akan digunakan.

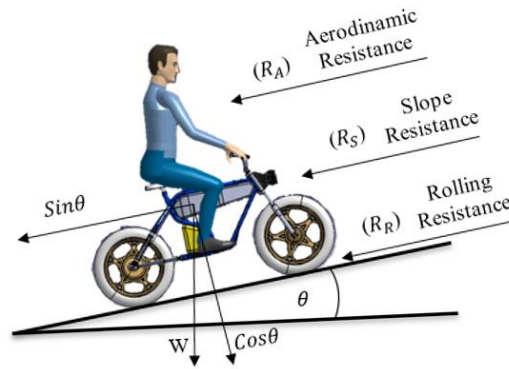
4.2.1 Perhitungan Daya Motor

Analisa dimulai dengan menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada sepeda yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Adapun gaya hambat total kendaraan yang terdiri dari gaya hambat aerodinamic resistance (drag), gaya hambat rolling resistance, gaya hambat tanjakan/slope resistance. Berat total (m_t) yang digunakan adalah berat pengendara ditambah berat rangka yang terberat dan berat komponen, sebesar:

$$m_t = m_{pengendara} + m_{rangka} + m_{komponen}$$

$$m_t = 80 \text{ kg} + 10,442 \text{ kg} + 8 \text{ kg}$$

$$m_t = 98,442 \text{ kg}$$



Gambar 4.4 Gaya pada sepeda
(sumber: dokumen pribadi)

a. Aerodynamic resistance

Untuk mengetahui nilai gaya hambat aerodinamis dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan:

$$R_A = 0,5 \times \rho \times A_f \times C_d \times V^2$$

Dimana:

R_A = Gaya hambat angin pada pengendara dan sepeda

ρ = Massa jenis udara ($1,2 \text{ kg/m}^3$)

A_f = Luas frontal pengendara dan sepeda ($0,5 \text{ m}^2$) (Gromke and Ruck 2021)

C_d = Koefisien hambatan (1,0) (Gromke and Ruck 2021)

V^2 = Kecepatan relatif antara kendaraan dengan udara m/s (30 km/h)

Maka perhitungannya adalah:

$$R_A = 0,5 \times 1,2 \times 0,5 \times 1,0 \times 8,33^2$$

$$R_A = 20,8167 \text{ N}$$

b. Rolling resistance

Gaya ini merupakan gesekan pada roda yang berhubungan dengan jalan. Hal ini dipengaruhi oleh kualitas sepeda, roda, permukaan jalan, tekanan roda, berat pengendara dan sepeda.

$$R_R = m_t \times g \times C_r$$

Dimana:

RR = Gaya rolling resistance

m_t = massa total

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

C_r = koefisien rolling resistance ban sepeda pada jalan aspal 0,004 dan pada jalan tanah kasar 0,008(Pratama et al. 2017)

Maka perhitungannya adalah:

- Untuk jalan aspal

$$R_R = 98,442 \times 9,81 \times 0,004$$

$$R_R = 3,8628 \text{ N}$$

- Untuk jalan tanah kasar

$$R_R = 98,442 \times 9,81 \times 0,008$$

$$R_R = 7,7257 \text{ N}$$

c. Slope resistance

Ketika menanjak, sepeda membutuhkan daya yang cukup untuk membawa beban sendiri ditambah berat yang ditopang. Ini merupakan pengaruh dari kemiringan jalan dan kecepatan. Semakin bertambahnya ketinggian, maka energi potensial juga meningkat.

$$R_S = m_t \times g \times \text{Sin}\theta$$

Dimana:

R_S = Gaya slope resistance

m_t = massa total

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

$\text{Sin}\theta$ = Gradien kemiringan jalan untuk kecepatan 30 km/jam sebesar 10% =5,71°
(Direktorat Jenderal Bina Marga 1997)

Maka perhitungannya adalah:

$$R_S = 98,442 \times 9,81 \times \text{Sin}(5,71)$$

$$R_S = 96,0823 \text{ N}$$

d. Hambatan total

Setelah semua perhitungan hambatan didapat maka selanjutnya menjumlah seluruh hambatan untuk mendapatkan nilai beban hambatan total.

- Hambatan total pada jalan aspal datar

$$F_t = R_A + R_R$$

$$F_t = 20,8167 + 3,8628$$

$$F_t = 24,6795 \text{ N}$$

- Hambatan total pada jalan aspal menanjak

$$F_t = R_A + R_R + R_S$$

$$F_t = 20,8167 + 3,8628 + 96,0823$$

- Hambatan total pada jalan tanah datar

$$F_t = R_A + R_R$$

$$F_t = 20,8167 + 7,7257$$

$$F_t = 28,5424 \text{ N}$$

- Hambatan total pada jalan tanah menanjak

$$F_t = R_A + R_R + R_S$$

$$F_t = 20,8167 + 7,7257 + 96,0823$$

$$F_t = 120,7618 \text{ N}$$

$$F_t = 124,6247 \text{ N}$$

e. Daya motor

Daya motor yang dibutuhkan diperoleh dengan mengalikan beban total (F_t) dengan kecepatan (V). Kecepatan diperoleh dengan asumsi perkiraan kecepatan yang diharapkan. Pada rancangan sepeda yang akan dibuat saat ini diharapkan dikendarai di jalan aspal dan tanah dengan kecepatan 30 km/jam. Maka daya motor yang dibutuhkan sebesar:

- Daya motor pada jalan aspal datar

$$P = F_t \times V$$

$$P = 24,6795 \text{ N} \times 30 \text{ km/jam}$$

$$P = 24,6795 \text{ N} \times 8,33 \text{ m/s}$$

$$P = 205,5802 \text{ watt}$$

- Daya motor pada jalan tanah datar

$$P = F_t \times V$$

$$P = 28,5424 \text{ N} \times 30 \text{ km/jam}$$

$$P = 28,5424 \text{ N} \times 8,33 \text{ m/s}$$

$$P = 237,7581 \text{ watt}$$

- Daya motor pada jalan aspal menanjak

$$P = F_t \times V$$

$$P = 120,7618 \text{ N} \times 30 \text{ km/jam}$$

$$P = 120,7618 \text{ N} \times 8,33 \text{ m/s}$$

$$P = 1005,9457 \text{ watt}$$

- Daya motor pada jalan tanah menanjak

$$P = F_t \times V$$

$$P = 124,6247 \text{ N} \times 30 \text{ km/jam}$$

$$P = 124,6247 \text{ N} \times 8,33 \text{ m/s}$$

$$P = 1038,1237 \text{ watt}$$

Dari data diatas dibutuhkan mesin dengan daya 205,5802 watt sampai 1038,1237 watt, sedangkan motor yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 4.5 Motor BLDC 48 V 500 Watt

(sumber: dokumen pribadi)

Nama : BLDC motor hub 16 inch

Ukuran lebar poros : 135 mm

Diameter poros : 14 mm

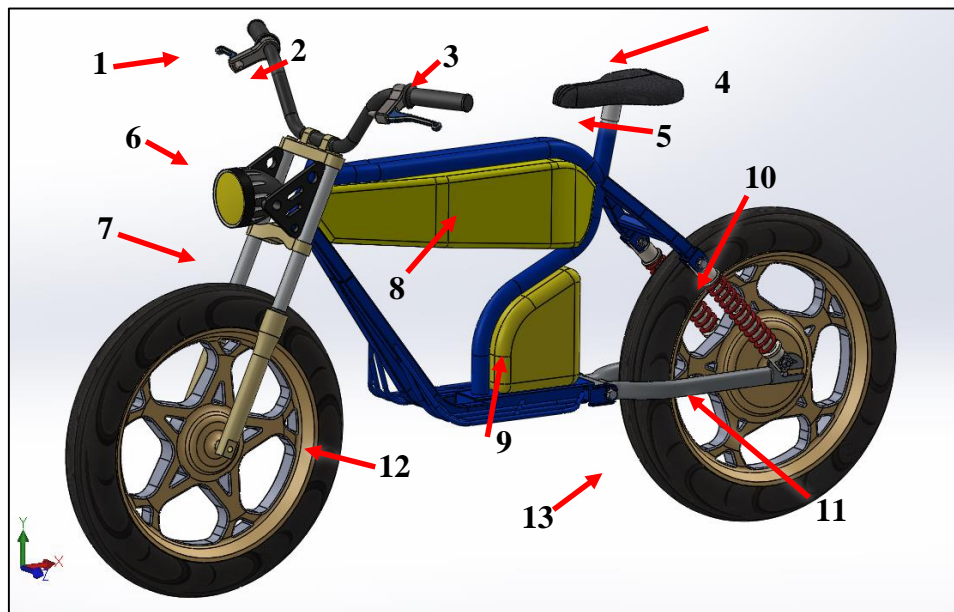
Nilai tegangan : 48 volt

Power : 500 watt
Kecepatan : 40 km/jam
Ban model : 16 x 3.0 inch
Desain rem : Tromol
Lokasi kabel : Kiri

Dengan demikian daya motor yang akan digunakan lebih kecil dari daya hambat maksimal yang diterima, maka motor yang sesuai dengan perhitungan hambatan diatas harus memiliki daya 1250 watt.

PROSES PERANCANGAN DESAIN

Model desain sepeda yang akan dipakai merupakan model sepeda yang berjenis sepeda boardtrack. Rancangan desain ini berjenis 3D yang dibuat dengan menggunakan software Solidworks. Berikut ini rancangan desain dari model rangka sepeda:



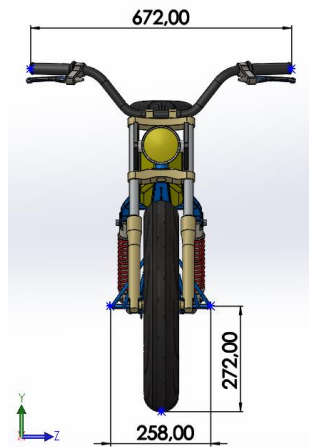
Gambar 4.6 Desain model sepeda
(sumber: dokumen pribadi)

Keterangan gambar:

- | | |
|---------------|-------------------|
| 1. Handle rem | 8. Box aki |
| 2. Handle bar | 9. Box controller |
| 3. Handgrip | 10. Shockbreaker |
| 4. Sadel | 11. Swing arm |
| 5. Seatpost | 12. Roda depan |

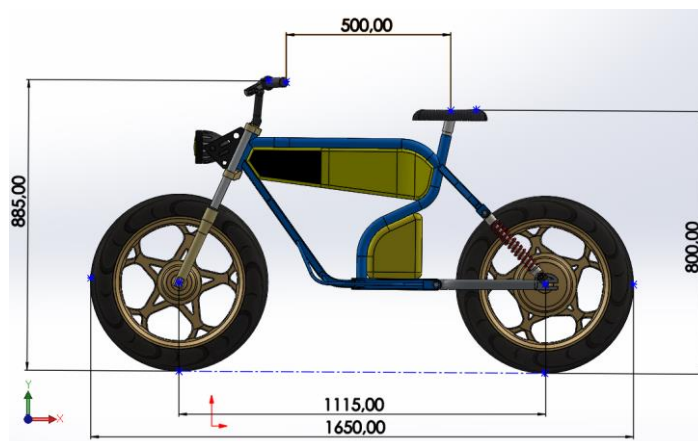
- 6. Headlamp
- 7. Fork

13. Roda belakang



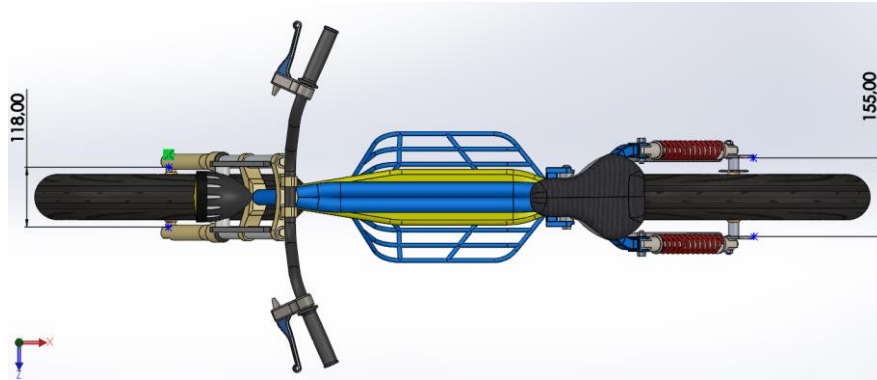
Gambar 4.7 Rancangan sepeda tampak depan
(sumber: dokumen pribadi)

Dari gambar 4.7 diatas diketahui lebar handlebar sepanjang 67,2 cm, lebar pijakan 25,8 cm dan tinggi pijakan dari permukaan jalan adalah 27,2 cm.



Gambar 4.8 Rancangan sepeda tampak samping
(sumber: dokumen pribadi)

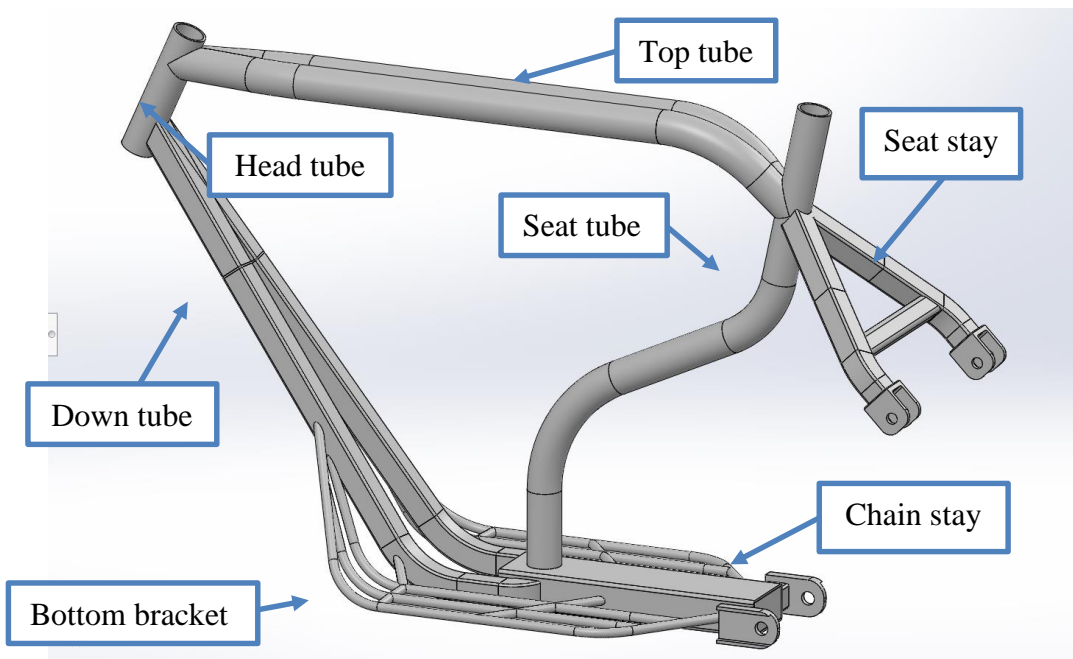
Dari gambar 4.8 diatas diketahui tinggi handlebar dari permukaan jalan sebesar 88,5 cm, tinggi sadel dari permukaan jalan sebesar 80 cm, jarak sadel dengan handlebar sebesar 50 cm, jarak sumbu roda depan dengan roda belakang sebesar 111,5 cm dan panjang sepeda dari roda depan dengan roda belakang sebesar 165 cm.



Gambar 4.9 Rancangan sepeda tampak atas
(sumber: dokumen pribadi)

Dari gambar 4.9 diatas diketahui lebar sumbu roda depan sebesar 11,8 cm dan lebar sumbu roda belakang sebesar 155 cm.

4.2.2 Sub rangka



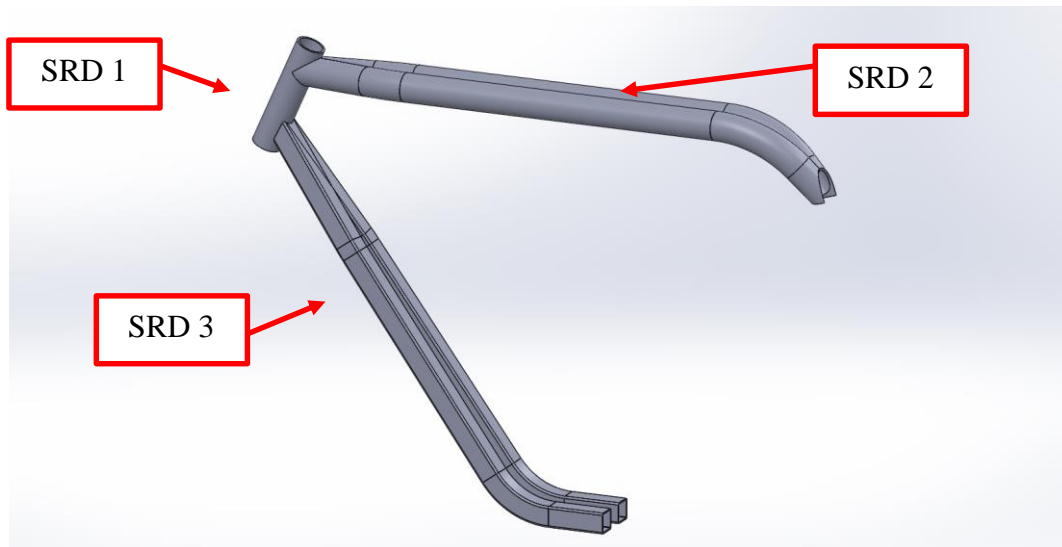
Gambar 4.10 Rancangan desain rangka
(sumber: dokumen pribadi)

1. Sub rangka depan

Pada sub rangka depan terdiri dari head tube, top tube dan down tube. Berikut dimensi dan bentuk profil pipa yang digunakan pada tiap sub rangka:

- SRD 1 : Menggunakan pipa dengan profil cilider tube dengan diameter luar pipa 30 mm, diameter dalam pipa 25,5 mm.

- SRD 2 : Menggunakan pipa dengan profil cilinder tube yang berjumlah 2 dengan ukuran tiap pipa memiliki diameter luar pipa 30 mm, diameter dalam pipa 25,5 mm.
- SRD 3 : Menggunakan pipa dengan profil rectangular tube yang berjumlah 2 dengan ukuran tiap pipa memiliki ukuran lebar dan tinggi sebesar 22 mm, tebalnya 1,5 mm.

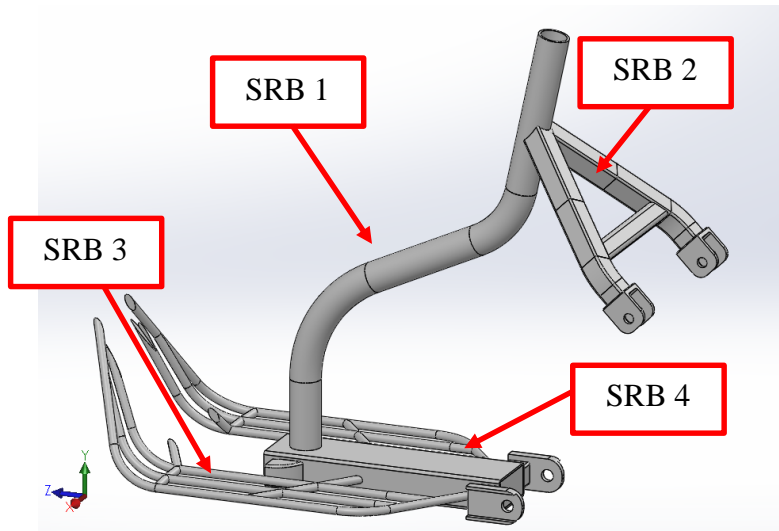


Gambar 4.11 Sub rangka depan
(sumber: dokumen pribadi)

2. Sub rangka belakang

Pada sub rangka belakang terdiri dari seat tube, seat stay, bottom bracket dan chain stay. Berikut dimensi dan bentuk profil pipa yang digunakan pada tiap sub rangka:

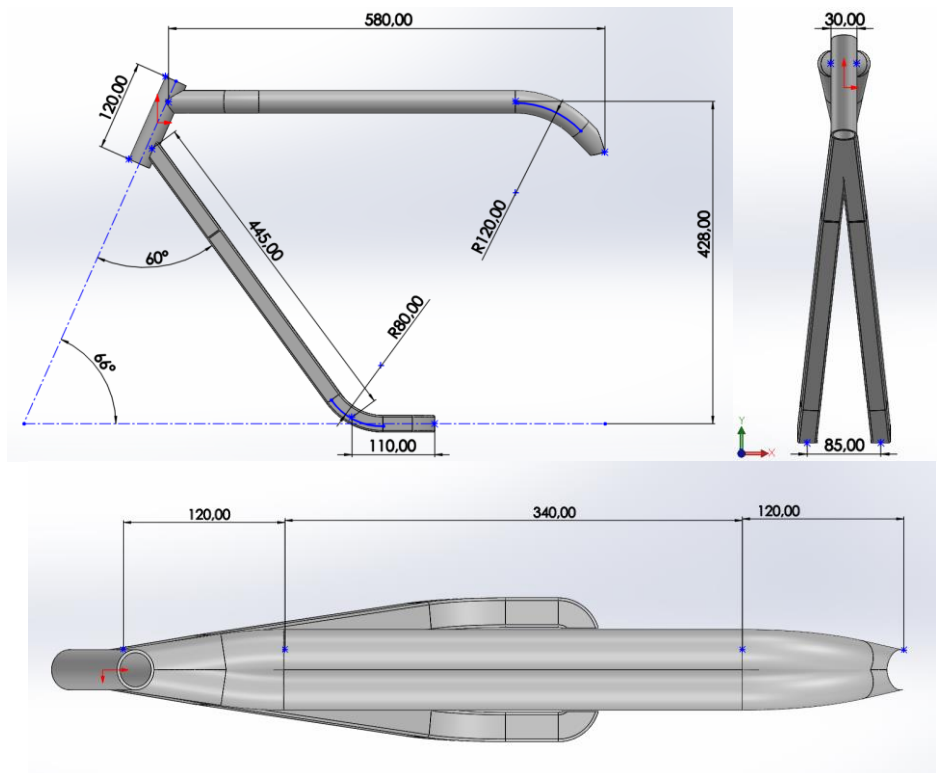
- SRB 1 : Menggunakan pipa dengan profil cilider tube dengan diameter luar pipa 30 mm, diameter dalam pipa 25,5 mm.
- SRB 2 : Menggunakan pipa dengan profil rectangular tube yang berjumlah 2 dengan ukuran tiap pipa memiliki lebar dan tinggi sebesar 22 mm, tebalnya 1,5 mm.
- SRB 3 : Menggunakan penampang dengan profil silinder dengan diameter 8 mm
- SRB 4 : Menggunakan pipa dengan profil rectangular tube dengan ukuran lebar 62 mm dan tinggi sebesar 33 mm, tebalnya 2 mm.



Gambar 4.12 Sub rangka belakang
(sumber: dokumen pribadi)

4.2.3 Ukuran Rancangan Rangka 2D

1. Rancangan sub rangka depan

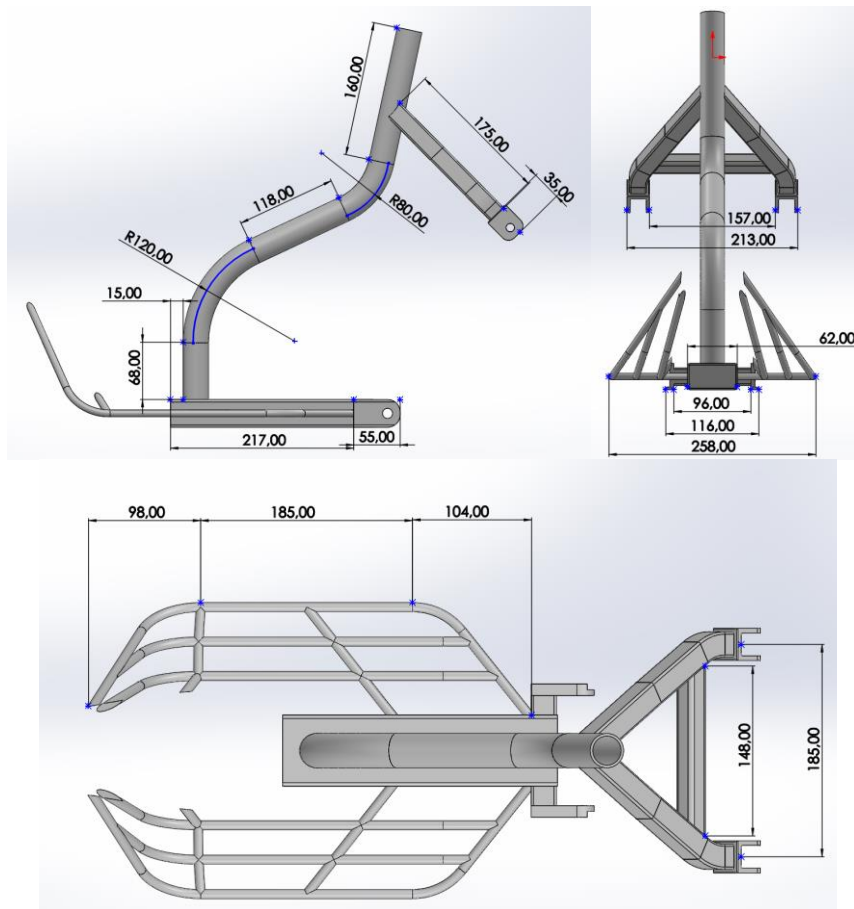


Gambar 4.13 Dimensi sub rangka depan

(sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.13, profil head tube memiliki panjang 120 mm dengan sudut kemiringan 66°. Kemudian pada profil top tube terdiri dari dua profil yang bercabang dengan panjang total 580 mm dan jarak antar profil pada top tube sebesar 30 mm, radius pada bagian lengkungan belakang sebesar 120 mm, jarak tinggi antara top tube dengan down tube sebesar 428 mm. Profil down tube terdiri dari dua profil yang bercabang, memiliki sudut kemiringan 60° dengan panjang ke bawah sebesar 445 mm dan panjang ke belakang sebesar 110 mm dengan radius 80 mm, jarak antar tiap profil down tube sebesar 85 mm.

2. Rancangan sub rangka belakang



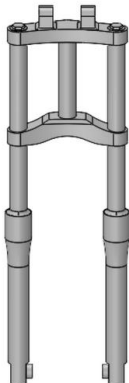


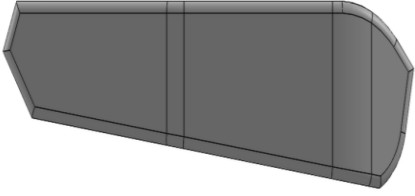

Gambar 4.14 Dimensi sub rangka belakang

(sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.14, profil seat tube memiliki panjang dari bottombracket ke atas sebesar 68 mm kemudian melengkung ke belakang dengan radius 120 mm, kemudian panjang ke belakang sebesar 118 mm, selanjutnya melengkung ke atas dengan radius 80 mm dan panjang ke atas sebesar 160 mm. Berikutnya pada profil seat stay terdiri dari dua profil yang bercabang dengan panjang ke belakang sebesar 175 mm dan lebar antar profil sebesar 185 mm, terdapat profil penghubung antar profil seat stay dengan bentuk rectangular tube dengan panjang 148 mm. Pada profil pijakan terdiri dari penampang silinder dibuat dengan bentuk anyaman dengan lebar 258 mm, panjang total dari depan ke belakang sebesar 387 mm. Selanjutnya pada profil chain stay terdiri dari profil rectangular dengan panjang 240 mm dan lebar 62 mm.

4.2.4 Desain of Assembly

No	Metode Penggabungan	Gambar	Fungsi yang harus dipenuhi
1	Cascade		<p>Dapat menahan beban dan menjadi pijakan yang kuat dalam menahan beban tubuh jadi untuk titik imbang dan bahan harus kokoh</p>
2	Knock Down		<p>Dapat menjadi kemudi yang kuat dan seimbang dan tidak mudah lepas jika terkena hentakan</p> <p>Ukuran handgrip harus pas</p>
3	Cascade		<p>Dapat menjadi tumpuan yang kuat untuk menerima beban dan hentakan dan untuk ukuran dan pemasangan rangkaian harus dalam jarak dan ukuran yang pas</p>

4	Knock Down		<p>Untuk tempat penempatan aki jadi perlu ukuran yang pas dan lebar yang pas agar tidak menghalangi kaki saat berkendara dan cukup untuk tempat aki</p>
4	Knock Down		<p>Untuk tempat duduk ini sangat rawan jadi harus sangat pas dikarenakan rangka ini tempat selain sebagai tempat duduk juga sebagai titik middle keseimbangan</p>

4.2.5 Pemberian beban/load

BERAT PENGENDARA

Pembebanan dilakukan sebagai salah satu tahapan proses dari simulasi static structural pada software ANSYS. Beban dari pengendara didistribusikan kepada struktur rangka sepeda sesuai dengan ergonomi bentuk tubuh pengendara. Nilai ergonomi dari tubuh pengendara dipisahkan menjadi bagian-bagian terpisah, seperti kepala, leher, lengan, tangan, batang tubuh, paha, betis dan kaki.

Tabel 4.3 Tabel Estimasi Setiap Segment Massa Pada Tubuh Manusia (Kroemer-Elbert.1990)

<i>Segment</i>	<i>Empirical equation</i>	<i>Standard error of estimate</i>
Head	$0.0306W + 2.46$	0.43
Head and neck	$0.0534W + 2.33$	0.60
Neck	$0.0146W + 0.60$	0.21
Head, neck and torso	$0.5940W - 2.20$	2.01
Neck and torso	$0.5582W - 4.26$	1.72
Total arm	$0.0505W + 0.01$	0.35
Upper arm	$0.0274W - 0.01$	0.19
Forearm and hand	$0.0233W - 0.01$	0.20
Forearm	$0.0189W - 0.16$	0.15
Hand	$0.0055W + 0.07$	0.07
Total leg	$0.1582W + 0.05$	1.02
Thigh	$0.1159W - 1.02$	0.71
Shank and foot	$0.0452W + 0.82$	0.41
Shank	$0.0375W + 0.38$	0.33
Foot	$0.0069W + 0.47$	0.11

Berdasarkan tabel yang didapat dari buku engineering physiology bases of human factors engineering/ergonomic(Kroemer, Kroemer, and Kroemer-Elbert 2010), gaya yang digunakan dalam pengujian kekuatan material rangka dapat dihitung menggunakan perhitungan empiris tersebut.

Pembebanan/load dari tubuh pengendara yang akan ditempatkan pada rangka untuk simulasi static structural akan ditempatkan pada 3 titik dengan berat pengendara yang ditetapkan sebesar $W=80\text{kg}$, berikut perhitungan pada tiap titik pembebanan:

- Titik pertama adalah gaya F_1 , dimana gaya F_1 terdiri dari berat bagian tubuh kepala, leher dan batang tubuh. Perhitungan gaya F_1 yaitu gaya head, neck and torso ($0.5940W - 2.20$) dikali gravitasi:

$$F_1 = (0.5940W - 2.20) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_1 = 423,0072 N$$

- b. Titik kedua adalah gaya F2, dimana gaya F2 terdiri dari berat bagian tubuh lengan atas, lengan bawah dan tangan. Perhitungan gaya F2 yaitu gaya total arm (0.0505W + 0.01) dikali gravitasi:

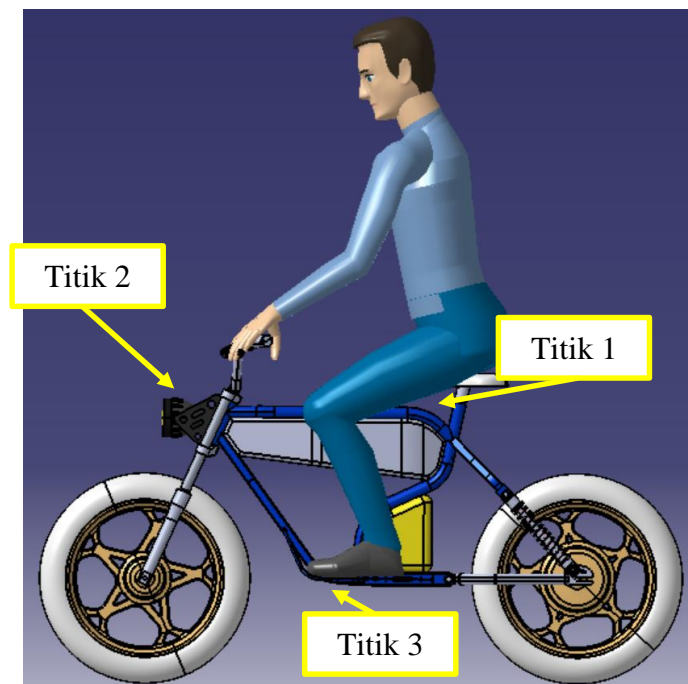
$$F_2 = (0.0505W + 0.01) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_2 = 39,7305 N$$

- c. Titik ketiga adalah gaya F3, dimana gaya F3 terdiri dari berat bagian tubuh paha, betis dan kaki. Perhitungan gaya F3 yaitu gaya total leg (0.1582W+0.05) dikali gravitasi:

$$F_3 = (0.1582W + 0.05) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_3 = 125,1363 N$$



Gambar 4.16 Titik pembebanan pada rangka
(sumber: dokumen pribadi)

BERAT RANGKA

- Baja AISI 1020

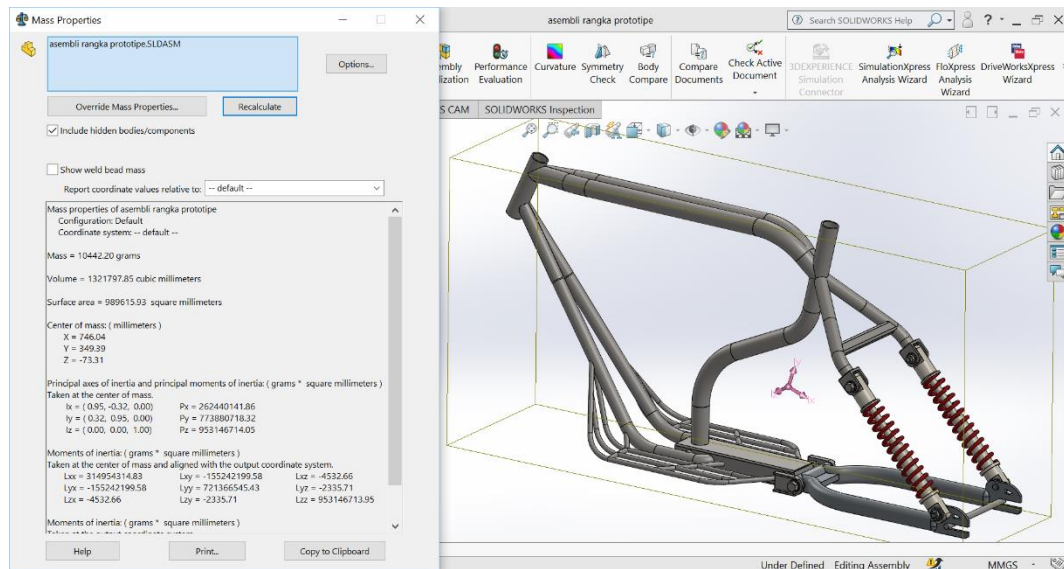
Berdasarkan analisa perhitungan berat rangka dengan material baja AISI 1020 menggunakan fitur mass properties dalam software Solidwork sebesar 10634,79 gram

atau 10,63479 kg. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 10,442 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 102,4360 \text{ N}$$



Gambar 4.17 Mass properties rangka baja AISI 1020

(sumber: dokumen pribadi)

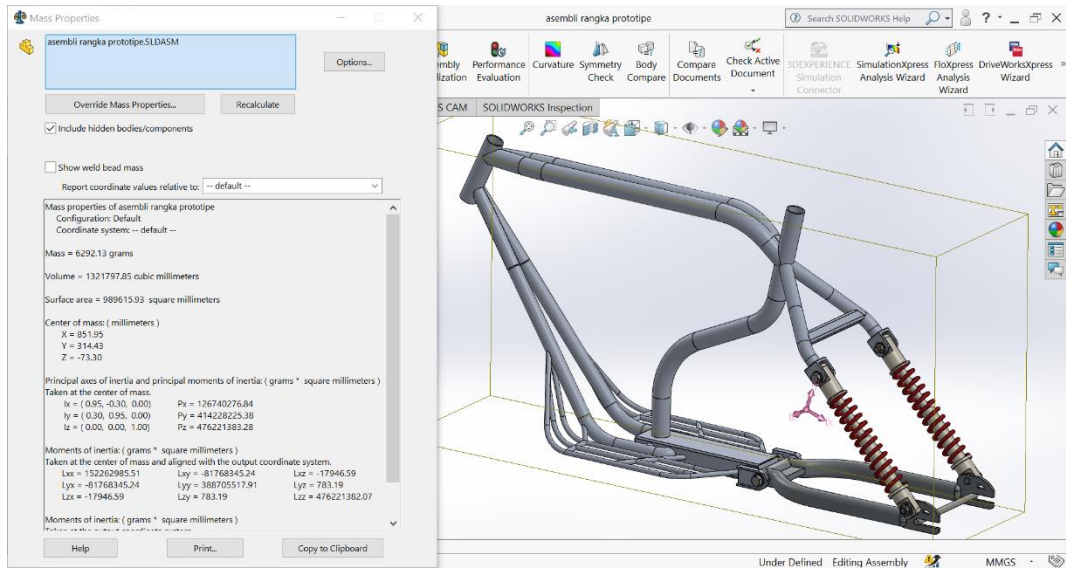
- Aluminium 6061

Berdasarkan analisa perhitungan berat rangka dengan material aluminium Alloy 6061 menggunakan fitur mass properties dalam software solidwork sebesar 6357,95 gram atau 6,35795 kg. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 6,2921 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 61,7255 \text{ N}$$



Gambar 4.18 Mass properties rangka aluminium 6061

(sumber: dokumen pribadi)

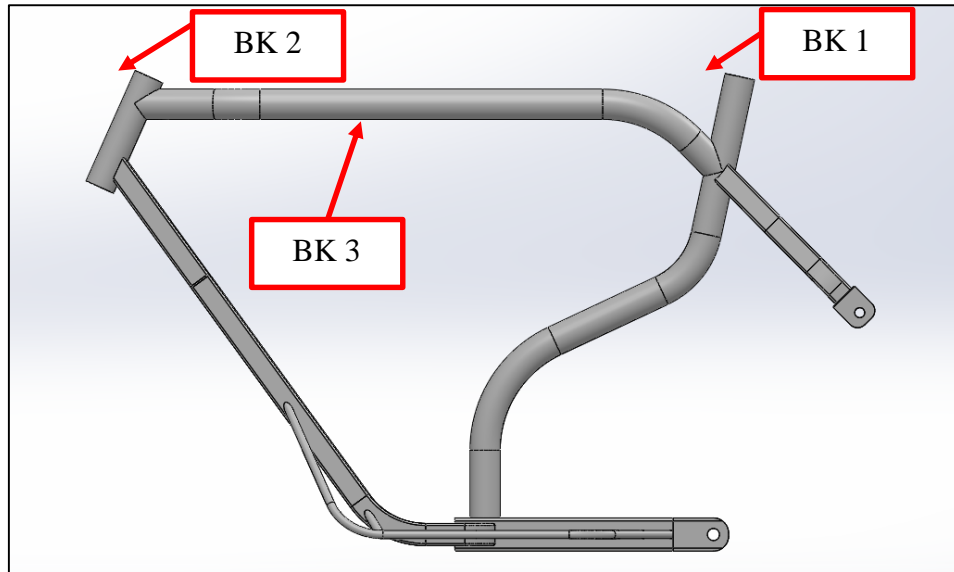
BERAT KOMPONEN SEPEDA

Berikut komponen yang ditopang oleh rangka sepeda beserta beratnya:

Tabel 4.4 Tabel berat komponen yang ditopang rangka

Komponen sepeda	Berat	Jumlah	Berat Total
Throttle set/handel gas	300 g	1	0,3 kg
Handle rem set	300 g	2	0,6 kg
Handlebar/stir	650 g	1	0,65 kg
Controller	250 g	1	0,25 kg
Reducer	107 g	1	0,107 kg
Aki	1280 g	4	5,12 kg
Sadel	500 g	1	0,5 kg
Seatpost	330 g	1	0,33 kg
Total	3717 g	12	8 kg

Pembebanan/load dari komponen sepeda yang akan ditempatkan pada rangka untuk simulasi static structural akan ditempatkan pada 3 titik dengan pembagian berat ini sesuai dengan penempatan posisi komponen dilektakkan.



Gambar 4.19 Letak pembebanan komponen sepeda
(sumber: dokumen pribadi)

Titik pembebanan untuk Berat Komponen(BK) pada titik satu ditempatkan pada permukaan seat tube bagian atas dengan komponen meliputi sadel dan seatpost. Pembebanan komponen pada titik dua ditempatkan pada permukaan head tube bagian atas dengan komponen meliputi throttle, handle rem, dan handlebar. Pembebanan komponen pada titik tiga ditempatkan pada permukaan top tube bagian bawah dengan komponen meliputi controller, reducer dan baterai/aki.

Berat total pada titik pembebanan komponen sepeda adalah berat setiap komponen pada setiap titik pembebanan dikalikan dengan gravitasi yaitu sebagai berikut:

$$F = (m_{komponen}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

- Berat Komponen 1

$$F_1 = (m_{sadel} + m_{seatpost}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_1 = (0,5 \text{ kg} + 0,33 \text{ kg}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_1 = 8,1423 \text{ N}$$

- Berat Komponen 2

$$F_2 = (m_{throttle} + m_{handlerem} + m_{handlebar}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_2 = (0,3 \text{ kg} + 0,6 \text{ kg} + 0,65 \text{ kg}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_2 = 15,2055 \text{ N}$$

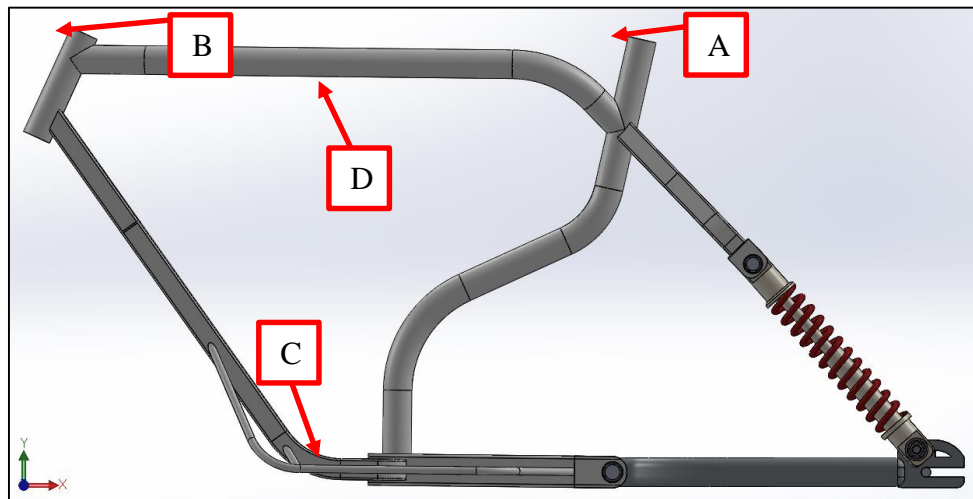
- Berat Komponen 3

$$F_3 = (m_{controller} + m_{reducer} + m_{aki}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_3 = (0,25 \text{ kg} + 0,107 \text{ kg} + 5,12 \text{ kg}) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_3 = 53,7294 \text{ N}$$

PEMBEBANAN PADA RANGKA



Gambar 4.20 Letak pembebanan total rangka

(sumber: dokumen pribadi)

Dari perolehan penghitungan pembebanan yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya menggabungkan pembebanan dari berat pengendara dengan berat komponen yang ditopang oleh rangka sesuai penempatan yang telah ditentukan. Dari penggabungan beban berat pengendara dan beban oleh komponen sepeda maka didapat 4 titik letak posisi pembebanan pada rangka sesuai dengan gambar 4.20, berikut total beban pada tiap titik pembebanan rangka:

- Titik A = F_1 berat pengendara 1 ditambah dengan F_1 berat komponen 1

$$F_A = 423,0072 \text{ N} + 8,1423 \text{ N}$$

$$F_A = 431,1495 \text{ N}$$

- Titik B = F_2 berat pengendara 2 ditambah dengan F_2 berat komponen 2

$$F_B = 39,7305 \text{ N} + 15,2055 \text{ N}$$

$$F_B = 54,936 \text{ N}$$

- Titik C = titik C berisi perhitungan F_3 berat pengendara 3

$$F_C = 125,1363 \text{ N}$$

- Titik D = untuk titik D hanya berisi perhitungan F_3 berat komponen 3

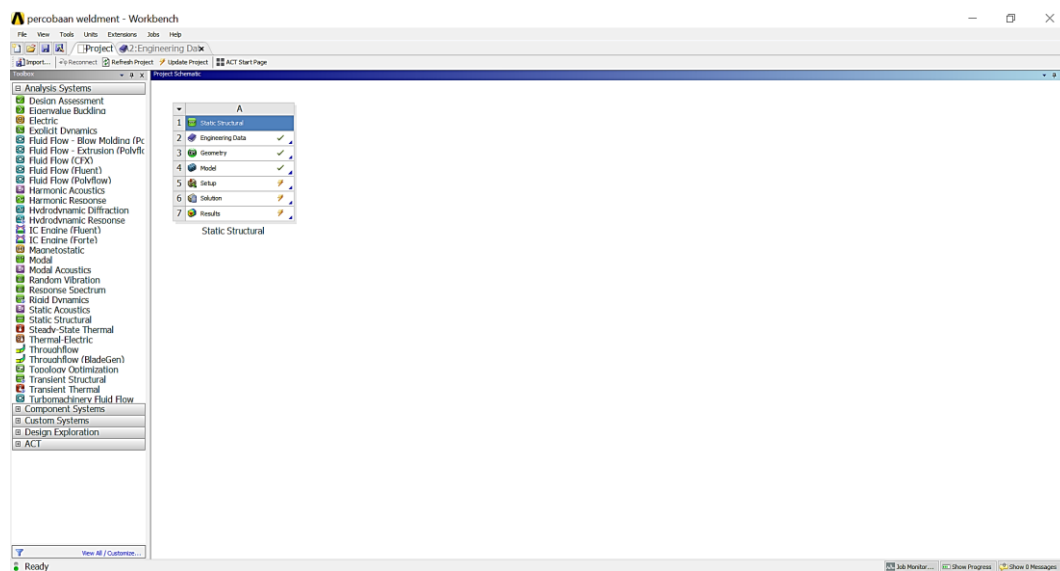
$$F_D = 53,7294 \text{ N}$$

4.3 Simulasi FEM (Finite Element Method)

Simulasi perhitungan FEM atau metode elemen hingga pada penelitian ini dilakukan menggunakan software ANSYS static structural, untuk melihat fenomena perubahan struktur yang terjadi akibat adanya deformasi pada desain rangka yang telah ditentukan.

4.3.1 Proses pemrograman simulasi

Setelah didapatkan rancangan desain untuk model rangkanya, tahap selanjutnya yaitu melakukan proses simulasi pada software ANSYS WORKBENCH. Tahapan awal yang dilakukan pada software Ansys Workbench yaitu mengatur engineering data, kemudian memasukan geometri gambar yang sudah dibuat, berikutnya melakukan proses meshing dan memasukkan variabel-variabel yang dibutuhkan untuk dilakukannya simulasi.



Gambar 4.21 Tampilan awal program ANSYS Workbench

(sumber: dokumen pribadi)

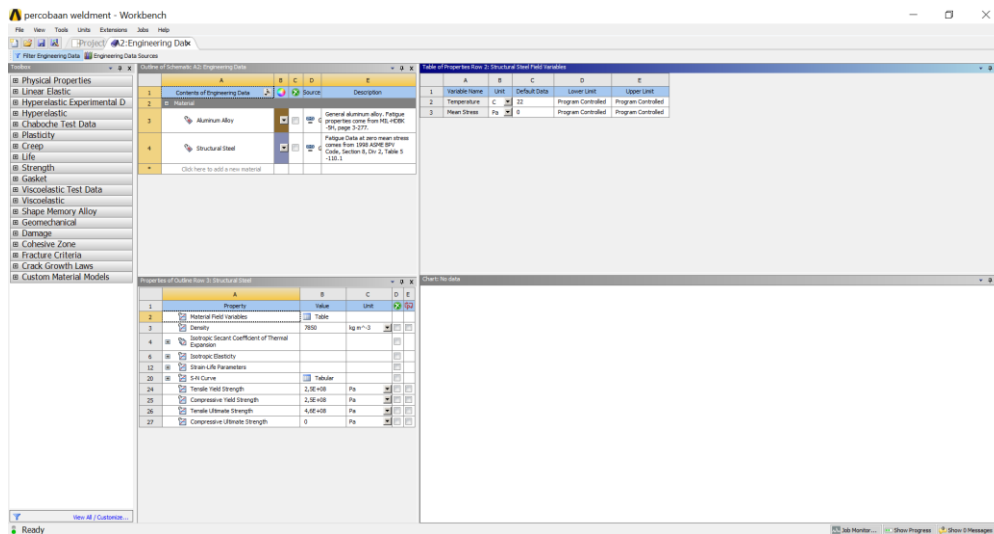
Pada simulasi ANSYS Workbench kali ini menggunakan fitur analysis system static structural yang dimana akan digunakan dalam perhitungan analisa kekuatan statis dari desain rangka.

Tahapan dalam proses pemrograman statik struktural:

1. Engineering data

Pada tahap ini dilakukan pemilihan jenis material pada geometri sepeda yang akan disimulasikan. Material yang digunakan adalah material baja AISI 1020 dengan nilai

yield strength dan ultimate tensile strength sesuai dengan rata-rata hasil pengujian tarik yang telah didapat dimana yield strength sebesar $202,0606 \text{ N/mm}^2$ dan ultimate tensile strength sebesar $291,6134 \text{ N/mm}^2$, dan juga untuk Aluminium Alloy 6061 menggunakan nilai yield strength dan ultimate tensile strength sesuai dengan rata-rata hasil pengujian tarik yang telah didapat dimana yield strength sebesar $130,4531 \text{ N/mm}^2$ dan ultimate tensile strength sebesar $142,1252 \text{ N/mm}^2$. Hal ini bertujuan agar nilai yield dan ultimate tensilnya sesuai dengan keadaan asli material yang digunakan pada prototipe sepeda yang dibuat.

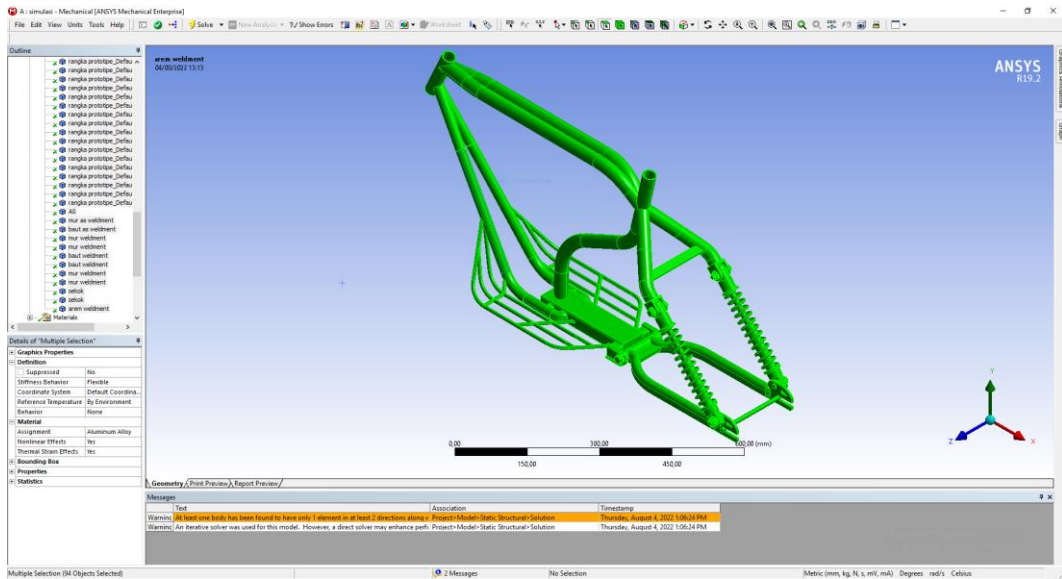


Gambar 4.22 Tampilan Engineering Data Material

(sumber: dokumen pribadi)

2. Geometry

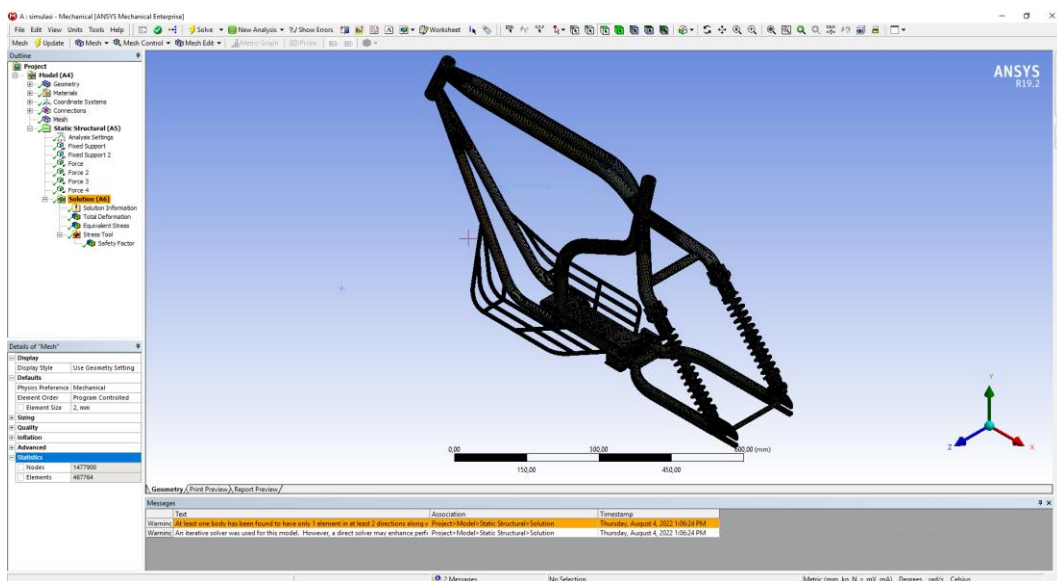
Proses input geometri ini dilakukan untuk memasukkan geometri rancangan desain yang telah dibuat sebelumnya dengan menggunakan software SOLIDWORK yang disimpan dalam bentuk file STEP AP214(*.STEP). Pada tahap ini dapat juga digunakan untuk memeriksa keadaan geometri dari rancangan yang diinput, apakah rancangan desain sudah sesuai dengan apa yang diharapkan dan juga pada tahap ini dapat digunakan untuk mendeteksi geometri dari rancangan yang dibuat mengalami masalah atau tidak oleh pembacaan program ANSYS.



Gambar 4.23 Tampilan Geometry menggunakan Design Modeler
(sumber: dokumen pribadi)

3. Model

Pada tahap ini dilakukan proses pengecekan geometri, menentukan material yang akan digunakan simulasi, menentukan koordinat sistem, menentukan connection atau bagian mana saja yang akan di olah, dan kemudian proses Meshing geometri rancangan, meshing tersebut dilakukan agar proses simulasi numerik dapat dijalankan pada geometri desain rangka. Pada simulasi kali ini didapatkan proses meshing dengan ukuran mesh sebesar 2 mm dengan nodes sebanyak 1.477.900 dan elements sebanyak 467.764, dan bentuk mesh yang dihasilkan berupa tetrahedon dan hexahedon.

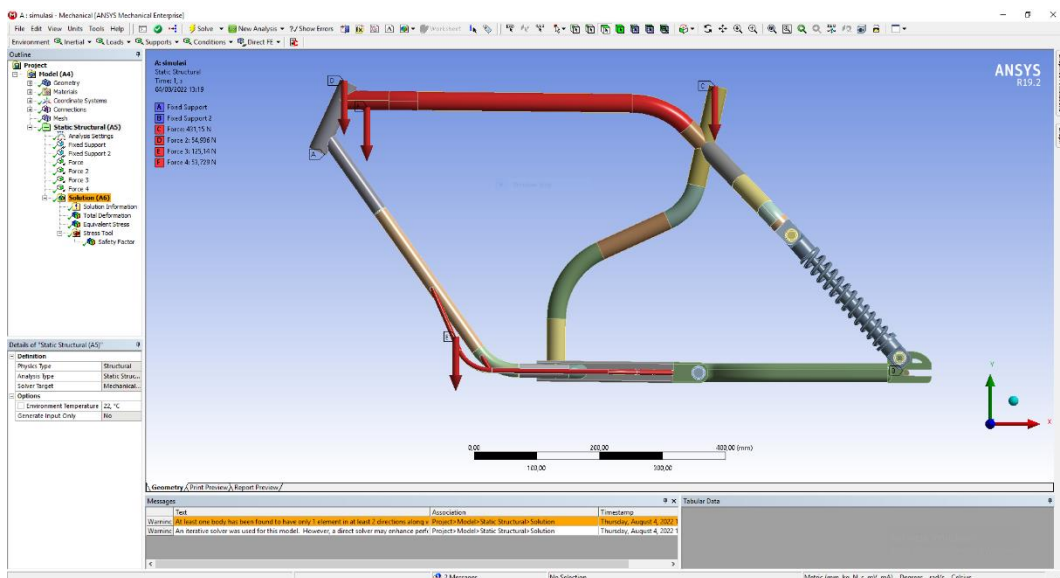


Gambar 4.24 Tampilan Model Static Structural

(sumber: dokumen pribadi)

4. Setup

Tahap setup ini dilakukan untuk menentukan bagian mana saja yang akan menjadi tumpuan dan bagian yang diberi pembebanan. Tumpuan pada rancangan rangka ini terdapat pada permukaan head tube bagian bawah dan poros as roda belakang seperti pada gambar 4.25. Untuk titik pembebanan 1 terletak pada permukaan seat tube bagian atas sebesar 431,1495 N, titik pembebanan ke 2 terletak pada permukaan head tube bagian atas sebesar 54,936 N, titik pembebanan ke 3 terletak pada permukaan pijakant bagian atas sebesar 125,1363 N, titik pembebanan ke 4 terletak pada permukaan top tube bagian bawah sebesar 53,7294 N.

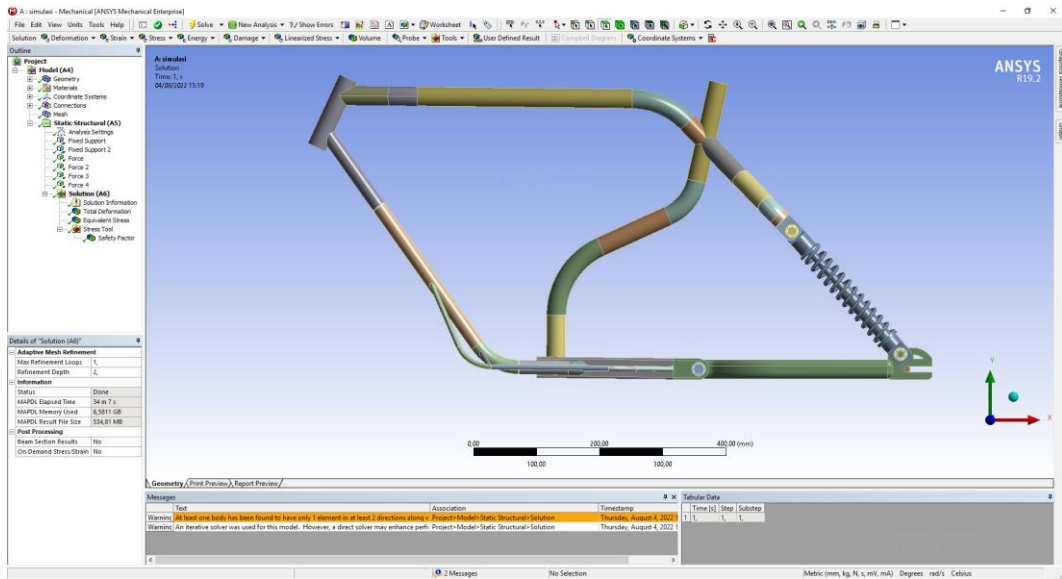


Gambar 4.25 Tampilan Setup Static Structural

(sumber: dokumen pribadi)

5. Solution

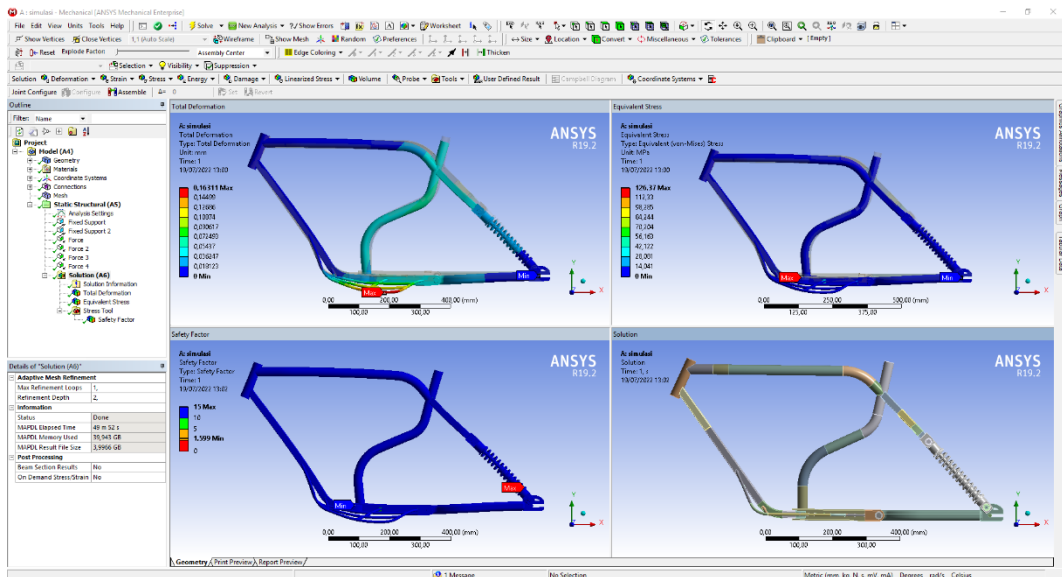
Tahapan berikutnya yaitu memasukkan parameter solusi dimana bentuk hasil dari perhitungan yang diinginkan untuk diproses pada simulasi ini. Parameter yang ditetapkan antara lain: total deformation yang akan digunakan sebagai nilai displacement, equivalent stress(von-mises) sebagai nilai distribusi tegangan, dan safety faktor sebagai nilai angka keamanan. Selanjutnya yaitu proses perhitungan numerik simulasi static structural dijalankan.



Gambar 4.26 Tampilan Solution Static Structural
(sumber: dokumen pribadi)

6. Result

Pada tahap ini menampilkan data hasil perhitungan sesuai dengan yang telah diprogram dalam solution. Data hasil berupa geometry dan report preview yang dapat diambil sebagai hasil perhitungan simulasi pada rancangan rangka.



Gambar 4.27 Tampilan Result Static Structural
(sumber: dokumen pribadi)

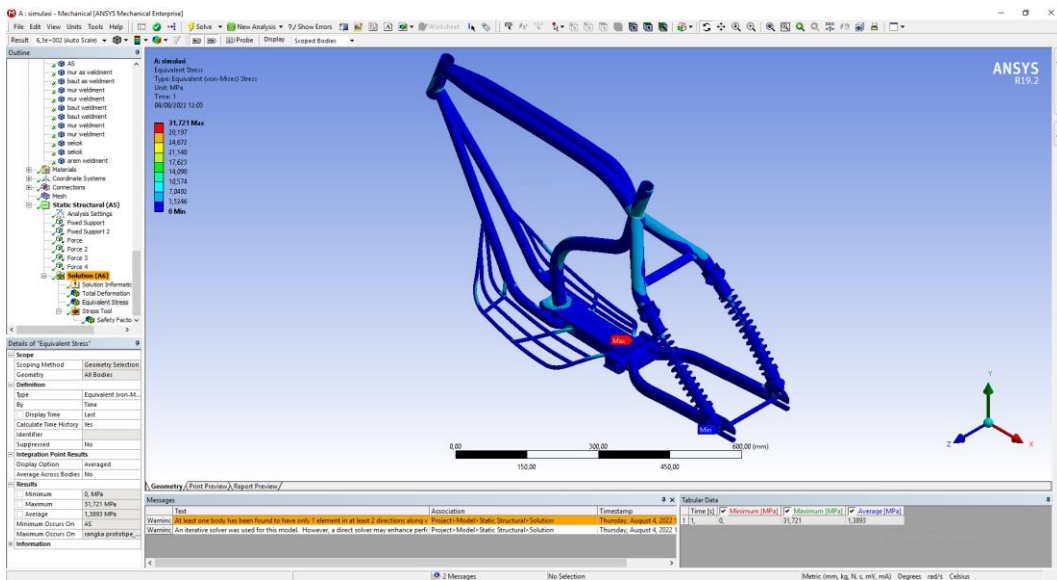
4.4 Parameter Yang Dihasilkan

Data yang dihasilkan dari simulasi berupa gambaran fenomena statika struktur pada rancangan rangka yang dibagi menjadi distribusi tegangan, pergeseran struktur, dan

faktor keamanan. Berikut ini data yang didapatkan dari simulasi setiap rancangan rangka dengan material yang berbeda:

4.4.1 Nilai Distribusi Tegangan

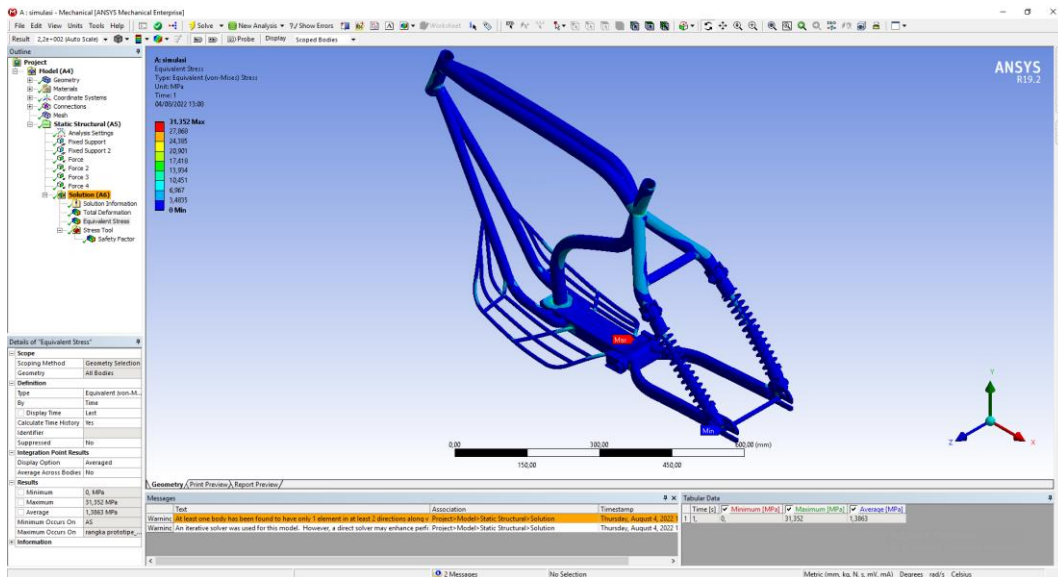
1. Rangka dengan Material Baja AISI 1020



Gambar 4.28 Data nilai distribusi tegangan rangka dengan material baja (sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.28, data menunjukkan rangka dengan material baja AISI 1020 mengalami tegangan dengan nilai equivalent stress maksimal sebesar 31,721 MPa pada profil seat stay bagian atas, nilai equivalent stress minimal sebesar 0 MPa pada poros as roda belakang.

2. Rangka dengan Material Aluminium 6061

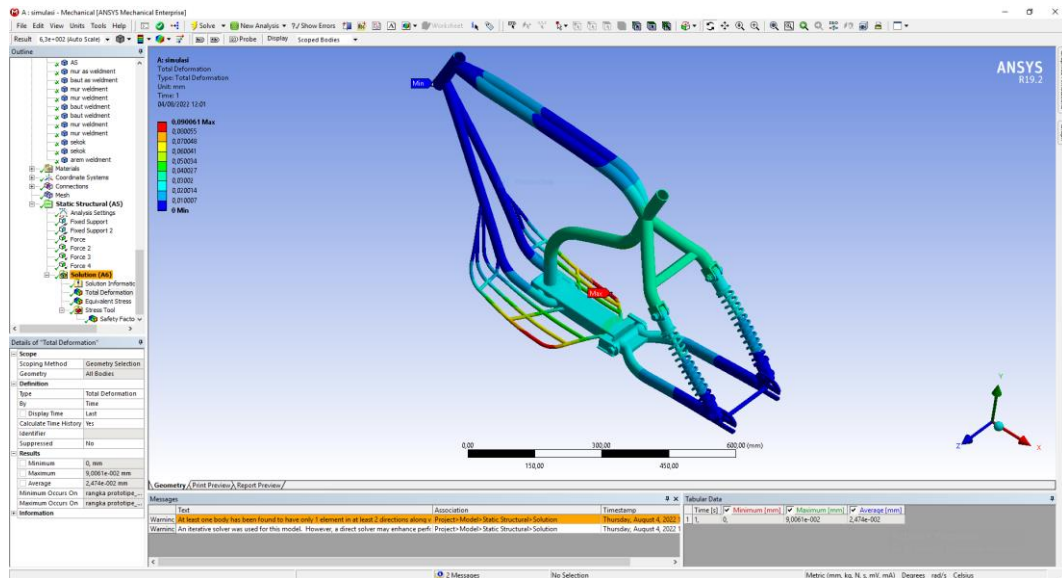


Gambar 4.29 Data nilai distribusi tegangan rangka dengan material aluminium (sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.29, data menunjukkan rangka dengan material aluminium 6061 mengalami tegangan dengan nilai equivalen stress maksimal sebesar 31,352 MPa pada profil seat stay bagian atas, nilai equivalen stres minimal sebesar 0 MPa pada poros as roda belakang.

4.4.2 Nilai Jarak Titik Pergeseran

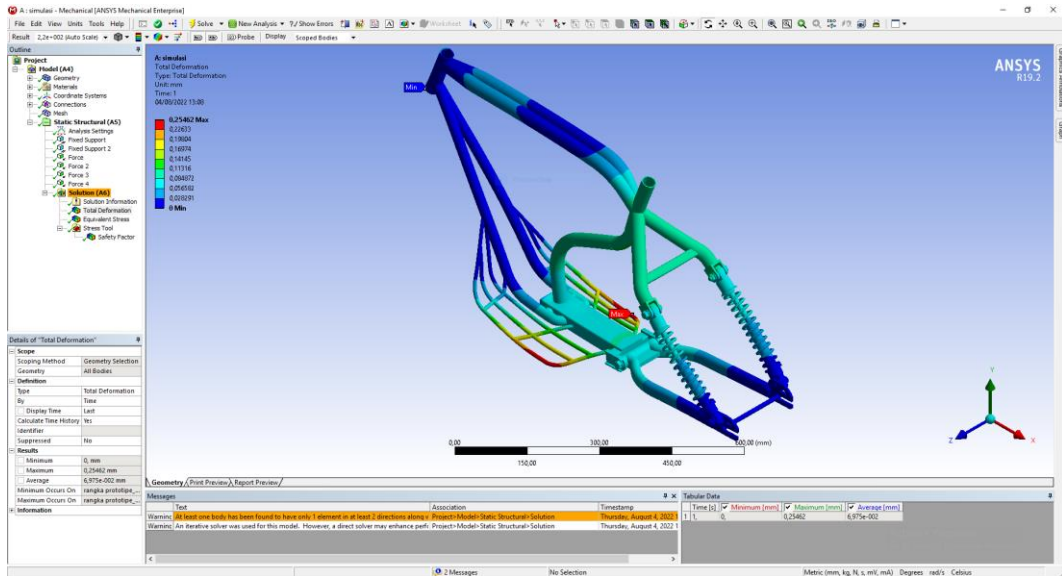
1. Rangka dengan Material Baja AISI 1020



Gambar 4.30 Data nilai jarak pergeseran rangka dengan material baja (sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.30, data menunjukkan rangka dengan material baja AISI 1020 mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai total deformation maksimal sebesar 0,090061 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm pada head tube bagian bawah

2. Rangka dengan Material Aluminium 6061

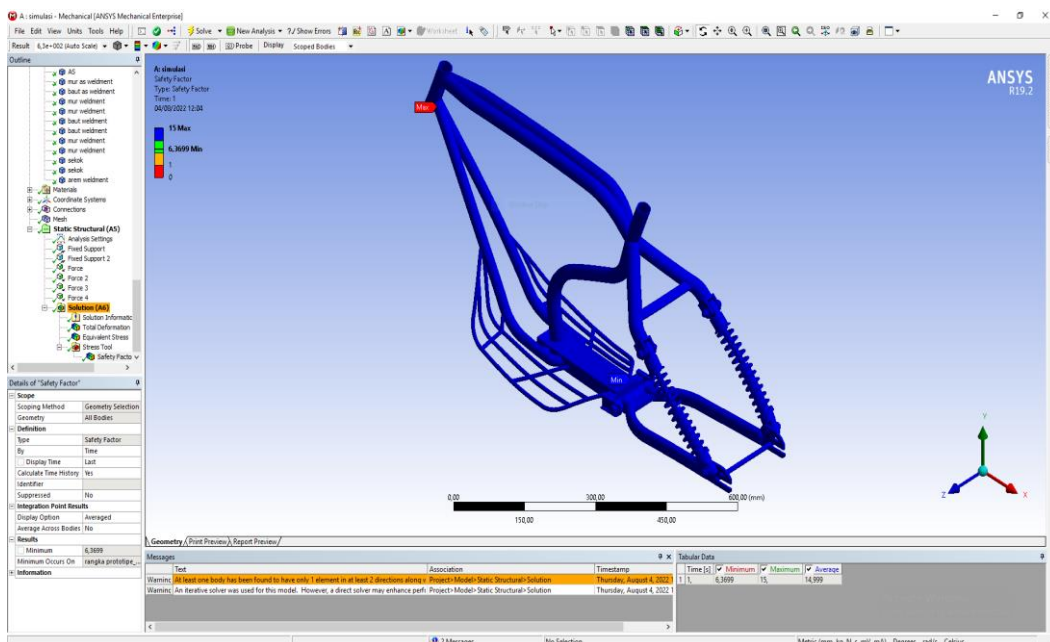


Gambar 4.31 Data nilai jarak pergeseran rangka dengan material aluminium
(sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.31, data menunjukkan rangka dengan material aluminium 6061 mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai total deformation maksimal sebesar 0,25462 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm pada head tube bagian bawah.

4.4.3 Nilai Faktor Keamanan

1. Rangka dengan Material Baja AISI 1020

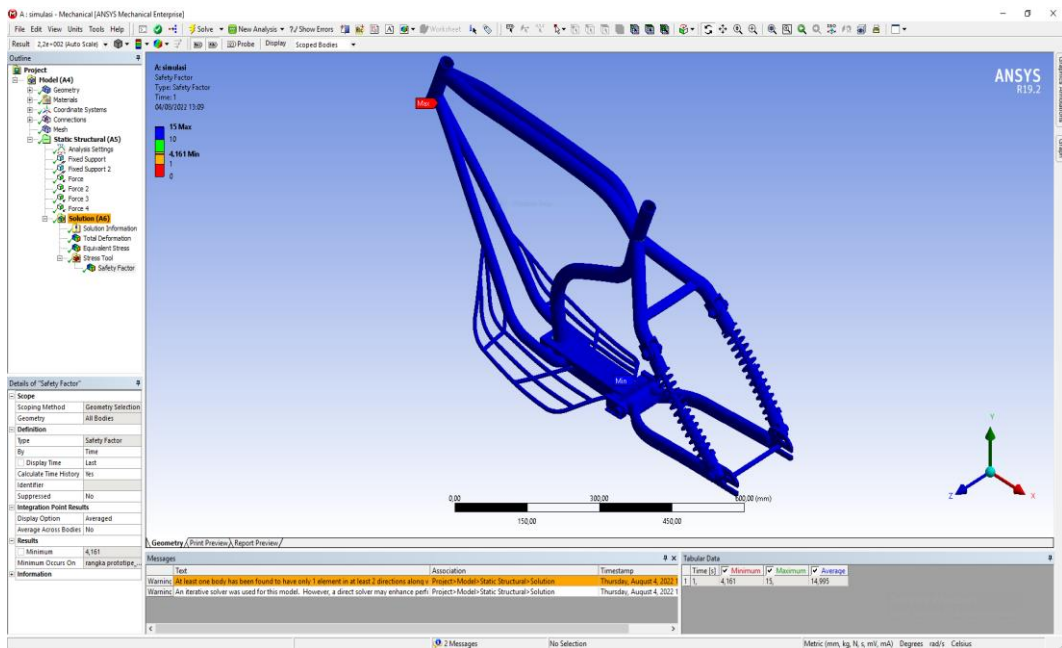


Gambar 4.32 Data nilai faktor keamanan rangka dengan material baja

(sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.32, data menunjukkan rangka dengan material baja AISI 1020 mendapatkan nilai faktor keamanan rangka dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15 pada profil down tube bagian bawah kanan, nilai safety factor minimal sebesar 6,3699 pada profil seat stay bagian atas. Nilai ini menunjukkan bahwa desain rangka mampu menahan gaya yang ditopang maksimal 6,3699 kali dari gaya semula.

2. Rangka dengan Material Aluminium 6061



Gambar 4.33 Data nilai faktor keamanan rangka dengan material aluminium

(sumber: dokumen pribadi)

Pada gambar 4.33, data menunjukkan rangka dengan material aluminium 6061 mendapatkan nilai faktor keamanan rangka dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15 pada down tube bagian bawah kanan, nilai safety factor minimal sebesar 4,161 pada profil seat stay bagian atas. Nilai ini menunjukkan bahwa desain rangka mampu menahan gaya yang ditopang maksimal 4,161 kali dari gaya semula.

4.4.4 Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi FEM yang dilakukan pada rancangan rangka sepeda terhadap variasi penggunaan material rangka yang berbeda, telah didapat data sebagaimana pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Data hasil simulasi

	Aluminium 6061			Baja AISI 1020		
	Distribusi tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor keamanan	Distribusi tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor keamanan
Maks	31,352	0,25462	15	31,721	0,090061	15
Min	0	0	4,161	0	0	6,3699

- Rancangan rangka dengan material Aluminium Alloy 6061 memiliki massa rangka sebesar 6,35795 kg. Pada simulasi rancangan menggunakan material aluminium 6061 telah didapatkan nilai equivalen stress, total deformasi dan nilai safety factor. Nilai equivalen stress pada rangka dengan material aluminium 6061 maksimal sebesar 31,352 MPa pada profil seat stay bagian atas, untuk nilai equivalen stress minimal sebesar 0 MPa pada poros as roda belakang. Nilai total deformasi rangka dengan material aluminium 6061 maksimal sebesar 0,25462 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai total deformasi minimal sebesar 0 mm pada head tube bagian bawah. Nilai safety factor material aluminium 6061 maksimal sebesar 15 pada down tube bagian bawah kanan, nilai safety factor minimal sebesar 4,161 pada seat stay bagian atas.
- Rancangan rangka dengan material Baja AISI 1020 memiliki massa rangka sebesar 10,63479 kg. Pada simulasi rancangan menggunakan material aluminium 6061 telah didapatkan nilai equivalen stress, total deformasi dan nilai safety factor. Nilai equivalen stress pada rangka dengan material baja AISI 1020 maksimal sebesar 31,721 MPa pada profil seat stay bagian atas, nilai equivalen stress minimal sebesar 0 MPa pada poros as roda belakang. Nilai total deformasi material baja AISI 1020 maksimal sebesar 0,090061 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm pada profil head tube bagian bawah. Nilai safety factor material baja AISI 1020 maksimal sebesar 15 pada profil down tube bagian bawah kanan, nilai safety factor minimal sebesar 6,3699 pada profil seat stay bagian atas.

Dari perbandingan tersebut didapat bahwa nilai equivalen stress maksimal pada rancangan rangka dengan material baja AISI 1020 lebih besar dari rancangan rangka dengan material aluminium paduan 6061. Nilai total deformasi maksimal pada rancangan

rangka dengan material aluminium 6061 lebih besar dari rancangan rangka dengan material baja AISI 1020, hal ini dikarenakan nilai tegangan tarik yang menentukan kekuatan bahan pada material aluminium 6061 lebih kecil dari material baja AISI 1020. Nilai angka keamanan minimal pada rancangan rangka dengan material baja AISI 1020 lebih besar dari pada rancangan rangka dengan material aluminium paduan 6061, hal ini membuktikan bahwa rancangan rangka dengan material baja lebih aman untuk dipakai dibandingkan rangka aluminium dikarenakan ketahanan dari rangka baja lebih besar. Dari sini dapat diketahui bahwa perbedaan nilai properti material akan menyebabkan perbedaan nilai kekuatan bahan material tersebut, semakin tinggi tegangan tarik suatu material maka semakin baik material tersebut digunakan karena memiliki ketahanan untuk mempertahankan bentuk dan dimensinya terhadap deformasi yang diterima.

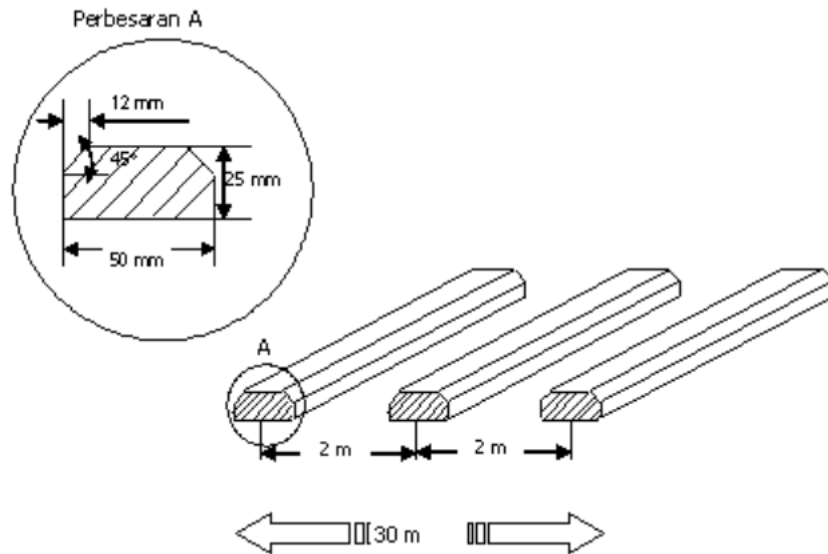
4.5 Lembar Pengujian Kelayakan Jalan

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional(BSN) SNI 1049:2008 tentang Sepeda - Syarat keselamatan, sepeda yang akan diuji disiapkan dalam kondisi:

- a. Semua komponen terakit sesuai dengan standar pengencangan normal.
- b. Mekanisme kemudi dan pergerakan roda tidak terhambat.
- c. Rem bekerja dengan wajar dan tidak menghalangi pergerakan roda.
- d. Kelurusan/eksentrisitas/run out roda sesuai dengan ketentuan pada sub butir 5.5.
- e. Ban dipompa sesuai rekomendasi tekanan yang tercantum pada ban. Bila tidak ada rekomendasi tekanan, maka dipompa pada 80% dari tekanan maksimum yang tercantum pada ban.
- f. Rantai dan mekanisme gir bekerja dengan wajar.

Bila sepeda itu diuji dengan cara dikendarai, maka tinggi sadel dan stang kemudi harus disesuaikan dengan pengendara dan tidak boleh melampaui batas minimum insertion. Berat pengendara berikut beban tidak kurang dari 80 kg, beban tambahan ditempatkan pada punggung pengendara.

Sepeda yang akan diuji disiapkan, tinggi sadel dan stang kemudi disesuaikan dengan pengendara. Sepeda dikendarai minimal 1 km dan harus lima kali pada lintasan 30 m melewati balok kayu dengan ukuran lebar 50 mm, tinggi 25 mm, dan chamfer 12 mm dengan sudut 45° pada bagian ujung. Balok dipasang setiap 2 m sampai jarak lintasan 30 m. Sepeda harus dikendarai pada lintasan yang tidak licin dengan kecepatan yang konstan tidak kurang dari 22 km/jam.



Gambar 4.34 Uji jalan

(sumber: Badan Standarisasi Nasional(BSN) SNI 1049:2008)

Sepeda harus dapat dikemudikan dengan stabil dalam keadaan lurus ataupun berbelok, serta memungkinkan pengendara untuk memegang batang kemudi dengan tangan satu dan tangan lainnya bebas memberi aba-aba tanpa kesulitan serta tidak membahayakan dirinya. Setelah uji jalan, semua mekanisme komponen sepeda harus tidak boleh ada yang rusak, komponen-komponen tidak ada yang kendur atau lepas atau terjadi perubahan penyetalan.




Berikut adalah lembar pengujian jalan yang dilakukan pada prototipe rangka sepeda sesuai dengan standar yang digunakan untuk pengujian jalan pada sepeda.


Tabel 4.6 Lembar pengujian jalan

No	Syarat lolos pengujian	Gambar proses pengujian	Pelaksanaan pengujian	Hasil pengujian
1	Berat pengendara berikut beban tidak kurang dari 80 kg, beban tambahan ditempatkan pada punggung pengendara			
2	Sepeda dikendarai minimal 1 km			
3	Harus lima kali pada lintasan 30 m melewati balok kayu dengan			

	ukuran lebar 50 mm, tinggi 25 mm, dan chamfer 12 mm dengan sudut 45° pada bagian ujung			
4	Sepeda harus dikendarai pada lintasan yang tidak licin dengan kecepatan yang konstan tidak kurang dari 22 km/jam			
5	Sepeda harus dapat dikemudikan dengan stabil dalam keadaan lurus ataupun berbelok			
6	Setelah uji jalan, semua mekanisme komponen sepeda harus tidak boleh ada yang rusak, komponen-komponen tidak ada yang kendor atau lepas atau terjadi perubahan penyetelan			

4.4.5 PROSES MANUFACTURING SCOOTER LISTRIK

Foto	Deskripsi	Pembuatan Pipa	Sambungan Pipa
	<p>Pemotongan pipa besi tebal 1.8mm sesuai gambar Teknik 1:1</p>		
	<p>Kemudian plat yang telah dipotong dibentuk sesuai gambar teknik</p>	<p>Plat di potong untung disambungkan ke pipa chain stay dan untuk tempat memasang roda</p>	<p>Selain itu plat besi digunakan untuk membuat box battery yang akan dipasang dirangka tengah sebagai tempat penyimpanan aki</p>
	<p>Setelah pemotongan plat lanjut ke pemotongan pipa rangka</p>	<p>Pipa 30x30 ketebalan 1,8 mm dipotong dan dibengkokkan agar sesuai rangka</p>	<p>Untuk membengkokkan perlu pipa sambungan pipa lurus dipotong menjadi 2 bagian dan disambung menggunakan las listrik</p>

	<p>Pembuatan downtube yang menyambung ke BB dan kemudian ke seat tube. Menggunakan pipa diameter 30x30 mm</p>	<p>Downtube akan di sambung dengan fork dan box ecu untuk menyimpan kelistrikan</p>	
---	---	---	--

4.4.6 HASIL SCOOTER LISTRIK

