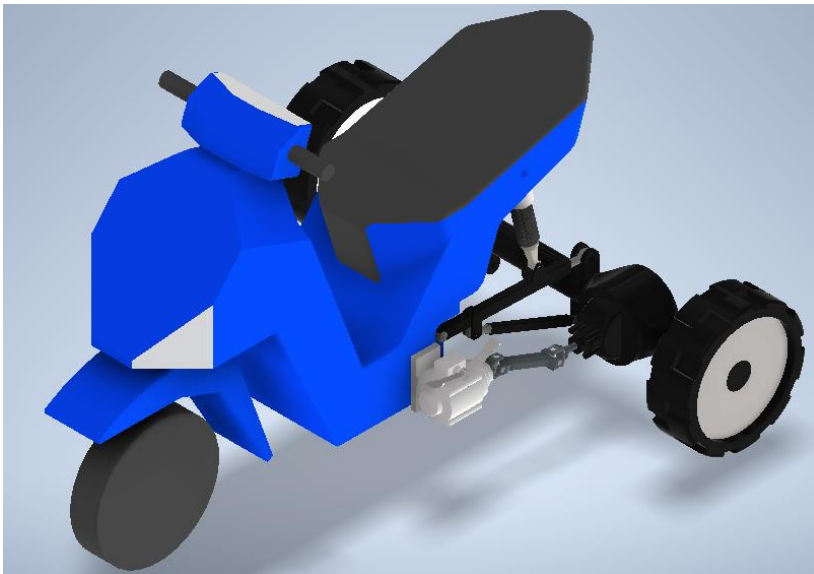


4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 konsep desain

Konsep desain modifikasi menggunakan motor Suzuki Shogun 110 yang kemudian dimodif bagian belakangnya agar dapat dipasangkan gardan dari motor Viar 150 cc untuk menggerakkan kedua roda belakang. Konsep desain nya sebagai berikut :



Gambar 4. 1 konsep desain sepeda motor roda tiga



Gambar 4. 2 konsep desain sepeda motor roda tiga



Gambar 4. 3 hasil pembuatan sepeda motor roda tiga

1.) *Gearbox Viar*



Gambar 4. 4 *Gearbox Viar*

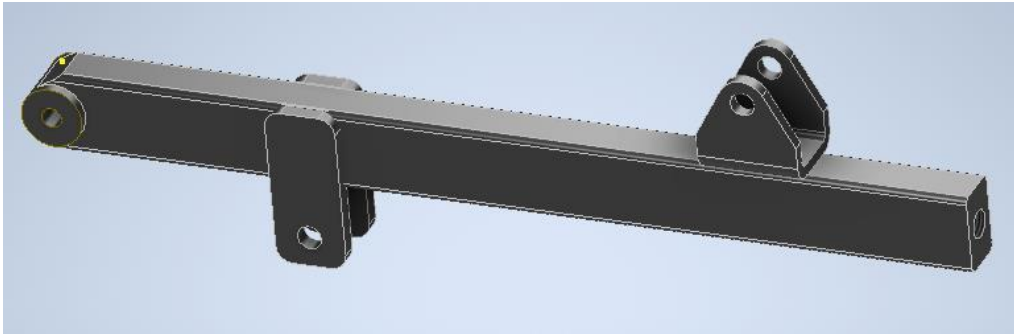
Untuk bagian penyaluran daya mesin ke roda belakang, motor ini menggunakan *gearbox* viar 150. *Gearbox* ini juga memiliki fungsi agar sepeda motor roda tiga ini dapat maju dan mundur (secara otomatis)

2.) *Swing Arm*

Dibawah ini merupakan konsep desain *swing arm* :



Gambar 4. 5 *swing arm* kanan



Gambar 4. 6 *swing arm* kiri

Dibawah ini merupakan hasil jadi pembuatan swing arm sisi kanan dan kiri :



Gambar 4. 7 hasil pembuatan *swing arm*

Pada bagian swing arm sepeda motor roda tig aini menggunakan swing arm dari Suzuki shogun 110 yang dimodifikasi dengan cara memotong pipa besi bagian tengah yang menghubungkan kedua swing arm tersebut. Dengan tujuan agar swing arm ini memiliki sifat individual agar dapat memiringkan body motor pada saat ingin berbelok.

3.) As kopel



Gambar 4. 8 As Kopel

As kopel merupakan perangkat yang berfungsi sebagai perantara dari *shaft* keluaran *gearbox* menuju *differential gear* atau gardan yang berfungsi sebagai penyaluran daya mesin ke roda belakang.

4.) Gardan



Gambar 4. 9 Gardan

Gardan di bagian belakang berfungsi sebagai penyalur daya dari gearbox ke dua roda sepeda motor roda tiga ini.

5.) Suspensi



Gambar 4. 10 Suspensi Depan dan Belakang

Suspensi pada sepeda motor ini berfungsi sebagai alat peredam kejut di sepeda motor roda tiga ini. Pada suspensi depan dan belakang menggunakan suspensi Suzuki shogun 110.

6.) *Rod end*



Gambar 4. 11 Rod End

Rod end dipasangkan ke bagian belakang swing arm yang berfungsi sebagai sumbu putar agar dapat membuat body motor dapat miring pada saat berbelok

7.) *Adaptor Swing Arm*



Gambar 4. 12 *Adaptor Swing Arm*

Fungsi dari adaptor swing arm ini yaitu sebagai pegangan atau *holder* agar gardan tetap diam di posisinya pada saat sepeda motor roda tiga ini berjalan. Dikarenakan pada swing arm terdapat rod end yang artinya swing arm dapat bergerak pada saat berbelok, Lalu pada *adaptor swing arm* yang terhubung dengan swing arm juga ditambahkan *rod end* pada ujung-ujungnya yang berfungsi untuk membuat *body* motor dapat miring pada saat ingin berbelok.

8.) Cross joint



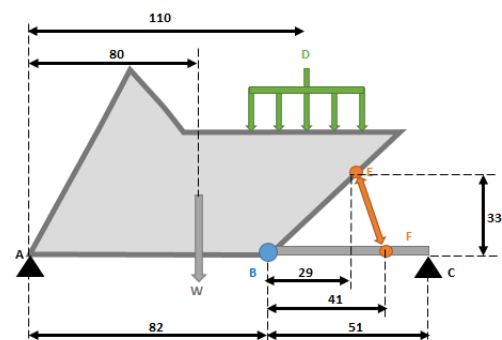
Gambar 4. 13 Cross Joint

Dikarenakan sepeda motor roda tiga ini menggunakan gardan pada bagian belakang, maka harus menggunakan cross joint yang berfungsi agar pada saat sepeda motor roda tiga ini berjalan, as kopel yang terhubung ke gearbox dapat naik turun dan berputar mengikuti gardan yang naik turun mengikuti kontur jalanan.

4.2 Menganalisa distribusi beban penumpang ke sepeda motor dengan diagram gaya bebas

Motor di desain untuk ditumpangi oleh 2 orang, dimana dengan asumsi bahwa berat maksimum 1 orang 100 kg, maka motor menanggung beban 200 kg.

Distribusi gaya penumpang ini terletak tidak di tengah motor namun sedikit lebih kebelakang yaitu sekitar 110 cm dari poros roda depan. Bagian depan motor ini memiliki berat estimasi 80 kg dengan asumsi pusat massa berada pada jarak 80 cm dari poros roda depan.



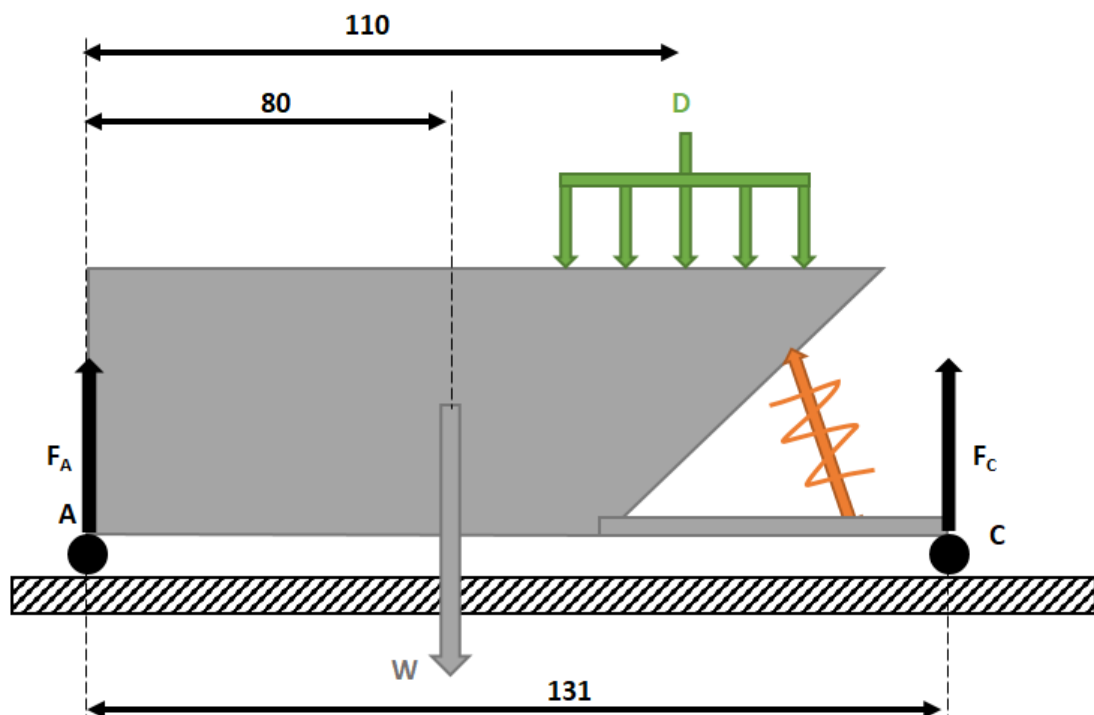
Gambar 4. 14 Sepeda Motor dan Free Body Diagram

$$F_D = m \times g = 200kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 1962 N$$

$$W = m \times g = 80 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 785 \text{ N}$$

Dengan beberapa asumsi yang telah ditetapkan, Distribusi gaya yang terjadi pada motor dapat disederhanakan dengan *free body* diagram diatas. Dengan komponen terbagi menjadi bodi depan, *swing arm*, dan suspensi. Dari *free body* diagram dapat ditemukan dahulu besar reaksi yang terjadi pada kedua roda menggunakan persamaan momen dan persamaan gaya.

4.3 Mencari gaya reaksi pada roda motor



Gambar 4. 15 Diagram Gaya Bebas Rangka Sepeda Motor

Untuk mencari gaya reaksi pada roda depan (F_A) dan kedua roda belakang (F_C) maka digunakan persamaan kesetimbangan momen dan gaya dalam posisi statis. Persamaan momen diambil dari titik D dan gaya pada sumbu vertical.

Dimana :

M_{DA} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya reaksi D_A

M_W = Momen pada titik A yang disebabkan gaya berat W

M_{DC} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya reaksi F_C

$F_A = \text{Gaya reaksi pada titik A}$

$F_C = \text{Gaya reaksi pada titik C}$

$F_D = \text{Gaya beban distribusi penumpang pada D}$

$W = \text{Gaya beban berat motor}$

Persamaan momen pada titik D sebagai pivot

$$\sum M_D = 0$$

$$M_{DA} = M_W + M_{DC}$$

$$F_A \times 110 \text{ cm} = W \times (110 - 80) \text{ cm} + F_C \times (82 + 51 - 110) \text{ cm}$$

$$F_A \times 110 \text{ cm} = 23544 + F_C \times 23 \text{ cm}$$

$$F_A = 214 + \frac{23}{110} F_C$$

Persamaan gaya pada arah vertical

$$\sum F = 0$$

$$F_D + W = F_A + F_C$$

$$1962 \text{ N} + 785 \text{ N} = 214 \text{ N} + \frac{23}{110} F_C + F_C$$

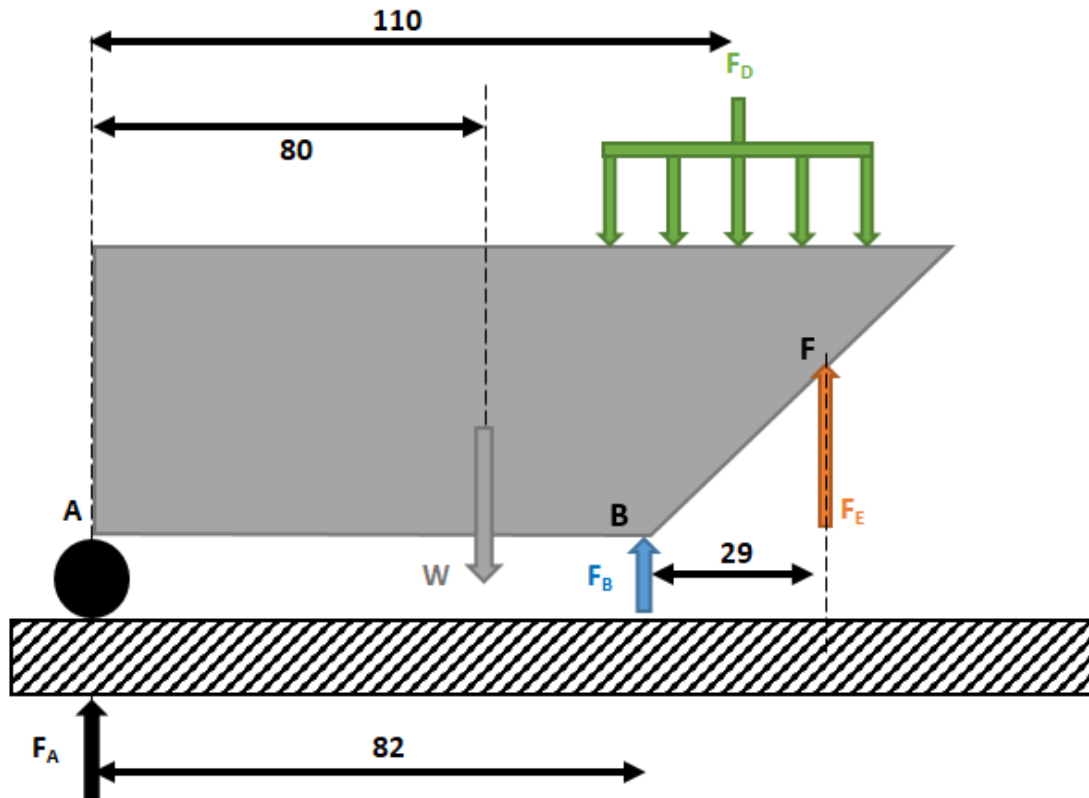
$$F_C = 2747 \text{ N} \times \frac{110}{133} = 2272 \text{ N}$$

Substitusi nilai FC pada persamaan momen maka didapatkan

$$F_A = 214 + \frac{23}{110} \times 2272 \text{ N} = 475 \text{ N}$$

Gaya reaksi pada roda depan adalah sebesar 475 N sedangkan gaya reaksi pada roda belakang adalah 2272 N yang terbagi antara roda belakang kanan dan kiri

4.4 Mencari gaya reaksi pada komponen bodi motor



Gambar 4. 16 Diagram Gaya Bebas Rangka sepeda motor

Untuk mencari gaya reaksi pada pin (F_B) dan suspensi (F_E) terhadap bodi motor maka digunakan persamaan kesetimbangan momen dan gaya dalam posisi statis. Persamaan momen diambil dari titik A dan gaya pada sumbu vertikal

Dimana :

M_{AW} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya W

M_{AD} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya F_D

M_{AE} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya F_E

M_{AB} = Momen pada titik A yang disebabkan gaya F_B

F_E = Gaya reaksi pada titik E (suspensi)

F_B = Gaya reaksi pada titik B (Pin)

Persamaan kesetimbangan gaya vertical

$$\sum F = 0$$

$$F_D + W = F_A + F_B + F_E$$

$$1962 \text{ N} + 785 \text{ N} = 475 \text{ N} + F_B + F_E$$

$$F_B = 2272 \text{ N} - F_E$$

Persamaan kesetimbangan momen pada titik A

$$M_{AD} = F_D \times 110 \text{ cm} = 1962 \text{ N} \times 110 \text{ cm} = 215820 \text{ Ncm}$$

$$M_{AW} = W \times 80 \text{ cm} = 785 \text{ N} \times 80 \text{ cm} = 62800 \text{ Ncm}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_{AB} + M_{AE} = M_{AD} + M_{AW}$$

$$(F_B \times 82 \text{ cm}) + (F_E \times 111 \text{ cm}) = M_{AD} + M_{AW}$$

$$(F_B \times 82 \text{ cm}) + (F_E \times 111 \text{ cm}) = 215820 \text{ Ncm} + 62800 \text{ Ncm}$$

$$(2272 \text{ N} - F_E) \times 82 \text{ cm} + (F_E \times 111 \text{ cm}) = 278620 \text{ Ncm}$$

$$186304 - 82F_E + 111F_E = 278620$$

$$29F_E = 92316$$

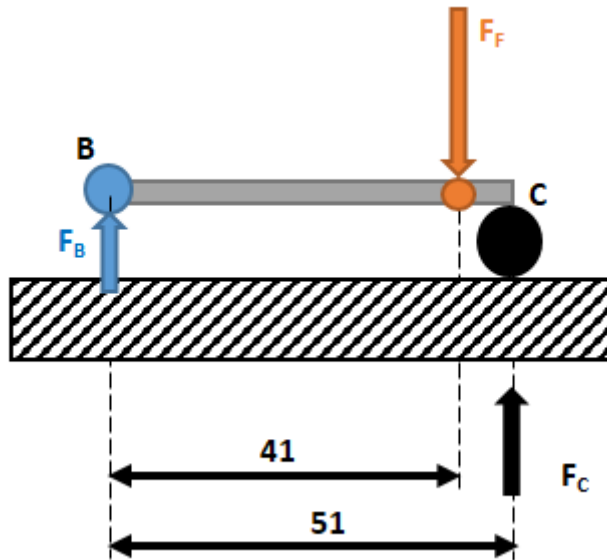
$$F_E = 3183.3 \text{ N}$$

Substitusi nilai FE pada persamaan kesetimbangan gaya vertikal

$$F_B = 2272 \text{ N} - 3183.3 \text{ N} = -911.3 \text{ N}$$

Gaya yang terjadi pada pin bernilai negative sehingga menandakan bahwa gaya yang terjadi berarah terbalik dari asumsi awal yang di gambar 4.16

4.4 Mencari besar tegangan pada komponen Swing Arm



Gambar 4. 17 Diagram Gaya Bebas *Swing Arm*

Pada swing arm gaya gaya utama yang terjadi telah diketahui. Apabila gaya gaya tersebut diuji dengan persamaan gaya vertical seperti gambar 4.17 maka didapatkan :

$$F_F = R_C + F_B = 2272 \text{ N} + 911.3 \text{ N} = 3183.3 \text{ N}$$

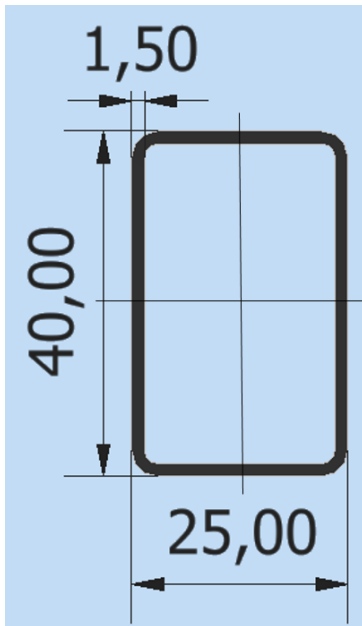
Pada *swing arm* terjadi beban yang akibatkan momen bending. Momen bending terbesar adalah pada titik suspensi.

Dimana :

$$M_{BF} = \text{Momen pada titik F yang disebabkan gaya B}$$

$$F_F = \text{Gaya pada titik F (suspensi)}$$

$$M_{BF} = F_F \times 41 \text{ cm} = 911.3 \text{ N} \times 0.041 \text{ m} = 47.5 \text{ Nm}$$



Gambar 4. 18 ukuran pipa kotak

Dengan penampang pipa kotak seperti gambar 4.18 maka dapat ditentukan momen inerti polar dari swing arm, kemudian dengan momen inerti ini dapat ditemukan tegangan yang terjadi akibat bending

Dimana :

$I = \text{Momen Inertia Polar}$

$H = \text{tinggi pipa kotak} = 40 \text{ mm}$

$W = \text{lebar pipa kotak} = 30 \text{ mm}$

$h = \text{tinggi bagian dalam pipa kotak} = 40 - 1,5 \times 2 = 37 \text{ mm}$

$w = \text{lebar bagian dalam pipa kotak} = 25 - 1,5 \times 2 = 22 \text{ mm}$

$\sigma_{\text{square pipe}} = \text{Tegangan maximum yang terjadi pada pipa kotak}$

$$I = \frac{WH^3 - wh^3}{12} = \frac{25 \times 40^3 - 22 \times 37^3}{12} = \frac{485634}{12} = 40469,5 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{square\ pipe} = \frac{1}{2} \times \frac{M_{BF} \times \frac{H}{2}}{I} = \frac{150.3\ Nm \times \frac{40\ mm}{2}}{40469.5\ mm^4} \times \frac{1000\ mm}{1\ m} = 37.1\ MPa$$

Material pipa kotak umumnya menggunakan ASTM A500, dikarenakan tidak ada spesifikasi material dari penjual pipa kotak yang jelas maka diasumsikan pipa kotak ini memiliki grade A, yaitu grade terendah.

$$\sigma_{square\ pipe} = 37.1\ MPa \ll 270\ MPa = S_{square\ pipe}$$

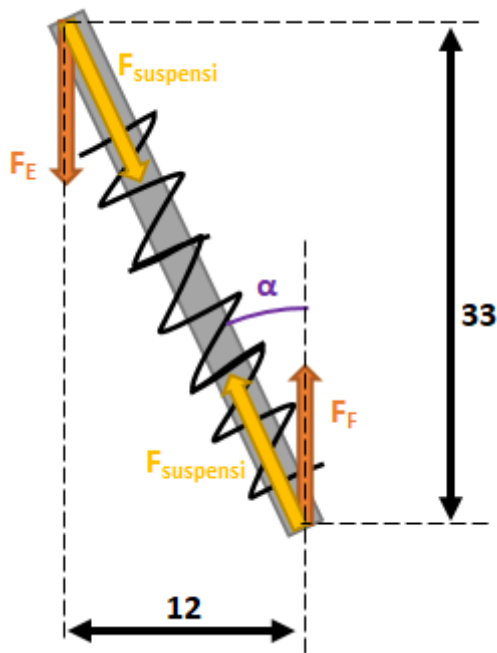
$$SF_{Shear} = \frac{270}{37.1} = 7.27$$

Physical Properties	Metric	English
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	310 MPa	45000 psi
Tensile Strength, Yield	270 MPa	39200 psi
Elongation at Break	25 %	25 %
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi
Component Elements Properties	Metric	English
Carbon, C	<= 0.30 %	<= 0.30 %
Copper, Cu	<= 0.18 %	<= 0.18 %
Iron, Fe	99 %	99 %
Phosphorus, P	<= 0.050 %	<= 0.050 %
Sulfur, S	<= 0.063 %	<= 0.063 %

Tabel 4. 1 Spesifikasi besi ASTM A500

Sumber : Web, M. (2023). *Square pipe*. Retrieved from matweb.com:

<https://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=square%20pipe>



Gambar 4. 19 Diagram Gaya Bebas Suspensi

Dengan geometris yang telah diukur dapat ditentukan sudut dari suspensi

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{12}{33} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{4}{11} \right) = 19.98 \text{ deg}$$

$$F_{suspensi} = \frac{F_F}{\cos(\alpha)} = \frac{3183.3}{\cos(20 \text{ deg})} = 3386.5 \text{ N}$$

Dengan diberi suspensi pada atas swing arm, maka gaya dari suspensi terbentuk karena perubahan jarak swing arm dengan mounting suspensi. Suspensi yang digunakan memiliki kekakuan rata rata sekitar 65 N/mm. Suspensi pada kanan kiri merupakan pegas yang dirangkai secara parallel, sehingga kekakuan pegas dapat dikali 2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, gaya yang terjadi pada suspensi adalah 3386.5 N. Untuk beban tersebut terjadi perubahan panjang pegas sebesar :

$$\Delta x = \frac{F_{suspensi}}{2 \times K_{Spn}} = \frac{3386.5}{2 \times 65} = 26.05 \text{ mm} \approx 2.6 \text{ cm}$$



Gambar 4. 20 Swing Arm

Swing arm di desain menggunakan pipa kotak 40mm x 20mm x 1.5mm yang di las dengan beberapa plat yang berfungsi menjadi sambungan dengan komponen lain. Terdapat Pin diposisikan pada lubang yang membentuk segaris antara *wheelbase*. Pin yang berupa baut ini diasumsikan dari material grade 5.8, yaitu grade terendah yang sering digunakan.

$$\frac{F_{Pin}}{2} = 911.3 \text{ N} \ll 11600 \text{ N} = S_{Shear}$$

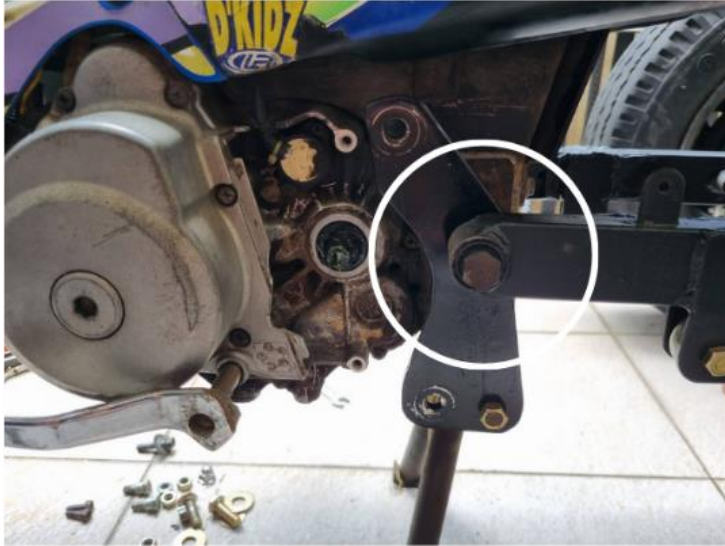
$$SF_{Shear} = \frac{11600}{911.3} = 12.73$$

Design properties for metric hex bolts (Typical coarse pitch thread)

Size	Tensile resistance $F_{t,Rd}$ [kN]							Shear resistance per shear plane $F_{v,Rd}$ [kN]						
	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
M5	4.09	4.09	5.11	5.11	6.13	8.18	10.2	2.73	2.27	3.41	2.84	3.41	5.45	5.68
M6	5.79	5.79	7.24	7.24	8.68	11.6	14.5	3.86	3.22	4.82	4.02	4.82	7.72	8.04
M7	8.32	8.32	10.4	10.4	12.5	16.6	20.8	5.55	4.62	6.94	5.78	6.94	11.1	11.6
M8	10.5	10.5	13.2	13.2	15.8	21.1	26.4	7.03	5.86	8.78	7.03	8.78	14.1	14.6
M10	16.7	16.7	20.9	20.9	25.1	33.4	41.8	11.1	9.28	11.6	11.1	11.6	22.3	23.2
M12	24.3	24.3	30.3	30.3	36.4	48.6	60.7	16.2	13.5	20.9	16.2	20.9	32.4	33.7
M14	33.1	33.1	41.4	41.4	49.7	66.2	82.8	22.1	18.4	27.6	23.0	27.6	44.2	46.0
M16	45.2	45.2	56.5	56.5	67.8	90.4	113.0	30.1	25.1	37.7	31.4	37.7	60.3	62.8

Tabel 4. 2 tabel spesifikasi baut

Sumber : Applied, E. (2023). *Table of design properties for metric hexagonal bolts M5 to M39 (stress area, shear strength, tensile strength, bearing strength)*. Retrieved from eurocodeapplied.com: <https://eurocodeapplied.com/design/en1993/bolt-design-properties>

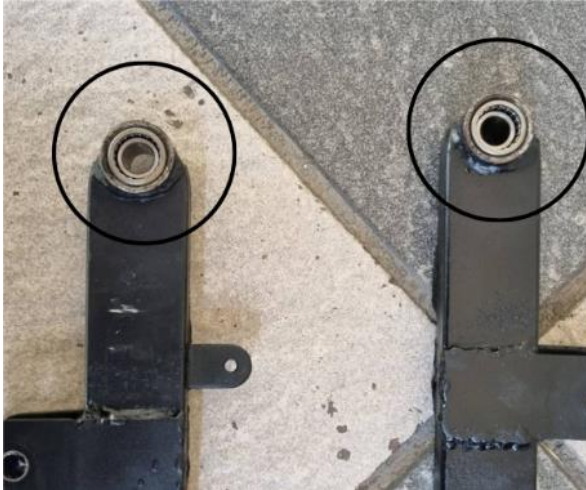


Gambar 4. 21 Baut As swing arm (Fpin)

Selain di pin tersebut, lubang pin pada swing arm juga menerima beban yang sama sebagai beban tarik. Lubang untuk pin ini menggunakan *needle bearing* tipe NA 4901 yang memiliki *max allowable dynamic load* sebesar 9.9 kN / 9900 N. *Needle bearing* tersebut dipasangkan pada pipa besi swing arm.

$$\frac{F_{Pin}}{2} = 911.3 \text{ N} \ll 9900 \text{ N} = S_{bearing}$$

$$SF_{bearing} = \frac{9900}{911.3} = 10.8$$



Gambar 4. 22 Bearing pada lubang pin swing arm

Performance

Basic dynamic load rating

9.9 kN

Tabel 4. 3 Spesifikasi bearing

Sumber : NA 4901. (2023). Retrieved from skf.com: <https://www.skf.com/uk/products/rolling-bearings/roller-bearings/needle-roller-bearings/needle-roller-bearings-with-machined-rings/productid-NA%204901>

Selain bearing , pada ujung swing arm terdapat rod end yang menerima beban. Rod end M16 memiliki *basic dynamic load rating* sebesar 21.6 Kn / 21600 N.

$$F_c = 2272 \text{ N} \ll 21.600 \text{ N} = S_{rod \text{ end}}$$

$$SF_{rod \text{ end}} = \frac{21600}{2272} = 9,5$$



Gambar 4. 23 Rod end pada swing arm

SAKAC 16 M - Rod ends | SKF

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	21.6 kN
Basic static load rating	C ₀	23.2 kN
Specific dynamic load factor	K	50 N/mm ²

Tabel 4. 4 Spesifikasi *rod end*

Sumber : SAKAC 16 M. (2023). Retrieved from SKF.COM:

<https://www.skf.com/in/products/plain-bearings/spherical-plain-bearings-rod-ends/rod-ends/productid-SAKAC%2016%20M>