

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Sepeda Lipat

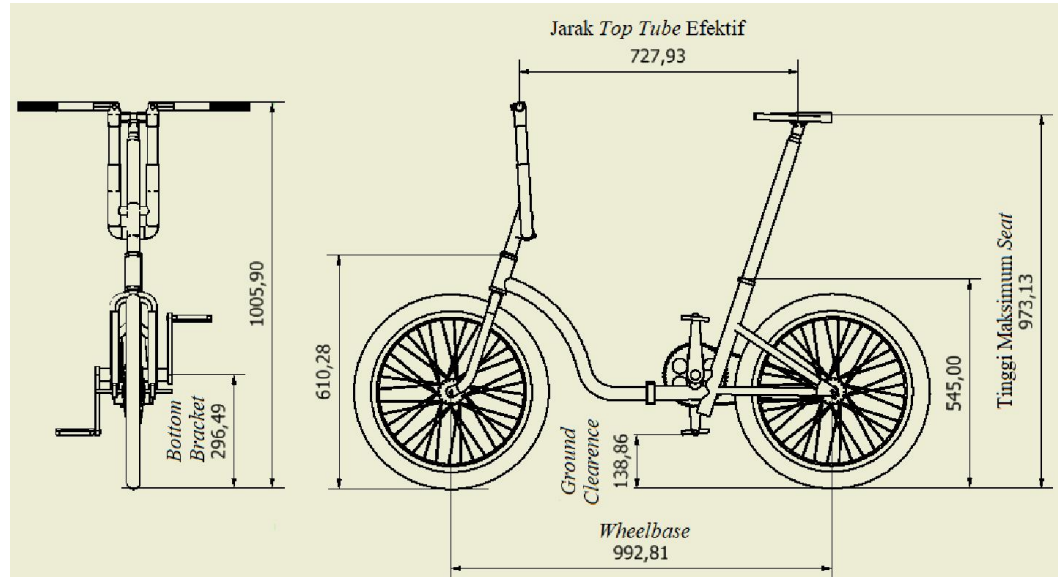
Perancangan sepeda lipat menghasilkan satu desain akhir. Desain akhir menggunakan *frame* lengkung berbahan aluminium 6061-T6 (AL6061-T6) dengan engsel di bagian tengahnya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. *Frame* lengkung memiliki beberapa kelebihan, seperti menghemat tempat dan lebih mudah digunakan oleh pengendara wanita. Ukuran roda yang dipilih dalam desain adalah roda 20 inci, ukuran yang umum untuk sepeda lipat.



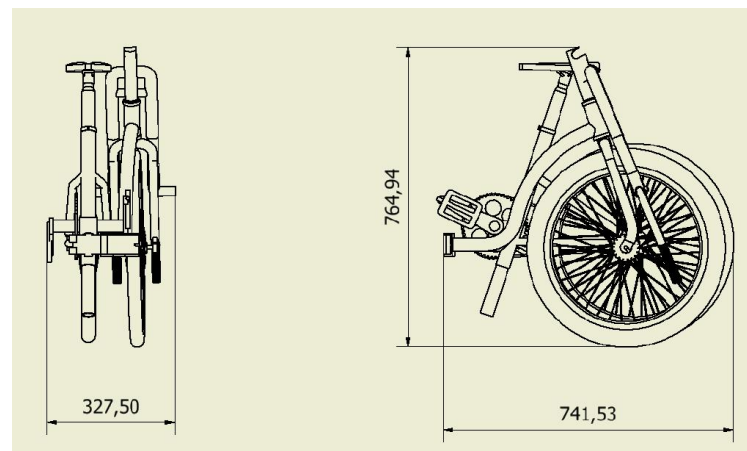
Gambar 4.1 Sepeda lipat hasil perancangan

Dimensi dasar sepeda lipat hasil perancangan dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3. Pada kondisi terbuka maksimal, sepeda memiliki panjang *top tube* efektif sebesar 727,93 mm dan ketinggian maksimum *seat* adalah 973,13 mm sehingga masih nyaman dikendarai orang-orang berpostur tinggi, sekitar 190 cm.. Tinggi *bottom bracket* adalah 296,49 mm dan *ground clearance* sebesar 138,86 mm, tergantung *crank set* yang digunakan, untuk menghindari kaki yang bersentuhan dengan tanah saat mengayuh pedal. Sepeda juga memiliki *wheelbase* sebesar 992,81 mm, kurang lebih seperti sepeda-sepeda di pasaran untuk menjaga kenyamanan berkendara tetap sama. Saat terlipat, dimensi sepeda dapat berkurang

menjadi 764,94x741,53x321,5 mm. Ukuran ini lebih kecil dari sepeda lipat Phoenix yang juga memakai roda 20 inci.



Gambar 4.2 Dimensi sepeda pada kondisi terbuka

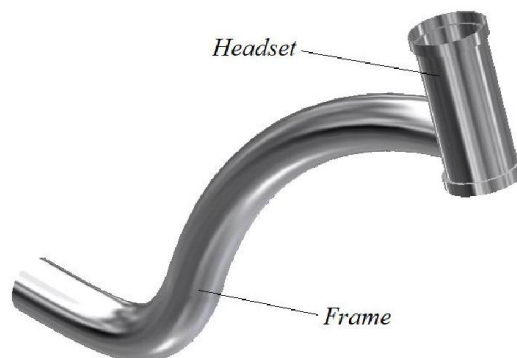


Gambar 4.3 Dimensi sepeda pada kondisi terlipat

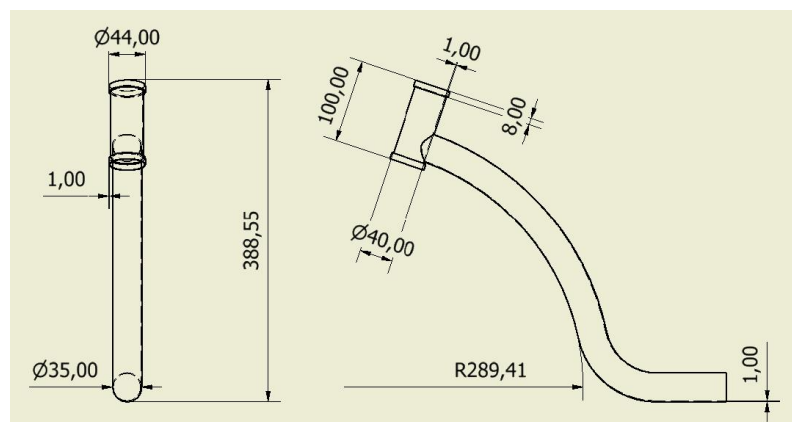
Sepeda Lipat hasil perancangan memiliki beberapa komponen. Beberapa komponen adalah komponen yang dirancang sendiri, dan beberapa adalah komponen yang beredar di pasaran. Komponen-komponen utama sepeda lipat, seperti *frame* depan dan belakang, engsel, stang, *fork*, dan *bearing* yang dipakai pada desain adalah sebagai berikut:

4.1.1. *Frame* Depan

Rangka sepeda atau biasa disebut *frame* adalah badan dari sebuah sepeda. Pada sepeda lipat, *frame* umumnya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian depan dan bagian belakang. Pada desain ini, *frame* depan berbentuk melengkung mengikuti bentuk roda, sehingga lebih menghemat tempat saat dilipat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 *Frame* depan

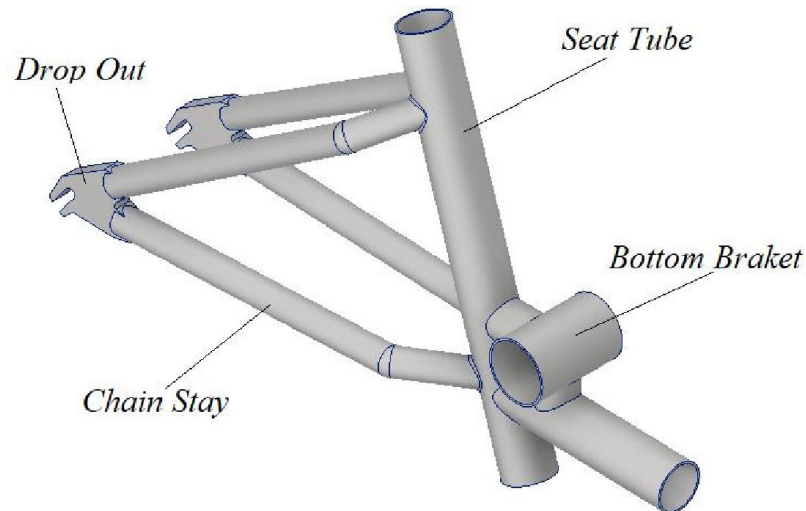


Gambar 4.5 Dimensi *frame* depan

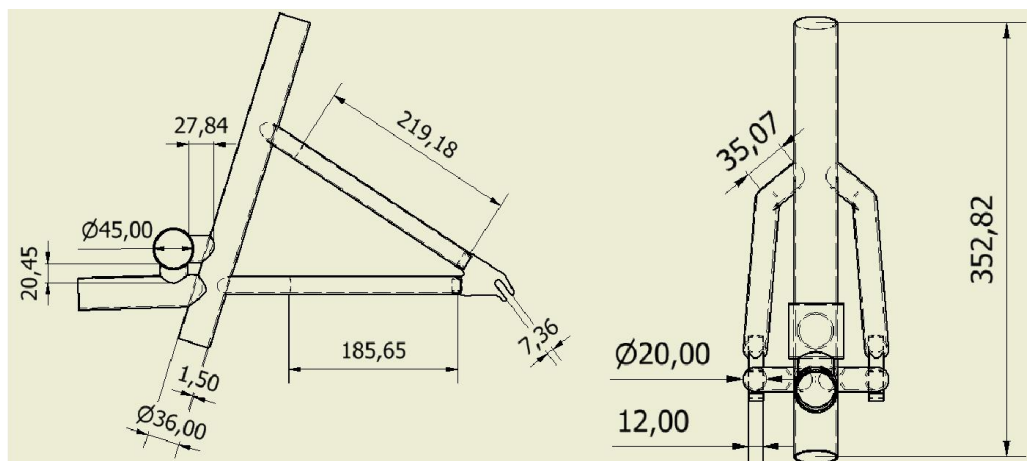
Frame dibuat menggunakan pipa aluminium 6061-T6 (AL6061-T6) dengan diameter luar (OD) 35 mm dan diameter dalam (ID) 33 mm. Pada *frame* depan terdapat *headset* dan engsel (*hinge*). *Headset* adalah tempat untuk menaruh *fork* (garpu) dan stang sepeda. Engsel adalah bagian yang menyatukan *frame* depan dengan *frame* belakang.

4.1.2. *Frame* Belakang

Frame belakang pada desain ini menggunakan pipa AL6061-T6 dengan OD 35 mm dan ID 32 mm. Pada *frame* belakang terdapat *bottom bracket*, *seat tube*, *chain stay*, dan bagian dari engsel. Bentuk *frame* belakang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 *Frame* belakang



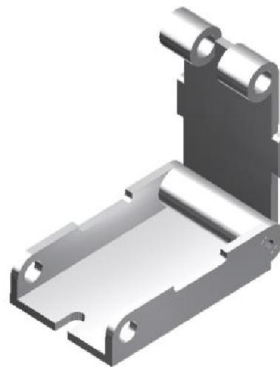
Gambar 4.7 Dimensi *frame* belakang

Bottom bracket adalah tempat menaruh *bearing* dan *crank set* pada sepeda. Pada desain ini, *bottom bracket* berada di atas main tube, sehingga jarak antara pedal dan tanah lebih besar. *Bottom Bracket* menggunakan pipa AL6061-T6 dengan OD 45 mm dan ID 42 mm, ditopang oleh pipa AL6061 dengan OD 30 mm dan ID 27 mm.

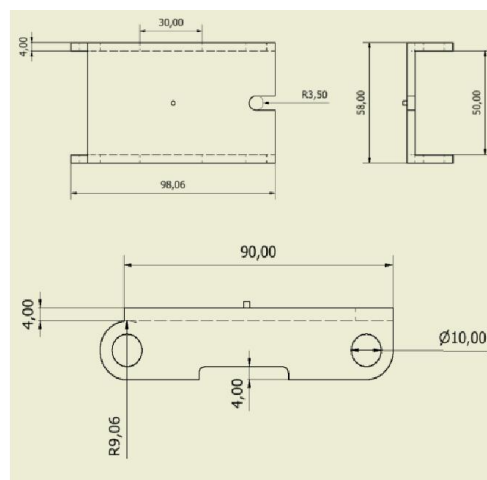
Seat tube, sesuai namanya, adalah tempat menaruh tempat duduk (*seat*) pada sepeda. *Seat tube* pada desain ini menggunakan pipa AL6061-T6 dengan OD 36 mm dan ID 33 mm. *Chain stay* adalah kaki yang menghubungkan *frame* atau *seat tube* ke roda belakang. *Chain stay* menggunakan pipa AL6061-T6 dengan OD 20 mm dan ID 17 mm dengan *drop out* setebal 12 mm di ujungnya.

4.1.3. Engsel (*Hinge*)

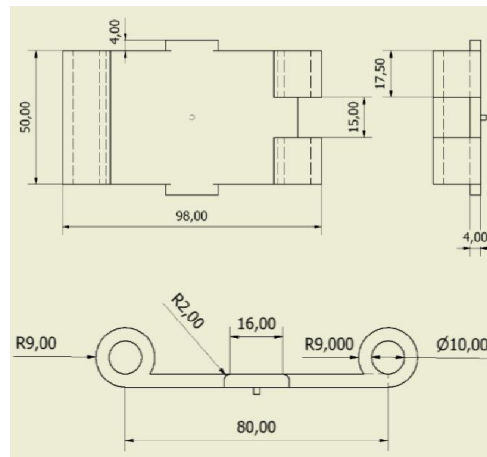
Frame bagian depan dan belakang sepeda lipat disambung dengan engsel. Engsel yang digunakan pada desain ini dapat dilihat pada Gambar 4.8, 4.9, dan 4.10. Engsel tersebut adalah engsel dengan desain yang tergolong tua. Desain engsel dipilih karena lebih sederhana untuk dimanufaktur dan tidak terlalu berbeda kinerjanya dibandingkan dengan desain engsel sepeda lipat yang umum dipakai sekarang.



Gambar 4.8 *Hinge* (engsel) lipatan sepeda



Gambar 4.9 *Hinge* (engsel) bagian depan



Gambar 4.10 Hinge (engsel) bagian belakang

4.1.4. Seat

Seat atau tempat duduk terdiri dari *seat bar* dan sadel. *Seat bar* yang digunakan dalam desain adalah pipa *hi-ten steel* dengan OD 33 mm, ID 29 mm, panjang 600 mm. *Seat bar* dan sadel yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



(a)



(b)

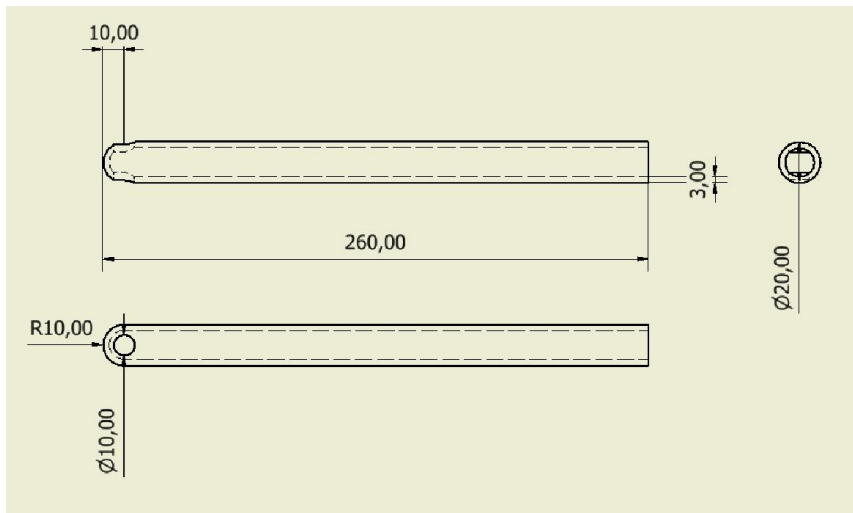
Gambar 4.11 *Seat bar* (a) dan sadel (b)
(sumber: <http://www.hongchibike.com/cp/anzuo/52.jpg>)

4.1.5. Stang

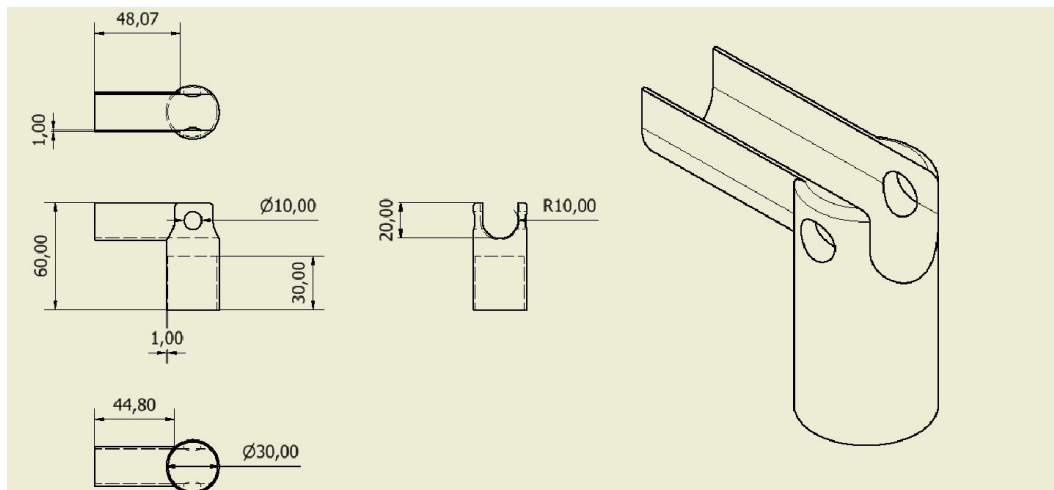
Stang adalah komponen sepeda untuk mengemudikan arah jalannya sepeda. Karena posisi *headtube* yang tidak jauh berbeda dengan sepeda lipat di pasaran, desain dapat menggunakan stang yang digunakan sepeda lipat pada umumnya. Namun, pada perancangan ini desain stang yang digunakan adalah model baru yang dikembangkan sendiri. Bentuk dan komponen-komponen stang dapat dilihat pada Gambar 4.12 sampai Gambar 4.17. Stang berbentuk huruf U yang dapat diatur panjang masing-masing sisinya. Stang memanfaatkan bobot dari pengendara untuk mengunci posisi pada saat terpakai. Masih diperlukan pengembangan pada desain stang, seperti menambahkan pengunci pada beberapa bagian. Diharapkan model stang ini dapat menjadi varian model stang di pasaran.



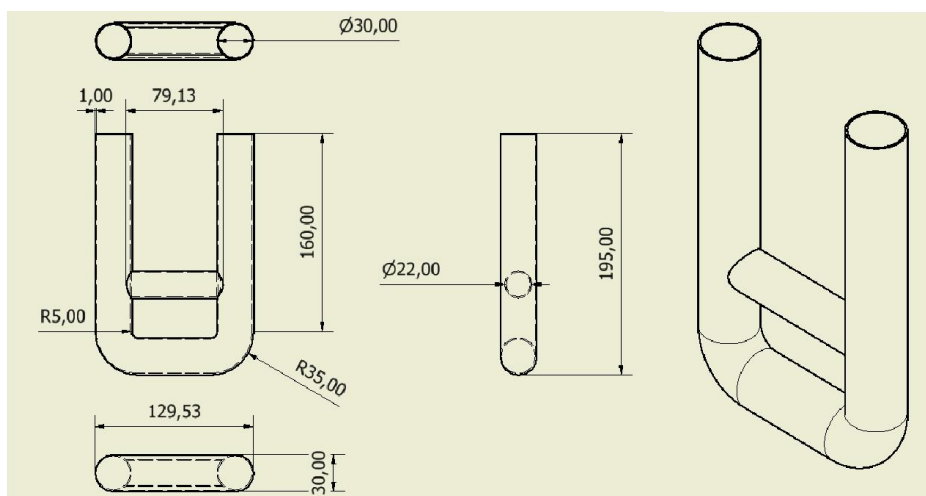
Gambar 4.12 Stang yang dipakai



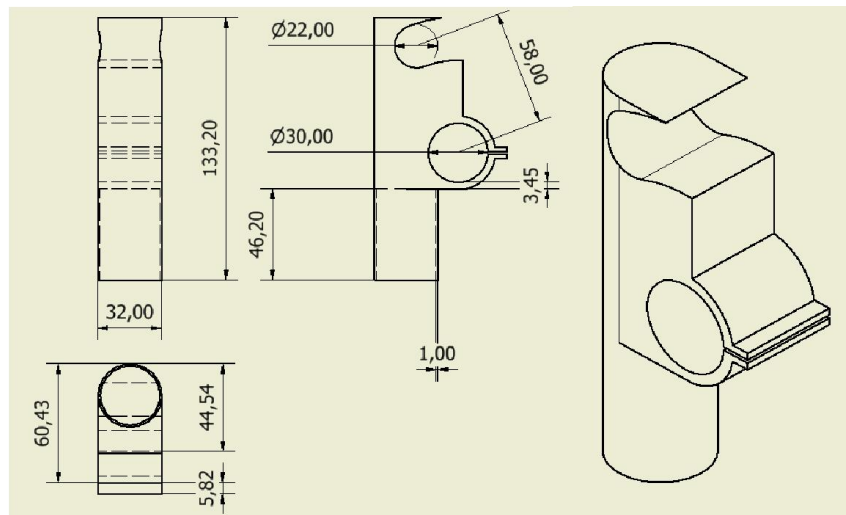
Gambar 4.13 Dimensi *handlebar*



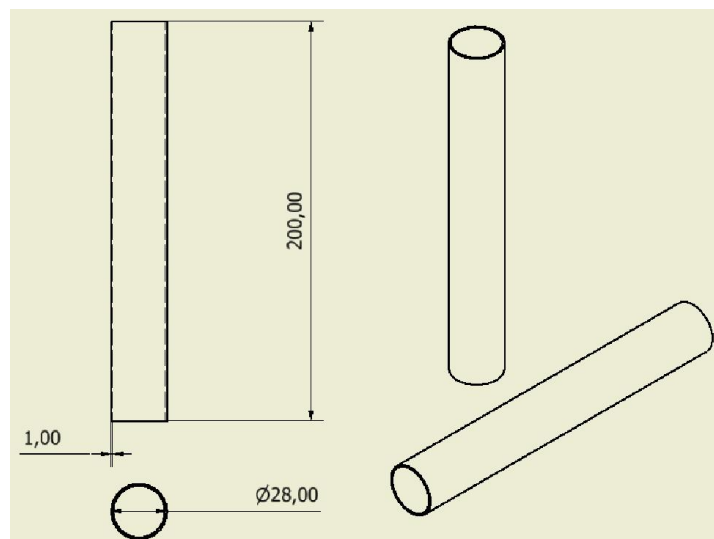
Gambar 4.14 Dimensi *dudukan handlebar*



Gambar 4.15 Dimensi *stang bawah*



Gambar 4.16 Dimensi dudukan stang



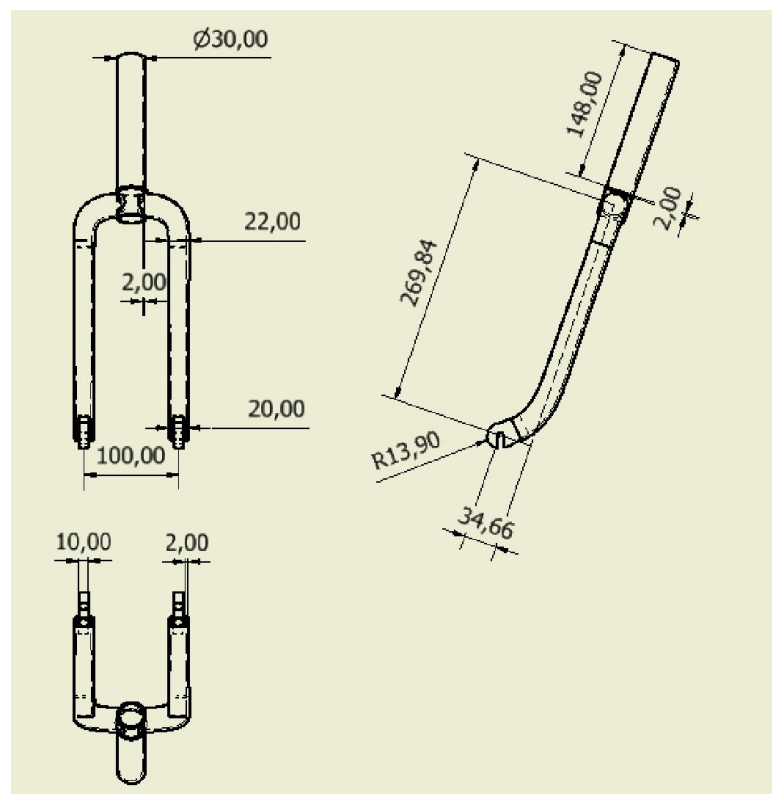
Gambar 4.17 Dimensi stang atas

4.1.6. Fork

Fork yang dapat digunakan untuk desain ini cukup fleksibel. Desain ini dapat menggunakan *fork* sepeda apa saja, selama *fork* tersebut adalah *fork* untuk ukuran roda 20 inci. Akan tetapi, lebih diutamakan *fork* dengan *rake* 50,8 mm sudut *caster* 71° agar roda dapat dilipat ke dalam sesuai dengan desain yang diinginkan. Bentuk dan dimensi *fork* yang digunakan dalam perancangan ini dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.



Gambar 4.18 Fork



Gambar 4.19 Dimensi fork

4.1.7. Bearing

Pada desain ini, digunakan *bearing tipe BB30*. *Bearing* tersebut adalah *bearing* yang dipakai untuk *Bottom Bracket tipe BB30*, sehingga di pasaran dikenal sebagai *bearing BB30*. *Bearing BB30* dipilih karena mudah ditemui di

pasaran. Untuk mempermudah perancangan, *bearing* BB30 tidak hanya digunakan pada *bottom bracket*, tetapi juga pada *head tube*. *Bearing* BB30 memiliki dimensi OD 42 mm, ID 30 mm, dan tebal 7 mm seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 *Bearing* BB30

(sumber: <http://www.airevelobearings.com/product-details.php?id=178&p=6806-2rs+%28bb30%29+stainless+steel+bearings+-+sold+as+a+pair+>)

4.1.8. Rantai

Sepeda pada desain ini adalah sepeda dengan 1 kecepatan (*single speed*). Rantai yang disarankan untuk desain ini adalah rantai merk United model RT-101, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.21. Rantai United R-101 adalah



Gambar 4.21 Rantai sepeda *single speed* United R-101

(sumber: https://unitedbike.com/equipment/speed?sort_by=commerce_price_amount&sort_order=DESC)

rantai yang didesain untuk sepeda *single speed* yang biasa digunakan pada sepeda BMX, sepeda ontel, sepeda anak, dan sepeda *single speed* lainnya. Rantai ini dipilih karena cukup mudah didapatkan di pasaran.

4.1.9. Crank Set

Crank Set yang digunakan pada desain ini adalah *crank set* untuk sepeda *single speed*. *Crank set* yang dipilih adalah *crank set* 36T yang biasa digunakan pada sepeda *fixie*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. *Crank set* dipilih karena harga yang ekonomis.



Gambar 4.22 *Crank set single speed* 36T
(sumber: <http://www.hongchibike.com/cp/qubing/43.jpg>)

4.1.10. Pedal

Pedal yang umum digunakan sepeda lipat adalah pedal yang dapat dilipat. Pedal yang digunakan pada desain ini berbahan aluminium alloy dan plastik dengan dimensi 110 x 7 x 28 mm seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Pedal lipat
(sumber: http://en.wellgopedal.com/products_detail_9_491.htm)

4.1.11. *Freewheel*

Freewheel yang digunakan pada desain ini adalah *freewheel* dengan merk United dengan 14 gigi (14T). *Freewheel* ini adalah *freewheel* untuk sepeda *single speed*. Bentuk *freewheel* United 14T dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 *Freewheel*

(sumber: <http://www.hongchibike.com/cp/feilun/2.jpg>)

4.1.12. Roda

Roda yang digunakan pada desain ini adalah 2 set roda ukuran 20 inci. Ukuran 20 inci adalah ukuran yang umum digunakan pada sepeda lipat. Bentuk roda yang digunakan pada desain dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Roda sepeda ukuran 20 inci

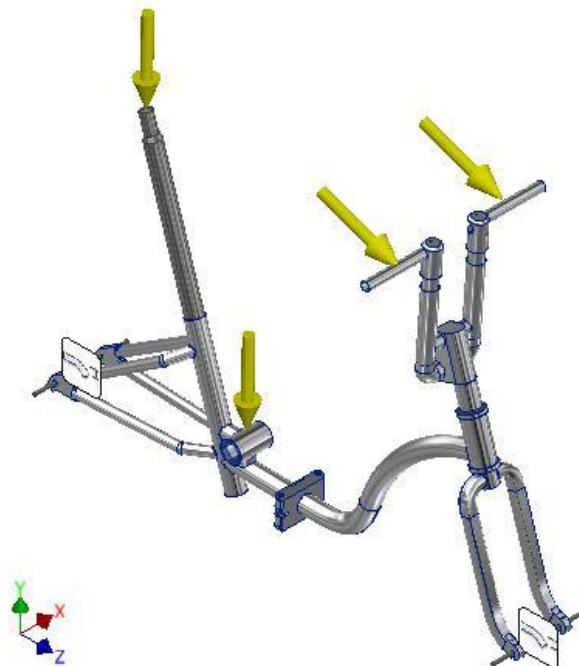
(sumber: <https://www.wicycle.com/support/replacementparts>)

4.2. Analisis Tegangan

Untuk mengetahui kekuatan desain, dilakukan analisis tegangan. Tegangan yang dianalisis merupakan tegangan yang dihasilkan dari pembebanan statis. Sambungan yang ada pada model dianggap sebagai sambungan yang *rigid*. Proses dan hasil dari analisis tegangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

4.2.0. Pemberian Beban

Dalam analisis tegangan, salah satu hal yang penting adalah memberikan beban kepada desain. Beban yang diberikan adalah dalam bentuk gaya dengan satuan Newton. Karena desain diperuntukkan untuk bobot pengguna maksimal 100 kg, beban simulasi yang diberikan kepada desain setidaknya adalah 981 N. Namun, dengan beberapa pertimbangan, beban yang diberikan adalah 1000 N pada *seat bar*, 1000 N pada *bottom bracket*, dan 400 N pada handel stang. Lokasi pemberian beban dapat dilihat dengan lebih jelas pada Gambar 4.26.

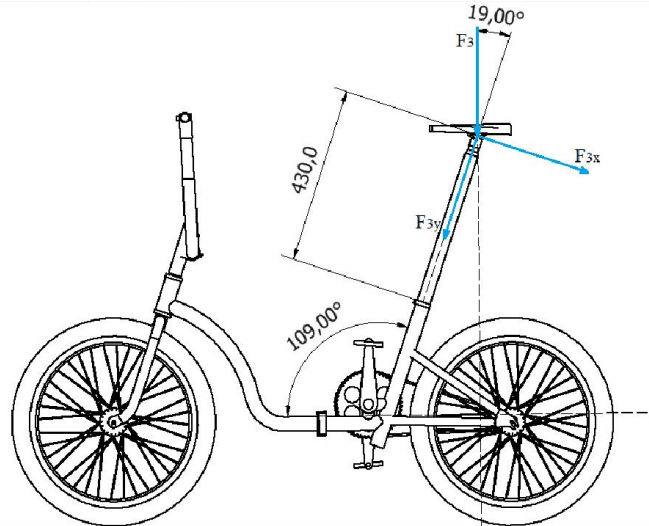


Gambar 4.26 Beban pada analisis desain sepeda lipat

4.2.1. Perhitungan

Beban yang diberikan pada desain akan menghasilkan gaya aksial dan momen *bending*. Tegangan yang terjadi akibat dua hal tersebut adalah faktor yang

menyebabkan kegagalan pada desain. Tegangan tersebut dapat dianalisis dengan perhitungan sebagai berikut:



Gambar 4.27 Gaya yang bekerja pada *seat bar*

Beban Seat	$F_3 = 1000 \text{ N}$
Sudut	$\theta = 19^\circ$
Jarak Lengan Momen	$L = 430 \text{ mm}$
Yield Strength AL 6061-T6	$\sigma_y = 275 \text{ Mpa}$
Beban pada sumbu y	$F_{3y} = F_3 \cdot \cos(\theta)$
	$F_{3y} = 945,5186 \text{ N}$
Beban pada sumbu x	$F_{3x} = F_3 \cdot \sin(\theta)$
	$F_{3x} = 325,5682 \text{ N}$

Beban Aksial

Luas Area Minimal	$A = \frac{\sigma}{F_{3y}}$
	$A = 3,4382 \text{ mm}^2$

Jika diameter luar seat tube adalah 33 mm

Jari-Jari Luar	$r_o = 16,5 \text{ mm}$
----------------	-------------------------

Jari-Jari Dalam	$r_i = \sqrt{r_o^2 - \frac{A}{\pi}}$
-----------------	--------------------------------------

	$r_i = 16,467 \text{ mm}$
--	---------------------------

Ketebalan Minimal

	$t = r_o - r_i$
	$t = 0,033 \text{ mm}$

Beban Bending

$$\begin{aligned} \text{Momen Bending} \quad M &= F_{3x} \cdot L \\ M &= 139994,306 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan Maximal} \quad \sigma_m = \frac{F_{3x} \cdot l}{S}$$

$$\text{jika } \sigma_m = \sigma_y$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Potongan (Elastis)} \quad S &= \frac{F_{3x} \cdot L}{\sigma_y} \\ S &= 1563,636 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Jika diameter luar seat tube adalah 33 mm

$$\text{Inersia (Silinder Berongga)} \quad I = \frac{\pi \cdot (r_o^4 - r_i^4)}{4} \text{ dan } \frac{\pi}{4} = 0,78$$

$$\text{Modulus Potongan (Silinder Berongga)} \quad S = \frac{I}{r_o}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-Jari Luar} \quad r_o &= 16,5 \text{ mm} \\ r_i &= \sqrt[4]{r_o^4 - \frac{r_o \cdot S}{0,78}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-Jari Dalam Minimal} \quad r_i &= 14,233 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan Minimal} \quad t &= 2,267 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jika Ketebalan = 3 mm

$$\begin{aligned} \text{Jari-Jari Luar} \quad r_o &= 16,5 \text{ mm} \\ \text{Jari-Jari Dalam} \quad r_i &= 13,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Potongan (Elastis)} \quad S &= \frac{0,78 \cdot (r_o^4 - r_i^4)}{r_o} \\ S &= 1933,691 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

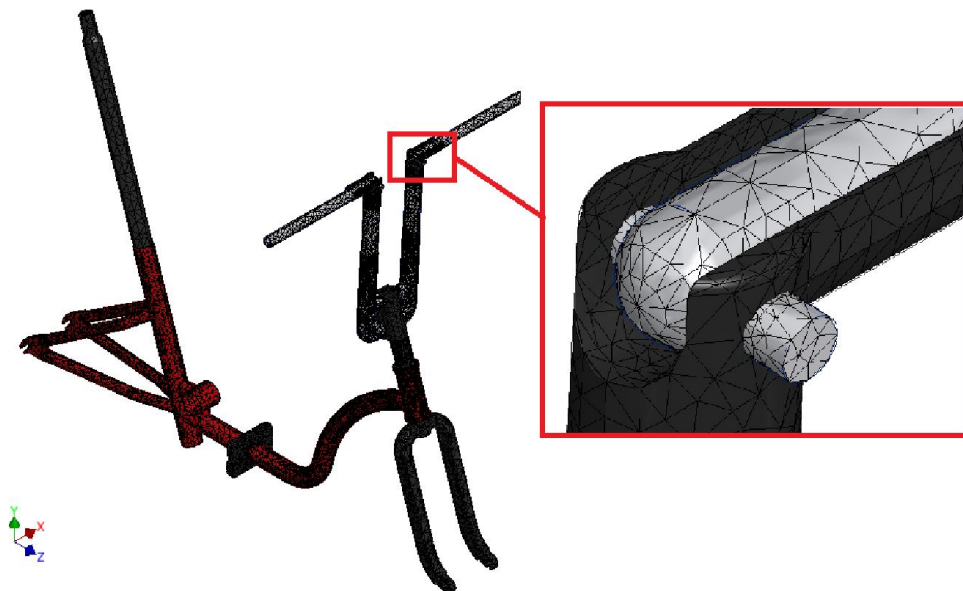
$$\begin{aligned} \text{Tegangan Maksimal} \quad \sigma_m &= \frac{F_{3x} \cdot L}{S} \\ \sigma_m &= 72,397 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety Faktor} \quad Sf &= \frac{\sigma_y}{\sigma_m} \\ Sf &= 3,798 \end{aligned}$$

Analisis tegangan pada contoh adalah analisis tegangan pada *seat bar*. Analisis tersebut merupakan contoh analisis paling sederhana pada desain ini. Komponen-komponen lain memiliki bentuk dan distribusi gaya yang lebih rumit, sehingga tidak efisien untuk dianalisis dengan perhitungan manual. Karena itu, komponen-komponen lainnya akan dianalisis menggunakan *software AIP2015* dengan metode *finite element*.

4.2.2. Meshing

Salah satu tahapan pada analisis tegangan dengan metode *finite element* adalah *meshing*. *Meshing* adalah proses membagi area pada permukaan desain yang akan dianalisis menjadi banyak segitiga-segitiga (jaring) kecil. Hal ini untuk mendistribusikan beban pada analisis tegangan secara merata. Proses *meshing* merupakan tahapan yang paling sulit, karena memakan waktu lama dan mudah terjadi kegagalan jika desain terlalu tipis atau memiliki bentuk yang terlalu rumit. Hasil *meshing* desain dapat dilihat pada Gambar 4.16.

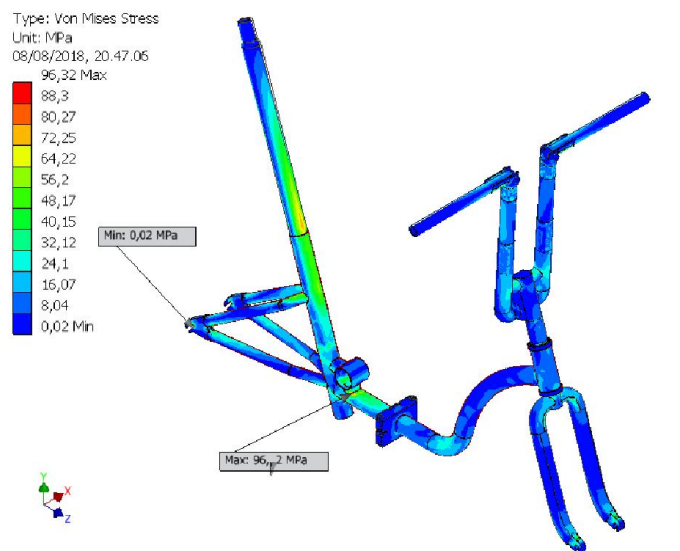


Gambar 4.28 Hasil *meshing* desain sepeda lipat

4.2.3. Von Mises Stress

Von mises stress adalah tegangan yang nilainya didapat dari teori kegagalan karena energi distorsi. Jika nilai *von mises stress* melebihi tegangan luluh dari

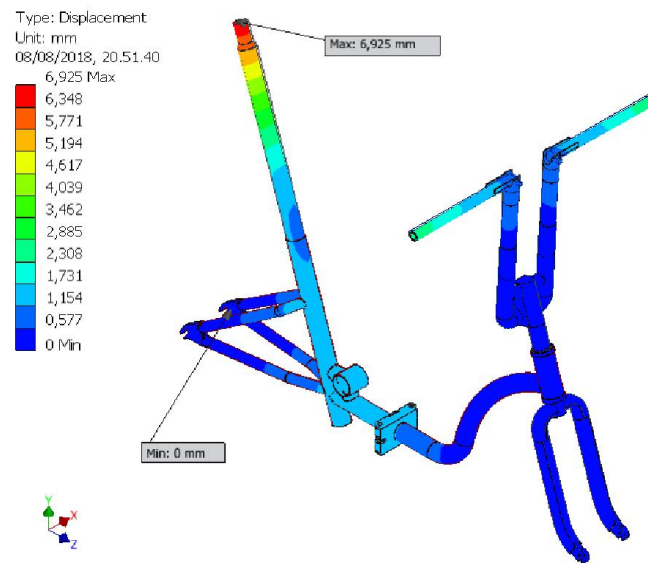
material, maka desain akan mengalami kegagalan. Pada simulasi tegangan, nilai *von mises stress* dapat dilihat dari warnanya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.29. Dari simulasi yang dilakukan, nilai *von mises stress* maksimum yang terjadi pada kondisi terbeban adalah 96,32 MPa. Nilai tersebut hanya terjadi di beberapa titik dan tidak melampaui nilai tegangan luluh AL6061-T6 yang sebesar 275 MPa. Sebagian besar hasil analisis tegangan pada desain masih berwarna biru. Artinya. Sebagian besar tegangan yang terjadi pada desain hanya sekitar 16,07 Mpa, masih sangat jauh di bawah tegangan luluh AL6061-T6. Karena itu, tegangan yang terjadi masih masuk dalam batas yang aman.



Gambar 4.29 Hasil analisis *von mises stress* desain sepeda lipat

4.2.4. Displacement

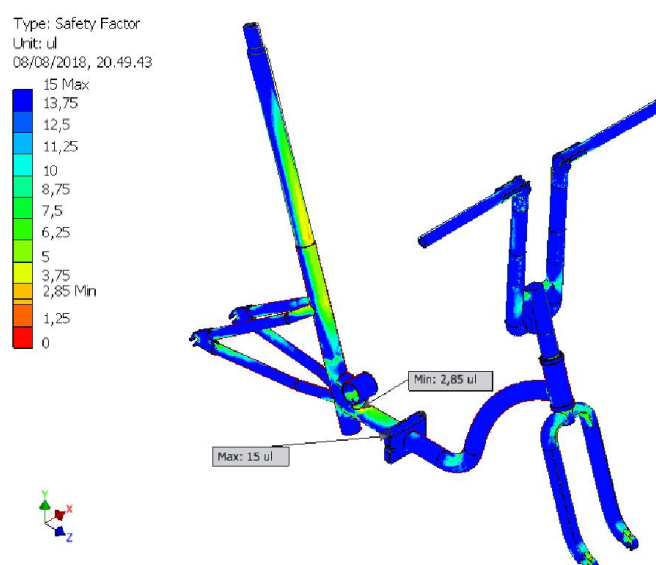
Displacement menunjukkan perubahan bentuk dari desain setelah dilakukan pembebanan. Pada simulasi tegangan, nilai *displacement* yang terjadi dapat dilihat dari warnanya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.30. Dari simulasi yang dilakukan, nilai *displacement* maksimum yang terjadi pada kondisi terbeban adalah 6,925 mm. Displacement ini terjadi pada tegangan maksimal 96,32 Mpa, masih jauh di bawah tegangan luluh AL6061-T6 yang sebesar 275 MPa. Artinya *displacement* masih berada pada daerah elastis. Dengan nilai yang cukup kecil, displacement ini masih dapat diterima.



Gambar 4.30 Hasil analisis *displacement* desain sepeda lipat

4.2.5. Safety Factor

Safety factor atau faktor keamanan yang didapat dari hasil analisis adalah sebesar 2,85 sampai 15. Artinya, bagian paling lemah pada desain mampu mengatasi 2,85 kali beban yang diijinkan yaitu 100 kg. Walaupun begitu, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.31, mayoritas bagian sepeda berwarna biru. Artinya sebagian besar bagian sepeda memiliki *safety factor* di atas beban yang diijinkan.



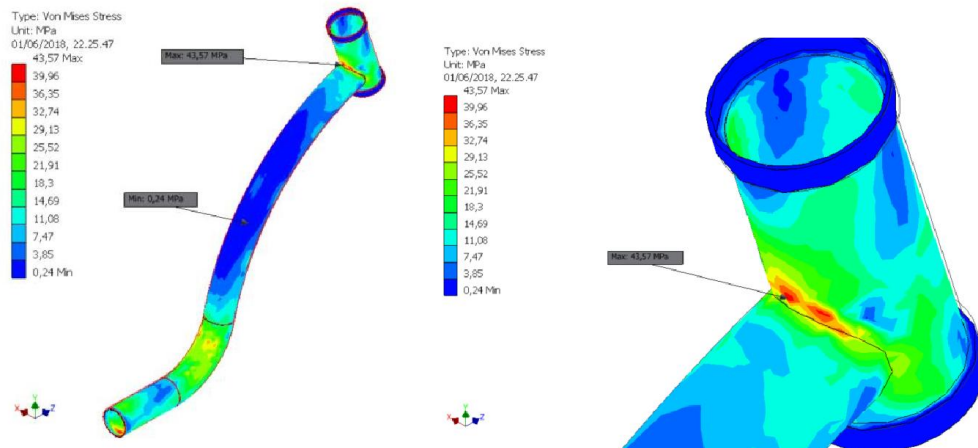
Gambar 4.31 Hasil analisis *safety factor* desain sepeda lipat

4.3. Hasil Analisis Tiap Komponen

Hasil analisis tegangan pada tiap komponen adalah sebagai berikut:

4.3.1. *Frame* Depan

Dari hasil analisis, desain didominasi warna biru, seperti yang terlihat pada Gambar 4.32 dan 4.33. Hal ini menunjukkan t egangan yang dialami oleh desain



Gambar 4.32 Hasil analisis *von mises stress* pada *frame* depan

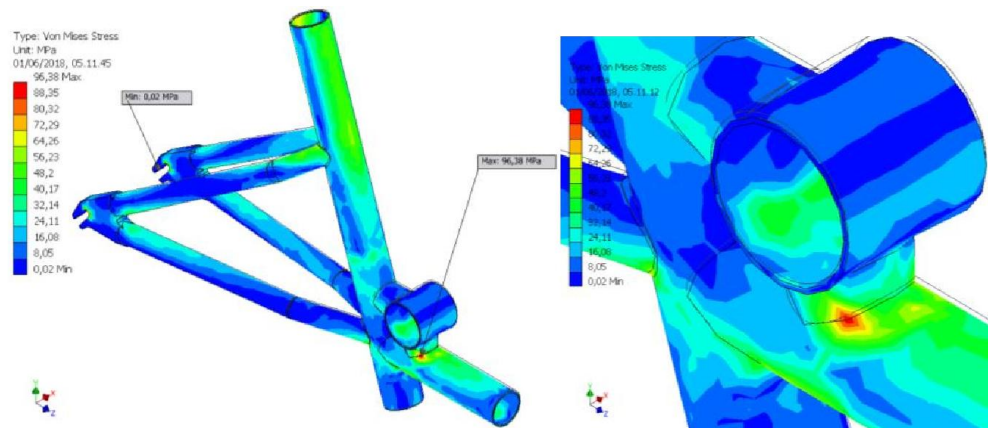


Gambar 4.33 Hasil analisis *safety factor* pada *frame* depan

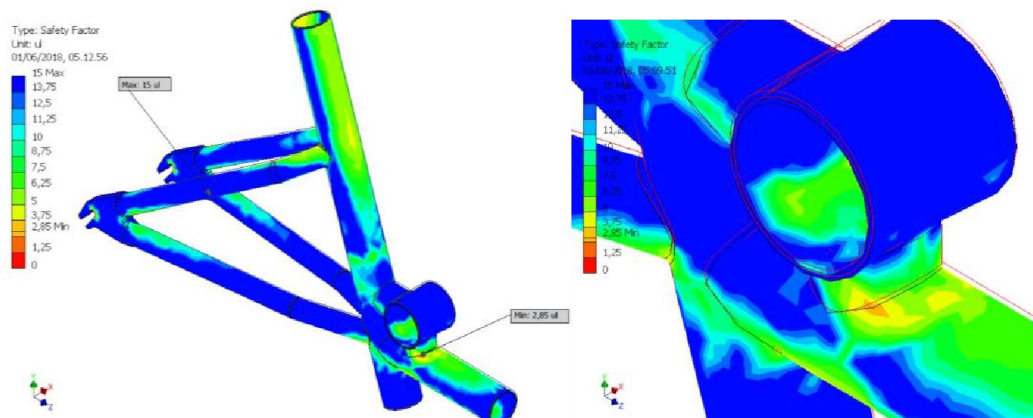
masih jauh di bawah tegangan ijinnya. Terlebih, untuk *safety factor*, nilai terendah masih berada pada warna hijau, dengan nilai 6,31. Artinya desain *frame* depan masih sangat aman untuk dipakai.

4.3.2. *Frame* Belakang

Dari hasil analisis, desain masih didominasi warna biru dan hijau, seperti yang terlihat pada Gambar 4.34 dan 4.35. Namun, terdapat titik dengan warna



Gambar 4.34 Hasil analisis *von mises stress* pada *frame* belakang

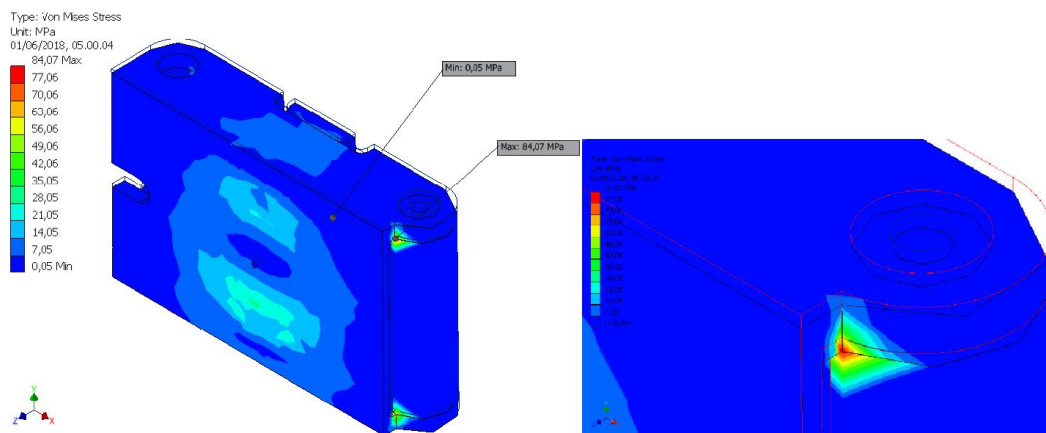


Gambar 4.35 Hasil analisis *safety factor* pada *frame* belakang

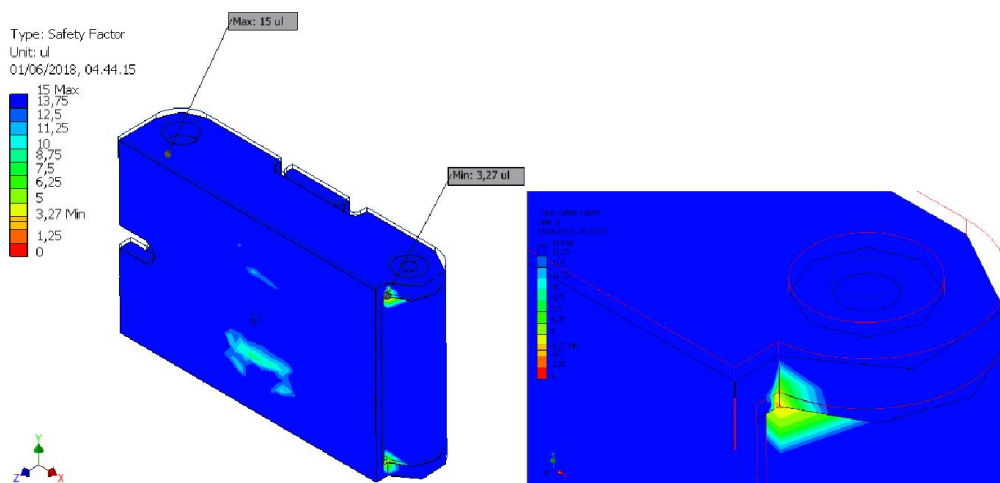
mendekati merah. Hal ini menunjukkan sebagian besar tegangan yang dialami oleh desain masih di bawah tegangan ijinnya, tapi terdapat titik dengan tegangan yang besar. Penyebab terkumpulnya tegangan di titik tersebut adalah posisi titik yang tepat di bawah *bottom bracket* yang merupakan salah satu titik pembebanan dan diskontinuitas geometri pada sambungan. Diskontinuitas geometri pada sambungan dapat diatasi dengan pengelasan yang bagus. Akan tetapi, *safety factor* terendah pada titik tersebut masih berada pada warna jingga, dengan nilai 2,85. Artinya desain *frame* belakang masih aman untuk dipakai.

4.3.3. Hinge (Engsel)

Dari hasil analisis, desain masih didominasi warna biru dan hijau, seperti yang terlihat pada Gambar 4.34 dan 4.35. Namun, terdapat titik dengan warna mendekati merah. Hal ini menunjukkan sebagian besar tegangan yang dialami oleh desain masih dalam jumlah yang kecil, tapi terdapat titik dengan tegangan yang besar. Akan tetapi, *safety factor* terendah pada titik tersebut masih berada pada warna jingga, dengan nilai 3,27. Penyebab terkumpulnya tegangan di titik tersebut adalah diskontinuitas geometri yang menimbulkan tegangan yang besar. Diskontinuitas geometri dapat diatasi dengan pemberian *fillet* pada bagian yang tajam. Namun, berdasarkan nilai *safety factor* yang diperoleh, desain engsel masih aman untuk dipakai.



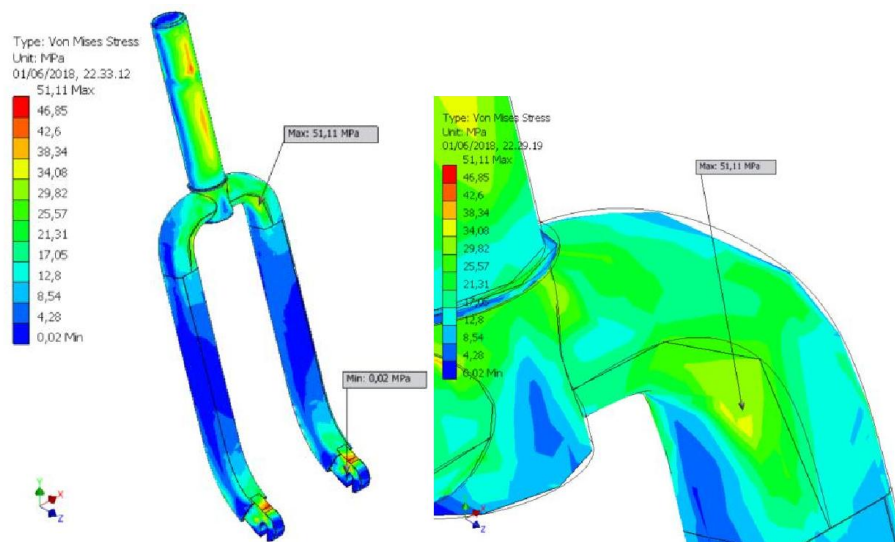
Gambar 4.36 Hasil analisis *von mises stress* pada engsel



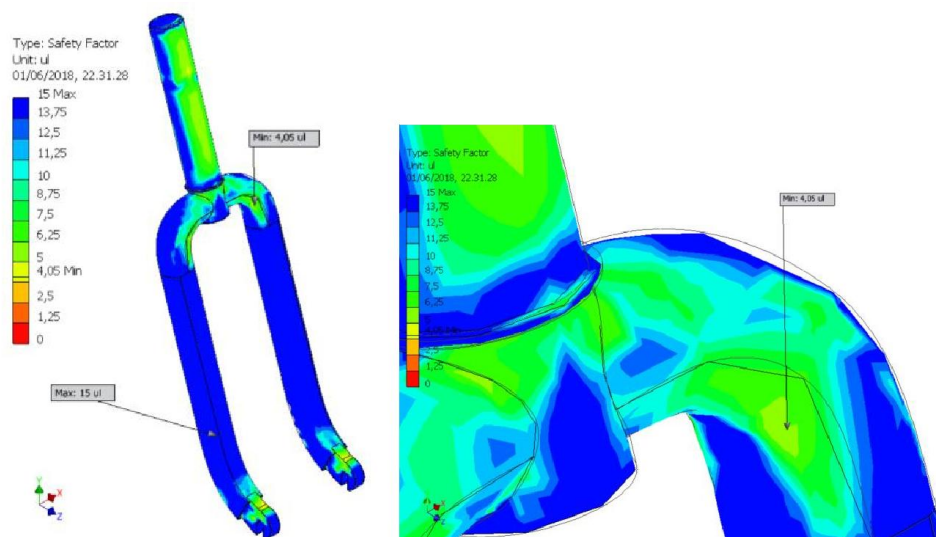
Gambar 4.37 Hasil analisis *safety factor* pada engsel

4.3.4. Fork

Dari hasil analisis, desain masih didominasi warna hijau, seperti yang terlihat pada Gambar 4.38 dan 4.39. Tidak ada warna mendekati merah pada hasil analisis *safety factor*. Terdapat warna merah pada hasil analisis tegangan *von mises*, tetapi itu hanya menunjukkan letak tegangan maksimal yang terjadi, bukan menunjukkan titik yang rentan. Hal ini menunjukkan tegangan terdistribusi dengan merata pada desain *fork*. *Safety factor* terendah pada titik tersebut masih berada pada warna hijau muda, dengan nilai 4,05. Hal ini menunjukkan desain *fork* aman untuk dipakai.



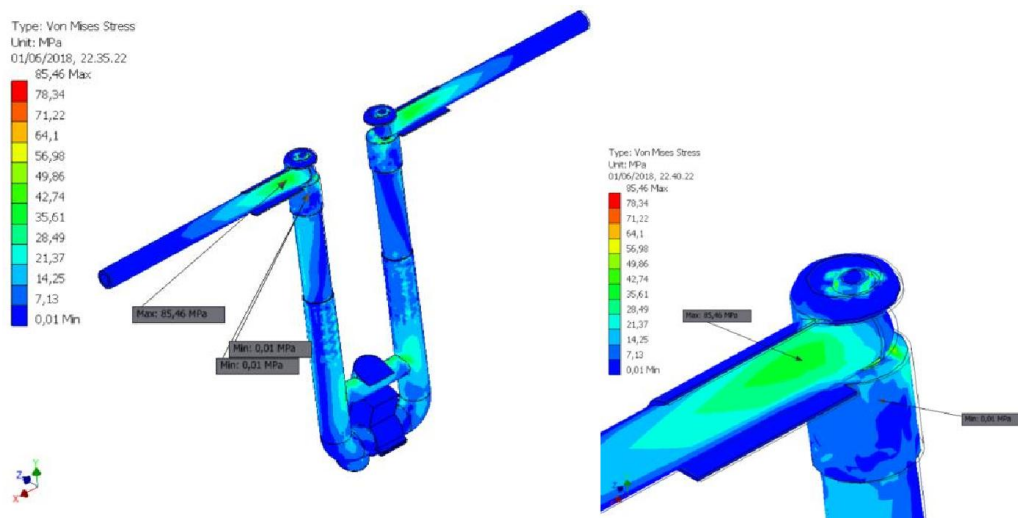
Gambar 4.38 Hasil analisis *von mises stress* pada *fork*



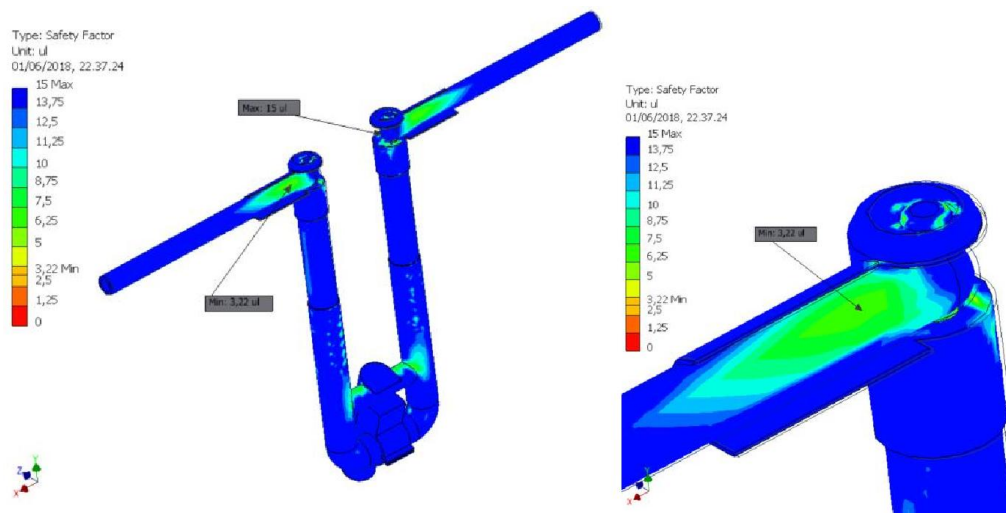
Gambar 4.39 Hasil analisis *safety factor* pada *fork*

4.3.5. Stang

Dari hasil analisis, desain didominasi warna biru, seperti yang terlihat pada Gambar 4.40 dan 4.41. Tidak ada warna mendekati merah pada hasil analisis *safety factor*. Tegangan yang besar terlihat terjadi pada *handle bar* dan batang penahan stang bagian bawah. Ini terjadi karena lokasi itu merupakan tumpuan dari gaya yang terjadi pada stang. Namun, *safety factor* terendah pada titik tersebut masih berada pada warna hijau muda, dengan nilai 3,22. Hal ini menunjukkan desain stang aman untuk dipakai.



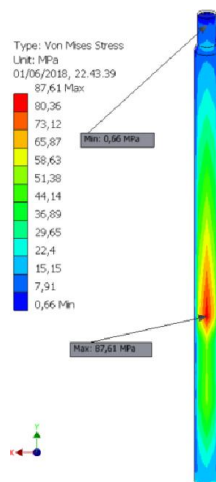
Gambar 4.40 Hasil analisis *von mises stress* pada stang



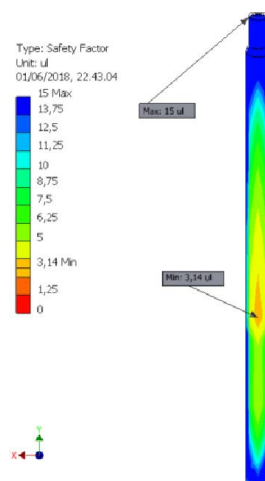
Gambar 4.41 Hasil analisis *safety factor* pada stang

4.3.6. Seat Bar

Dari hasil analisis, desain memiliki gradien warna biru di ujung dan menuju merah di bagian tengah, seperti yang terlihat pada Gambar 4.42 dan 4.43. Bagian berwarna jingga pada hasil analisis *safety factor* (merah pada analisis *von mises*) adalah titik tumpuan pada pembebanan paling besar, yaitu bobot tubuh pengguna. Karena itu, terjadi tegangan yang besar pada titik tersebut. Akan tetapi, *safety factor* terendah pada titik tersebut masih berada pada warna jingga, dengan nilai 3,34. Hal ini menunjukkan desain *seat bar* aman untuk dipakai.



Gambar 4.42 Hasil analisis *von mises stress* pada *seat bar*



Gambar 4.43 Hasil analisis *safety factor* pada *seat bar*

4.4. Perbandingan dengan Sepeda Lipat di Pasaran

Sepeda lipat yang ada di pasaran memiliki bentuk yang beragam. Hal ini untuk mendapatkan nilai lebih bagi sepeda lipat tersebut dibanding produk pesaingnya. Beberapa hal yang dapat menjadi nilai lebih dari desain sepeda lipat adalah bobot, jumlah tahapan pelipatan, dan dimensi sepeda saat terlipat. Perbandingan kelebihan sepeda hasil rancangan dengan sepeda-sepeda yang ada di pasaran adalah sebagai berikut:

4.4.1. Perbandingan Bobot

Semakin ringan sepeda lipat, semakin mudah untuk dibawa bepergian, sehingga bobot yang ringan adalah nilai lebih pada perancangan sepeda lipat. Bobot sepeda hasil perancangan adalah 12,5 kg. Bobot ini lebih ringan dari bobot sepeda merek Phoenix dan Polygon Urbano 3. Tetapi, bobot masih lebih berat dibandingkan dengan sepeda Strida LT, Hummingbird, dan Brompton. Rincian perbandingan bobot sepeda hasil perancangan dan yang ada di pasaran dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan bobot sepeda lipat

No	Nama Produk	Bobot (kg)
1	Sepeda Hasil Perancangan	12,5
2	Phoenix	15
3	Polygon Urbano 3	14
4	Strida LT	10,9
5	Hummingbird	6,9
6	Brompton	10,3

4.4.2. Jumlah Tahapan Pelipatan

Kelebihan utama sepeda lipat dari sepeda jenis lainnya adalah ukurannya yang dapat diringkas menjadi lebih kecil. Akan tetapi, untuk mencapai ukuran terkecilnya diperlukan beberapa tahap seperti melipat *frame*, melipat stang, dan mengubah posisi kursi. Desain sepeda lipat yang baik memiliki tahapan lipat yang seefisien dan sesedikit mungkin. Rincian perbandingan jumlah tahapan lipatan sepeda hasil perancangan dan yang ada di pasaran dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan jumlah tahapan pelipatan sepeda lipat

No	Nama Produk	Jumlah Tahapan Pelipatan
1	Sepeda Hasil Perancangan	3
2	Phoenix	3
3	Polygon Urbano 3	3
4	Strida LT	5
5	Hummingbird	3
6	Brompton	4

4.4.3. Dimensi Sepeda Saat Terlipat

Dimensi sepeda saat terlipat yang kecil adalah nilai lebih bagi sepeda lipat. Dengan dimensi sepeda saat terlipat yang kecil, sepeda lipat menjadi lebih mudah untuk dibawa-bawa. Dimensi terlipat sepeda hasil perancangan adalah 765 x 742 x 328 mm. Dimensi tersebut lebih kecil dari sepeda merek Phoenix. Tetapi, dimensi tersebut masih lebih berat dibandingkan dengan sepeda Polygon Urbano 3, Strida LT, Hummingbird, dan Brompton. Rincian perbandingan dimensi saat terlipat sepeda hasil perancangan dan yang ada di pasaran dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan dimensi sepeda saat terlipat

No	Nama Produk	Dimensi Sepeda Saat Terlipat (mm)
1	Sepeda Hasil Perancangan	765 x 742 x 328
2	Phoenix	844 x 709 x 350
3	Polygon Urbano 3	750 x 650 x 350
4	Strida LT	1130 x 290 x 580
5	Hummingbird	840 x 550 x 200
6	Brompton	585 x 565 x 270

4.5. Estimasi Biaya

Perhitungan estimasi biaya yang diperlukan untuk membuat 1 unit purwarupa dari desain sepeda lipat ditunjukkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Estimasi biaya pembuatan 1 unit purwa-rupa desain

No	Nama	Material	Jumlah	Harga	Harga total
1	<i>Frame</i> depan	AL6061-T6 tube	0,179 kg	50.000/kg	Rp 8.950
2	<i>Frame</i> belakang	AL6061-T6 tube	0,599 kg	50.000/kg	Rp 29.950
3	Engsel	AL6061-T6 tube	0,117 kg	50.000/kg	Rp 5.850
4	<i>Seat</i>	AL6061-T6 tube	0,98 kg	10.000/kg	Rp 9.800
5	Stang	AL6061-T6 tube	0,751 kg	50.000/kg	Rp 37.550
6	<i>Fork</i>	AL6061-T6 tube	0,324 kg	10.000/kg	Rp 3.240
7	<i>Bearing</i>	BB30	4 unit	90.000/unit	Rp 360.000
8	Rantai	United R-101	1 unit	25.000/unit	Rp 25.000
9	<i>Crank set</i>	Crank set 36T	1 unit	65.000/unit	Rp 65.000
10	Pedal	Pedal lipat Aluminium- plastik	1 pasang	35.000/pasang	Rp 35.000
11	<i>Free wheel</i>	United 14T	1 unit	27.500/unit	Rp 27.500
12	Roda	Roda 20 inci	2 unit	200.000/unit	Rp 400.000
13	Pengelasan				Rp 350.000
14	Permesinan				Rp 150.000
15	Cat				Rp 200.000
16	Perakitan				Rp 70.000
Total					Rp 1.777.840