

# PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN FRAME SEPEDA LIPAT MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR

Berli Paripurna Kamiel<sup>1</sup>, Ghozi Adib Nugraha<sup>2</sup>, Sunardi<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
JALAN LINGKAR SELATAN TAMANTIRTO, KASIHAN, BANTUL, DI YOGYAKARTA, 55183, INDONESIA  
e-mail: [ghozi.adib.2013@ft.umy.ac.id](mailto:ghozi.adib.2013@ft.umy.ac.id), [berlikamiel@umy.ac.id](mailto:berlikamiel@umy.ac.id), [sunardi@umy.ac.id](mailto:sunardi@umy.ac.id)

---

## Abstract

*Traffic congestion is one of many problems that occur in big cities. One of the solution to reduce it is by starting to use the public transport, such as bus and train. But, to reach the public transport, some walk is needed and sometimes the distance is too far to go on foot. Other than that, it's often that the public transport doesn't drop passenger right on the destination, so there will be another walk needed. For that reason, many people don't like to use the public transport. To solve this problem, there should be an individual transportation device that can make commuting using the public transportation mode become less tiring. This design process aims to result a folding bicycle design which is more efficient in size, weight, and cost compared to the existing folding bicycles on the market.*

*The design was made using Autodesk Inventor Professional 2015 software. The design was focused on the bicycle frame. To acknowledge the design safety, strength analysis was conducted on Autodesk Inventor Professional 2015 software using the finite element metode. The choosen material for the design was Aluminium 6061-T6.*

*The design process resulted a folding bicycle design with a folded dimation of 765x742x328 mm. From the strength analysis conducted, the design experienced maximum von mises stress of 96,32 MPa, maximum displacement of 6,925 mm, and had minimum safety factor of 2,8. These values were the worst results from the entire design's analysis results and only happened in one area. It happened because there was an acumulated stress on some part caused by geometry discontinuity. Even so, the value of the safety factor on this area was still far from the design's allowed stress. In conclusion, the design was safe to use.*

**Keywords:** *folding bicycle; strength analysis, design; safety factor; Autodesk Inventor*

---

## 1. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas sudah menjadi hal yang biasa bagi masyarakat perkotaan. Akan tetapi, jika tidak segera ditanggulangi lambat laun akan menjadi masalah yang lebih serius. Penyebab utama kemacetan adalah banyaknya jumlah kendaraan. Sebenarnya, jumlah kendaraan di jalan raya saat ini masih dapat dikurangi dengan beralih memakai kendaraan umum seperti bus atau kereta. Akan tetapi, untuk menuju tempat pemberhentian kendaraan umum diperlukan jarak yang terkadang cukup jauh untuk ditempuh dengan berjalan kaki. Selain itu, sering kali kendaraan umum tidak berhenti tepat di tempat tujuan, sehingga harus dilanjutkan dengan berjalan kaki. Hal ini membuat masyarakat enggan memakai kendaraan umum.

Untuk itu, diperlukan alat transportasi individual yang dapat memudahkan perjalanan dengan kendaraan umum. Alat tersebut harus memiliki desain yang mudah digunakan, dapat dilipat, ringan, dan ekonomis (Hossain, et al., 2013). Banyak kendaraan yang dapat digunakan untuk transportasi jarak dekat, seperti sepatu roda, *skate board*, otopet, dan sepeda. Masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan sendiri dalam menjadi alat transportasi individual yang memenuhi kriteria tersebut.

Sepatu roda dan *skate board* memiliki bobot yang ringan dan memakan tempat yang sedikit, tetapi cenderung sulit digunakan kebanyakan orang, terutama karena butuh keseimbangan yang baik dan metode pengereman yang sulit. Dibanding itu, otopet lebih mudah digunakan, tetapi harus dipakai dalam posisi berdiri dan digerakkan dengan menghentakan kaki ke tanah. Ditambah dengan ukuran roda yang kecil, hal itu membuat otopet melelahkan untuk dipakai, terutama di rute yang jauh dan datar. Dibanding otopet, sepeda lebih nyaman digunakan karena memiliki tempat duduk dan digerakkan dengan cara mengayuh pedal, sehingga kaki dapat bergerak dalam ritme. Selain itu, sepeda juga cenderung lebih mudah digunakan, memiliki metode pengereman yang sederhana, dan dapat melaju dengan kecepatan yang paling tinggi dibanding sepatu roda, *skate board*, atau otopet. Akan tetapi, sepeda konvensional tidak memungkinkan untuk dibawa masuk ke dalam kendaraan umum karena ruang yang terbatas. Karena itu, sepeda yang memenuhi kriteria adalah sepeda lipat (Maleque, Hossain, & Dyuti, 2011), walaupun dari segi bobot tidak lebih ringan dari sepatu roda, *skate board*, atau otopet.

Sudah banyak sepeda lipat yang beredar di pasaran sekarang. Namun, desainnya masih dapat dikembangkan. Sebagai contoh, ukuran yang masih kurang ringkas untuk dibawa dalam kendaraan umum dan cara melipat yang masih tidak praktis. Banyak desain sepeda lipat yang ditujukan untuk muat ke dalam bagasi mobil, sehingga masih agak besar dan merepotkan jika dibawa ke dalam kendaraan umum. Kalaupun ada yang sudah mengatasi dua masalah itu, biasanya harganya menjadi mahal. Karena itu, perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan desain yang lebih efisien dalam ukuran, bobot, dan biaya, sehingga dapat menarik minat masyarakat untuk beralih menggunakan kendaraan umum.

## 2. SEPEDA LIPAT

Sepeda atau *bicycle* adalah kendaraan beroda dua yang menggunakan pedal sebagai penggerakannya. Istilah *bicycle* mulai dipakai pada tahun 1860-an di Perancis dan sejak saat itu digunakan di Perancis dan Inggris untuk mengacu pada kendaraan beroda dua yang digerakkan dengan pedal, walaupun dalam perkembangannya sepeda tidak selalu beroda dua (Herhily, 2007). Kehadiran sepeda menggeser pemakaian kuda karena lebih praktis perawatannya dan lebih mudah dikendalikan.

Banyak desain sepeda yang dikembangkan sebelum menjadi desain sepeda yang umum digunakan sekarang ini, salah satunya sepeda lipat. Sesuai namanya, sepeda lipat adalah sepeda yang memiliki keunikan, yaitu dapat dilipat. Sepeda lipat diminati karena keringkasannya yang dapat menghemat tempat untuk menyimpannya. Sepeda lipat banyak diminati oleh orang-orang yang tinggal di apartemen yang kecil atau rumah yang kecil. Berikut adalah berapa sepeda lipat yang ada di pasaran.

### 2.1 Phoenix

Phoenix adalah produsen sepeda asal Shanghai yang berdiri tahun 1959. Merk ini sudah lama ada di Indonesia dan diminati karena harganya yang murah. Untuk sepeda lipat, Phoenix mengadaptasi model sepeda lipat pada umumnya yang banyak ditemui di Indonesia, dengan metode lipat horizontal, roda 20 inci, dan material baja, seperti pada Gambar 2.1. Sepeda ini merupakan contoh sepeda lipat yang terjangkau oleh rakyat Indonesia.



Gambar 2.1 Sepeda lipat Phoenix

### 2.2 Urbano 3

Urbano 3 merupakan salah satu varian sepeda lipat dari Polygon, salah satu merk sepeda ternama di Indonesia. Dari Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa sepeda ini menggunakan metode lipat horizontal dan roda standar 20 inci yang umum dijumpai. Yang membedakannya adalah material yang digunakan didominasi dengan paduan aluminium sehingga bobotnya lebih ringan dan harganya lebih mahal dibanding sepeda lipat buatan cina yang banyak beredar di Indonesia.



Gambar 2.2 Sepeda lipat Polygon Urbano 3

### 2.3 Strida LT

Strida LT adalah varian sepeda lipat Strida yang menggunakan *single speed*. Sepeda ini merupakan sepeda yang terberat pada sub bab ini, yaitu 10,9 kg dengan *frame* terbuat dari Aluminium 7000. Sepeda Strida memiliki desain yang unik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3(a). Bentuk *frame* sepeda ini seperti huruf A, dan hanya menggunakan *single fork*. Roda yang digunakan juga lebih kecil dari sepeda lipat pada umumnya, yaitu 16 inci. Dengan bentuk yang unik dan roda yang kecil, sepeda Strida LT dapat dilipat menjadi sekitar 113x29x58 cm, sangat besar dibandingkan dengan sepeda lainnya, namun dapat didorong seperti troli, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3(b). Selain itu, sepeda ini tidak menggunakan rantai, melainkan belt drive. Distributor resmi Strida di Indonesia, PT Delta Indostrada.



(a)



(b)

Gambar 2.3 Sepeda Strida LT dalam posisi terbuka (a) dan posisi terlipat (b)

### 2.4 Hummingbird

Sepeda Hummingbird merupakan sepeda lipat dengan metode lipat vertikal (*swing*). Pada Gambar 2.3(a) dan 2.3(b) terlihat bahwa bagian belakang sepeda berporos pada *bottom bracket* dan dapat berayun ke depan, melipat dalam sekejap. Metode lipat ini merupakan metode yang sangat praktis, karena memanfaatkan gravitasi dalam melipat, membuka, serta menahan sepeda pada posisi terbuka. Namun, roda depan dan

belakang akan bertabrakan jika dipertemukan sehingga keduanya harus diberi jarak. Hal ini menyebabkan desain kurang ringkas. Ukuran sepeda saat dilipat adalah sekitar 850x550x200 mm. Kelebihan utama dari sepeda Hummingbird adalah bobotnya yang sangat ringan, yaitu 6,9 kg, karena menggunakan serat karbon. Hal ini sebenarnya sangat baik, karena sepeda lipat pada umumnya terlalu berat untuk ditenteng. Namun, material serat karbon sangat mahal. Sepeda ini dapat dipesan dari berbagai belahan dunia, namun dengan ongkos kirim dan harga dalam Poundsterling (£).



Gambar 2.4 Sepeda lipat Hummingbird dalam posisi terbuka (a) dan posisi terlipat (b)

### 2.5 Brompton

Sepeda Brompton menggabungkan metode lipat vertikal dan horizontal. Hal ini mengatasi masalah pada metode lipat Hummingbird, yaitu roda depan dan belakang bertabrakan jika dipertemukan. Akan tetapi, hal ini menambah jumlah tahap pelipatan sehingga kurang praktis. Namun, dari segi keringkasannya, sepeda Brompton merupakan salah satu yang terbaik. Dengan roda 16 inci, suspensi pada bagian belakang, dan dimensi yang seperti sepeda penuh, sepeda Brompton dapat dilipat menjadi 585 x 565 x 270 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4(a) dan 2.4(b). Sepeda Brompton dijual dengan bobot mulai dari 10,3 kg tergantung pilihan *part* dan aksesorisnya. Penggemar sepeda ini di Indonesia sudah cukup banyak. Sudah ada klub penggemar yang berisi pengguna sepeda ini yang juga akan membantu peminat mendapatkan sepedanya sendiri.

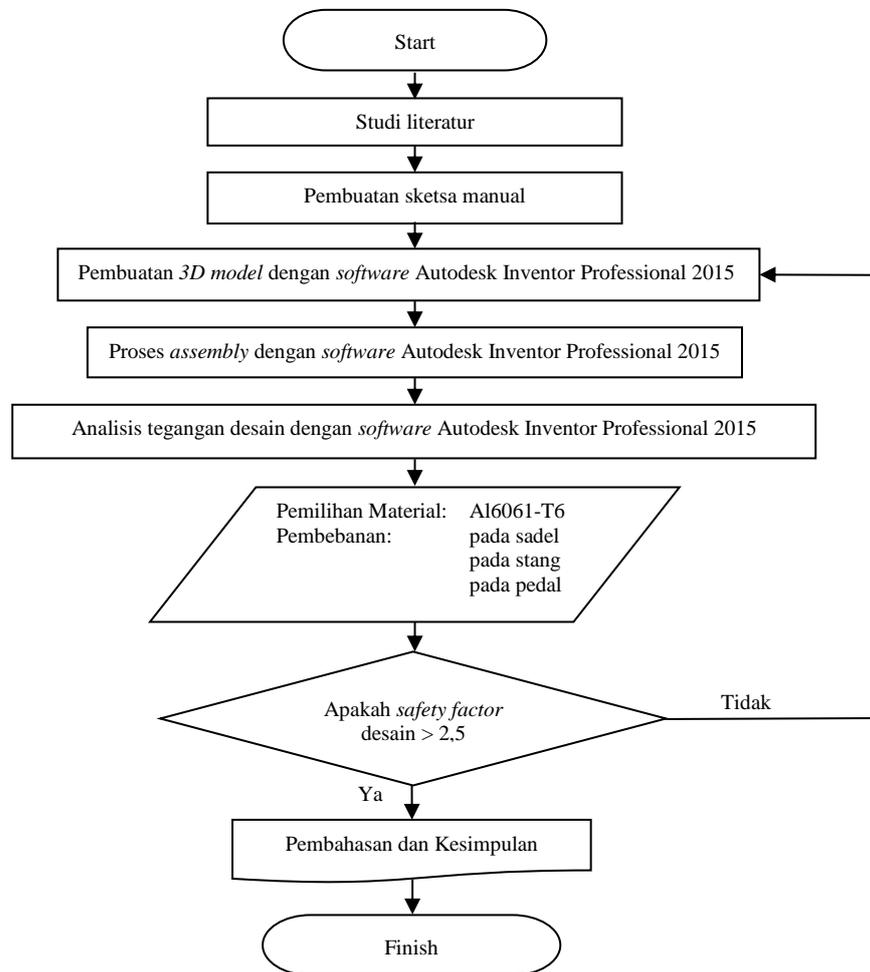


Gambar 2.5 Sepeda Brompton dalam posisi terbuka (a) dan posisi tertutup (b)

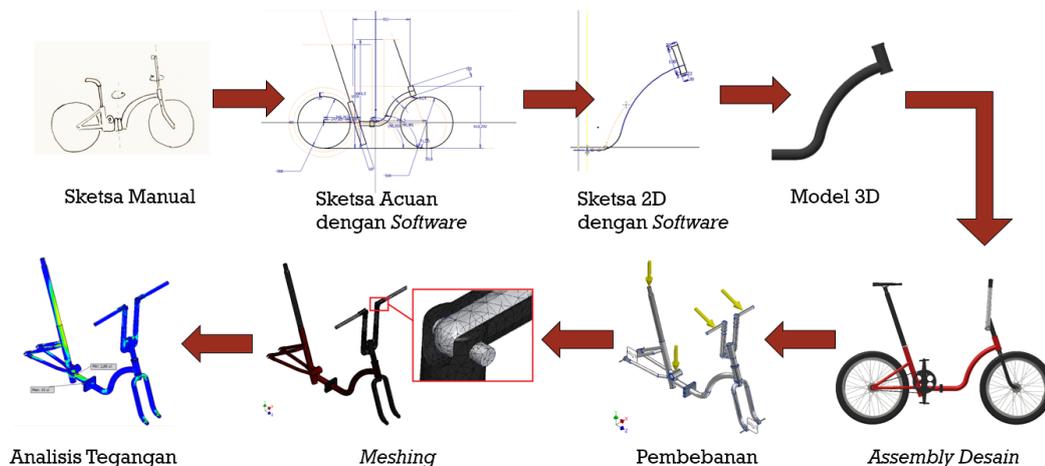
## 3. METODOLOGI PERANCANGAN

Perancangan sepeda lipat akan dilakukan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015. Terdapat beberapa tahapan dalam mendapatkan rancangan sepeda lipat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pertama, dilakukan studi literatur untuk mendapatkan ide dan teori yang mendasari perancangan. Langkah selanjutnya adalah membuat desain, mulai dari sketsa manual, sketsa 2D, model 3D, sampai

assembly. Lalu, dilakukan pemilihan material desain, pemberian beban, dan analisis tegangan desain. Secara sederhana, tahapan ini dapat dilihat dalam diagram pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan sepeda lipat



Gambar 3.2 Diagram proses perancangan sepeda lipat

Sketsa manual dibuat dengan sederhana di atas kertas. Hal yang terpenting adalah menggambarkan sebanyak mungkin konsep bentuk, prinsip kerja, fitur-fitur utama desain yang lebih unggul dari sepeda-sepeda yang ada di pasaran (Muthiah, Prakash, & Ramadass, 2014). Setelah didapatkan desain yang sesuai, dibuat sketsa yang lebih rinci sebagai acuan desain nantinya. Agar lebih mudah diatur dan rapi, sketsa acuan dibuat menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015. Untuk menghasilkan sebuah desain 3D, dibuat perlu sketsa 2D berdasarkan ukuran yang telah di gambarkan pada sketsa acuan. Setelah itu, masing-masing sketsa 2D yang dibuat diubah menjadi model 3D, dirakit dengan proses yang disebut *assembly*, dan menjadi desain 3D yang diinginkan.

Untuk mengetahui kekuatan desain yang dihasilkan, dilakukan analisis tegangan dengan *software* Autodesk Inventor Professional 2015. Analisis tegangan dimulai dengan melakukan pembebanan, pemilihan material, meshing, lalu menjalankan analisis. Pembebanan diberikan pada bagian *seat*, *bottom bracket*, dan stang. Pembebanan pada *seat* dan stang diberikan karena *seat* dan stang merupakan tumpuan utama dari bobot pengguna saat menaiki sepeda (Hatwar, Bargat, & Bohra, 2016). Sedangkan pembebanan pada *bottom bracket* diberikan karena gaya yang terjadi pada pedal akan mempengaruhi tegangan yang dialami oleh *frame* (Manolova, Crequy, Lestriez, Debraux, & Bertucci, 2015). Material yang dipilih untuk desain adalah aluminium 6061-T6, karena memiliki *properties* yang baik dengan harga yang murah dan mudah diproses (Rontescu, Cicic, Amza, & Dobrota, 2015). Analisis akan menghasilkan hasil berupa gambar dengan gradien warna dan angka yang menunjukkan nilai *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil perancangan

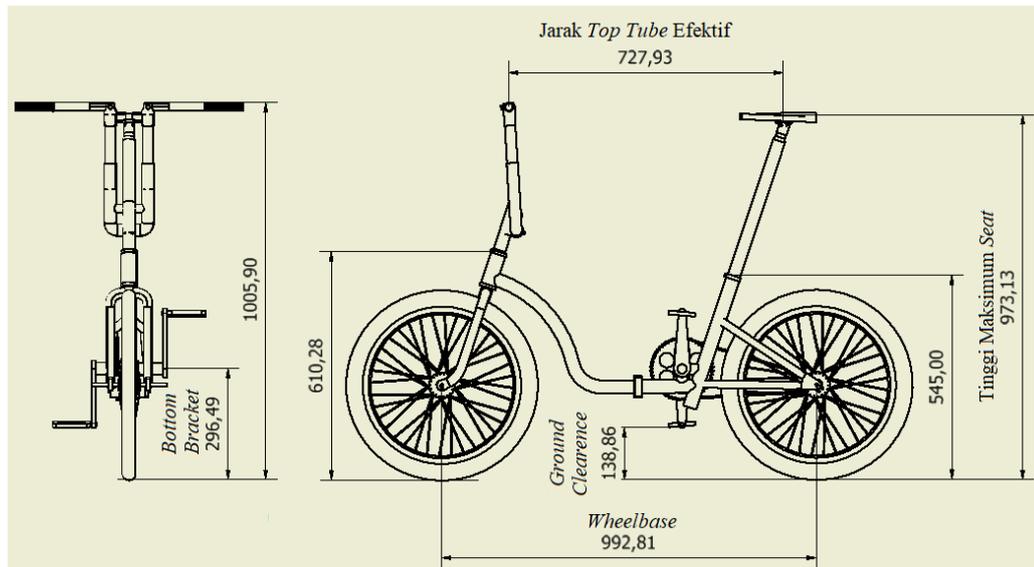
Perancangan sepeda lipat menghasilkan satu desain akhir. Desain akhir menggunakan *frame* lengkung berbahan AL6061-T6 dengan satu engsel di bagian tengahnya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Sepeda didesain untuk penggunaan dengan postur tegak, karena postur tegak meminimalisasi kelelahan otot pengguna (Balasubramanian, Jagannath, & Adalarasu, 2014). *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, karena roda yang terlalu kecil akan memberikan banyak kekurangan seperti dalam kenyamanan berkendara dan *grip* roda pada jalanan yang buruk (Hadland & Lessing, 2014).



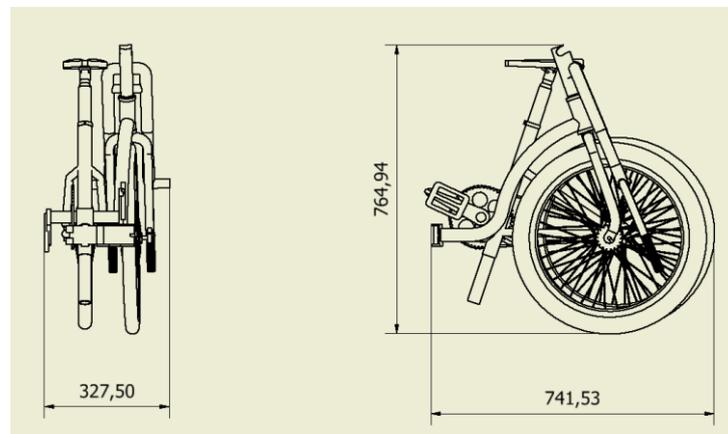
Gambar 4.1 Sepeda lipat hasil perancangan

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 (Shisir, Manjunath, Pavanasudan, & Sathyajith, 2015). 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

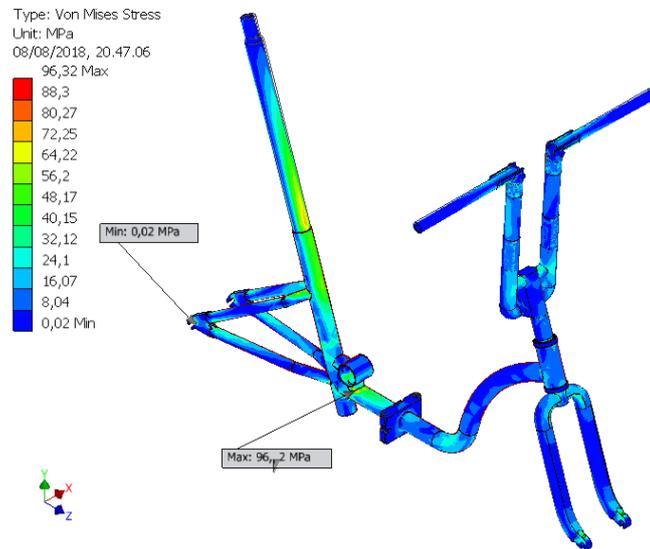
## 4.2 Hasil analisis tegangan

Untuk mengetahui kekuatan desain, dilakukan analisis tegangan dengan *software* Autodesk Inventor Professional 2015. 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:

### 4.2.1 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 (Popov, 1984). Pada simulasi tegangan, nilai *von mises stress* dapat dilihat dari warnanya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.

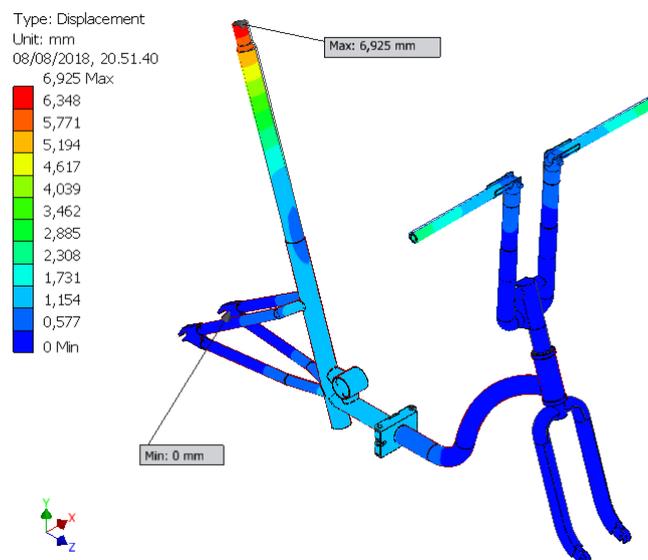
Dari simulasi yang dilakukan, nilai *von mises stress* maksimum yang terjadi pada kondisi terbeban adalah 96,32 MPa. Nilai tersebut hanya terjadi di beberapa titik dan tidak melampaui nilai tegangan luluh AL6061-T6 yang sebesar 276 MPa (ASM Handbook Committee, 1990). Sebagian besar hasil analisis tegangan 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 4.4 Hasil analisis *von mises stress* desain sepeda lipat

#### 4.2.2 Displacement

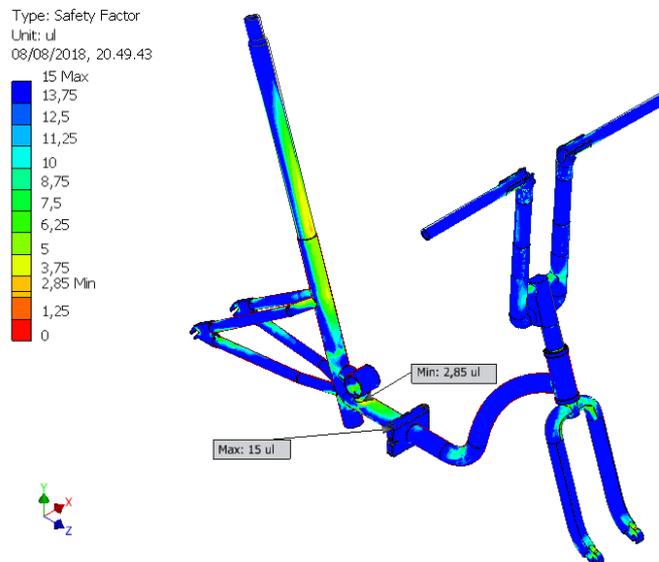
*Displacement* menunjukkan perubahan bentuk dari desain setelah dilakukan pembebanan. Pada simulasi tegangan, nilai *displacement* yang terjadi dapat dilihat dari warnanya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dari simulasi yang dilakukan, nilai *displacement* maksimum yang terjadi pada kondisi terbeban adalah 6,925 mm. *Displacement* ini terjadi pada tegangan maksimal 96,32 Mpa, masih jauh di bawah tegangan luluh AL6061-T6 yang sebesar 276 MPa. Artinya *displacement* masih berada pada daerah elastis. Dengan nilai yang cukup kecil, *displacement* ini masih dapat diterima.



Gambar 4.5 Hasil analisis *displacement* desain sepeda lipat

#### 4.2.3 Safety factor

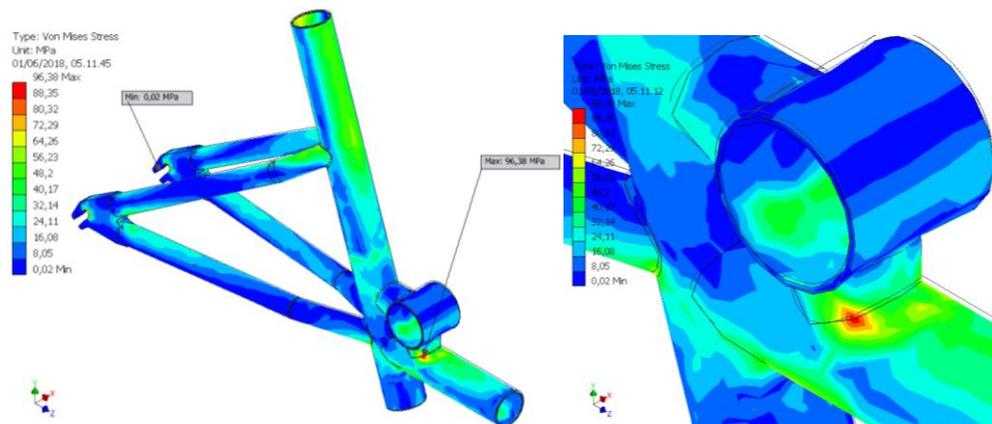
Safety factor atau faktor keamanan yang didapat dari hasil analisis adalah sebesar 2,85 sampai 15. Artinya, bagian paling lemah pada desain mampu mengatasi 2,85 kali beban yang diijinkan yaitu 100 kg. Walaupun begitu, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6, mayoritas bagian sepeda berwarna biru. Artinya sebagian besar bagian sepeda memiliki safety factor di atas beban yang diijinkan.



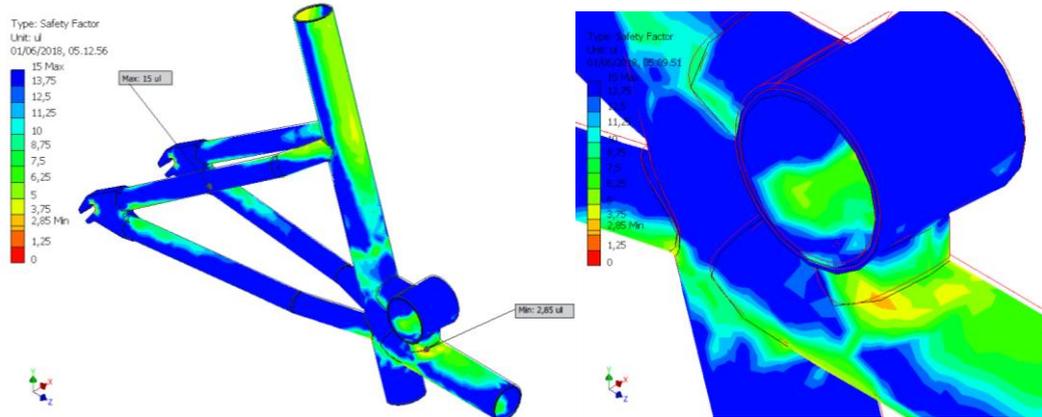
Gambar 4.6 Hasil analisis safety factor desain sepeda lipat

#### 4.2.4 Analisis tegangan pada frame belakang

Dari hasil analisis, desain masih didominasi warna biru dan hijau, seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 dan 4.8. Namun, terdapat titik dengan warna 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.



Gambar 4.7 Hasil analisis von mises stress pada frame belakang



Gambar 4.8 Hasil analisis *safety factor* pada *frame* belakang

### 4.3 Perbandingan desain sepeda lipat

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 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan desain sepeda lipat

No	Nama Produk	Bobot (kg)	Jumlah Tahapan Pelipatan	Dimensi Sepeda Saat Terlipat (mm)
1	Sepeda Hasil Perancangan	12,5	3	765 x 742 x 328
2	Phoenix	15	3	844 x 709 x 350
3	Polygon Urbano 3	14	3	750 x 650 x 350
4	Strida LT	10,9	5	1130 x 290 x 580
5	Hummingbird	6,9	3	840 x 550 x 200
6	Brompton	10,3	4	585 x 565 x 270

Dari Tabel 4.1, sepeda lipat hasil perancangan memiliki beberapa kelebihan. Bobot sepeda lipat hasil perancangan lebih ringan dibanding sepeda lipat merk Poenix dan Polygon Urbano 3. Dimensi sepeda lipat hasil perancangan lebih kecil dari sepeda lipat merk Phoenix.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan analisis sepeda lipat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Sepeda lipat hasil perancangan menggunakan komponen-komponen sebagai berikut:
  1. *Frame* depan menggunakan AL6061-T6 tube OD 35 mm, ID 33 mm
  2. *Frame* belakang menggunakan AL6061-T6 tube OD 35 mm, ID 32 mm
  3. Engsel menggunakan AL6061-T6 98 x 58 mm
  4. *Seat bar* menggunakan hi-ten steel 600 mm, OD 33 mm, ID 27 mm
  5. Stang menggunakan AL6061-T6 tube 255 x 620 mm
  6. *Fork* menggunakan hi-ten steel dengan slot roda 270 x 100 mm
  7. *Bearing* menggunakan *bearing* BB30
  8. Rantai menggunakan rantai United R-101
  9. *Crank set* menggunakan *crank set single speed* 36T
  10. Pedal menggunakan pedal lipat aluminium-plastik
  11. *Free wheel* menggunakan *free wheel* United 14T

12. Roda menggunakan Roda 20 inci
- b. Sepeda lipat hasil perancangan memiliki bobot seberat 12,5 kg, tahapan pelipatan sebanyak 3 tahap, dan dimensi terlipat sebesar 765 x 742 x 328 mm. Bobot sepeda hasil perancangan lebih ringan dibanding sepeda lipat merk Phoenix dan Polygon Urbano 3 yang seberat 15 kg dan 14 kg. Dimensi sepeda lipat hasil perancangan lebih kecil dari sepeda lipat merk Phoenix yang terlipat dengan dimensi 844 x 709 x 350 mm.
- c. Berdasarkan perancangan yang dilakukan, safety factor sepeda adalah 2,85. Nilai itu adalah nilai terendah dari keseluruhan desain dan hanya terjadi pada 1 titik. Nilai safety factor rendah lainnya adalah sekitar 3,3 dan selebihnya memiliki nilai di atas itu. Hal ini terjadi karena tegangan terkumpul akibat diskontinuitas geometri pada beberapa bagian. Meski begitu, nilai safety factor pada titik terkumpulnya tegangan masih jauh di atas tegangan ijin desain. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa desain aman untuk digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Committee. (1990). Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. Dalam *ASM Handbook* (Vol. 2, hal. 62-122). ASM International.
- Balasubramanian, V., Jagannath, M., & Adalarasu, K. (2014). Muscle Fatigue Based Evaluation of Bicycle Design. *Applied Ergonomic*, 45, 339-345.
- Hadland, T., & Lessing, H.-E. (2014). *Bicycle Design: An Illustrated History*. United State of America: MIT Press.
- Hatwar, A. M., Bargat, S. P., & Bohra, B. A. (2016). Design of Single Fork of Folding Bicycle. *International Journal of Modern Engineering Research*, 6(5), 64-70.
- Herhily, D. V. (2007). *Bicycle: the History*. United States of America: Quebecor World.
- Hossain, M. K., Chowdhury, M. M., Black, M., Elmore, C., Thomas, W., & Ray, K. P. (2013). Design of a Portable Assisted Mobility Device-A Sustainable Urban Transport. *International Conference on Connected Vehicles and Expo*. United State of America: Tuskegee University.
- Maleque, M. A., Hossain, S., & Dyuti, S. (2011). Material Properties and Design Aspects of Folding Bicycle Frame. *Advanced Material Research*.
- Manolova, A. V., Crequy, S., Lestriez, P., Debraux, P., & Bertucci, W. M. (2015). Relationship between the Pedaling Biomechanics and Strain of Bicycle Frame during Submaximal Tests. *Sports*, 3, 87-102; doi:10.3390/sports3020087.
- Muthiah, A., Prakash, A., & Ramadass, R. (2014). Foldable Bicycle: Evaluation of Existing Design and Novel Design Proposals. *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, 9(5), 706-710.
- Popov, E. P. (1984). *Mekanika Teknik* (2nd ed.). (Z. A. Tanisan, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- Rontescu, C., Cicic, D. T., Amza, C. G., & Dobrota, D. (2015). Choosing The Optimum Material For Making A Bicycle Frame. *METABK*, 54(4), 679-682.
- Shisir, S., Manjunath, P., Pavanasadun, R., & Sathyajith, R. (2015). Design and Fabrication of Foldable Bicycle. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, 2(6), 6-12.