

RANCANG BANGUN HANDCYCLE BAGI KAUM DISABILITAS MELALUI PENDEKATAN ANTROPOMETRI DENGAN MENGUNAKAN METODE VDI 2221

Muhamad Fachri^{1)*}, Dudung Hermawan²⁾, Arifiansah³⁾, Adje Wijaya⁴⁾

^{1,2,3,4)}Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam As-Syafi'iyah

*Corresponding Author: Arifiansah.fst@uia.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe handcycle yang ergonomis dan aman bagi penyandang disabilitas tuna daksa di Indonesia. Keterbatasan mobilitas dan minimnya sarana transportasi yang adaptif menjadi latar belakang utama pengembangan produk ini. Proses perancangan menggunakan metode sistematis VDI 2221 yang mencakup tahapan penjabaran tugas, perancangan konsep, perancangan wujud, hingga perancangan detail. Pendekatan antropometri diterapkan untuk memastikan kesesuaian dimensi produk dengan karakteristik fisik pengguna, dengan fokus utama pada desain kursi yang dapat diatur ketinggiannya (adjustable) untuk memudahkan akses dan meningkatkan kenyamanan. Analisis kekuatan struktur rangka dilakukan melalui perhitungan manual dan simulasi Finite Element Analysis (FEA) menggunakan software SolidWorks dengan material besi hollow ST 37. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsep desain terpilih memiliki faktor keamanan (Safety Factor) sebesar 1,4 (manual) dan 1,53 (simulasi) pada beban maksimum 120 kg. Prototipe yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi solusi mobilitas yang efektif, meningkatkan kemandirian, dan kualitas hidup kaum disabilitas.

Kata Kunci: *Handcycle, Antropometri, VDI 2221, Disabilitas, Rancang Bangun*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kaum difabel tuna daksa di Indonesia menghadapi tantangan signifikan dalam hal mobilitas akibat kurangnya sarana dan prasarana transportasi yang memadai data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) juga mencatat jumlah penyandang disabilitas yang cukup tinggi, yang sebagian besar membutuhkan alat bantu untuk mobilitas(Aulia, 2025) Meskipun pemerintah telah mengeluarkan regulasi seperti UU No. 4 Tahun 1997, implementasi penyediaan fasilitas yang aksesibel masih sangat terbatas, terutama di sektor transportasi(Kristyanto, 2016). Sepeda tangan merupakan salah satu solusi untuk membantu para penyandang disabilitas dalam menjalani kehidupan sehari-hari(Arifiansah, Syahrul Anwar, Hafidz Aulia, 2025). Namun, produk handcycle yang ada di pasaran seringkali memiliki desain yang kurang sesuai, seperti posisi jok yang terlalu rendah sehingga berisiko bagi pengguna, dan mayoritas merupakan produk impor yang harganya tidak terjangkau(Himarosa & Sunardi, 2020).

1.2 Tujuan Penelitian

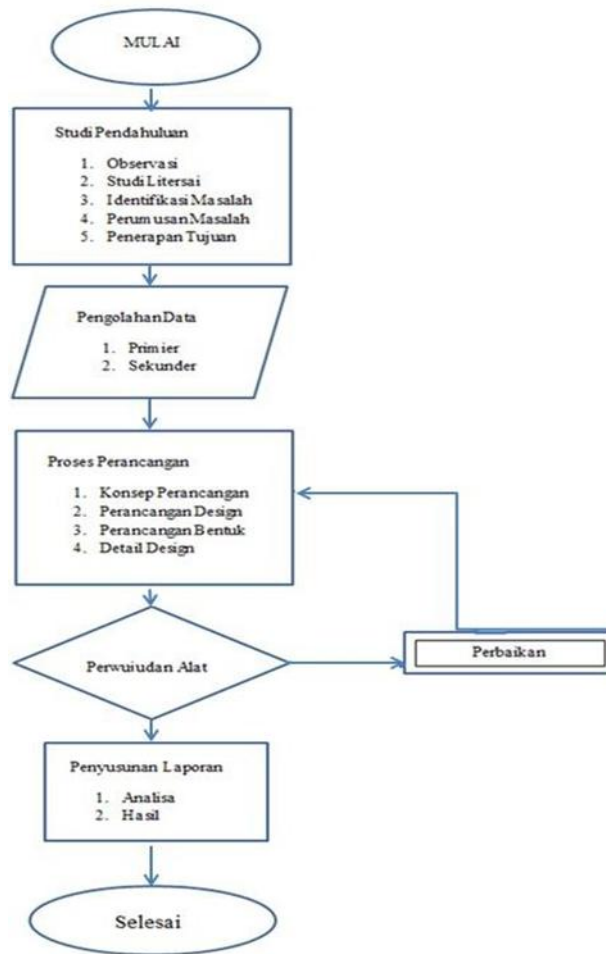
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan tujuan yang ingin dicapai penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana penerapan metode VDI 2221?
- b. Bagaimana Desain dengan metode antropometri?
- c. Bagaimana kekuatan struktur?

2. METODE

Perancangan dilakukan dengan menggunakan metode VDI 2221 dimana terdapat empat kegiatan yaitu: (a) penjabaran/klarifikasi tugas, (b) perancangan konsep, (c) perancangan bentuk, dan (d) perancangan detail (Rosa et al., 2023).

Untuk analisis kekuatan struktur, dilakukan perhitungan kekuatan material secara manual dan simulasi menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Analysis - FEA) dengan software SolidWorks. Material yang dipilih untuk rangka adalah besi hollow ST 37 dengan dimensi 20 x 40 x 2 mm, karena ketersediaannya yang luas, biaya rendah, dan kemampuan las yang baik (Himarosa & Sunardi, 2020). Analisis difokuskan pada tegangan Von Mises, deformasi (displacement), dan faktor keamanan (Safety Factor) pada kondisi pembebanan statis dengan beban maksimum 120 kg untuk memastikan keamanan struktur. Diagram alir penelitian secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

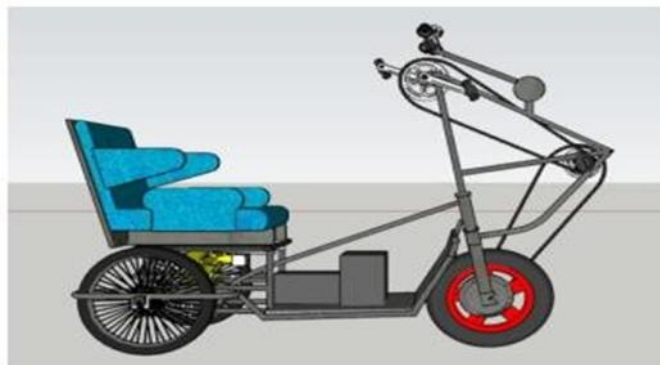
Proses perancangan dengan metode VDI 2221 dimulai dengan pengembangan beberapa varian konsep untuk setiap subsistem utama: sistem penggerak, sistem transmisi, rangka, sistem kemudi, dan mekanisme pengaturan kursi. Dari berbagai alternatif tersebut, dibentuk tiga kombinasi konsep utama (Varian 1, Varian 2, dan Varian 3) yang kemudian dievaluasi secara kuantitatif.

Evaluasi dilakukan menggunakan matriks penilaian dengan lima parameter kunci: kemudahan pengoperasian, efisiensi tenaga, kekuatan struktur, kemudahan pengendalian, dan kenyamanan. Setiap parameter diberi skor 1 hingga 5. Hasil penilaian, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa Varian 2 memperoleh skor tertinggi (19), menjadikannya konsep terpilih untuk dikembangkan lebih lanjut.

Tabel 1 Macam – macam Pilihan Varian

No	Bagian	Unsur Mesin	Persyaratan	1	2	3
1.	Material	Sistem Penggerak	Mampu mempermudah pengguna dalam mengedairai			
2.	Material	System Transmisi	Mampu Mentransfer tenaga dari penggerak tangan ke roda penggerak			
3.	Material	Rangka Handcycle	Mampu menopang komponen yang ada dan beban pengguna			
4.	Material	Sistem Kemudi	Mampu mengendalikan arah gerak kendaraan dengan nyaman			
5.	Material	Pengantur Kursi	Mampu digunakan dengan mudah oleh pengguna			

Konsep Varian 2 yang terpilih kemudian diwujudkan dalam bentuk desain 3D menggunakan software AutoCAD dan SolidWorks. Visualisasi desain akhir Varian 2 ditunjukkan pada Gambar 2.



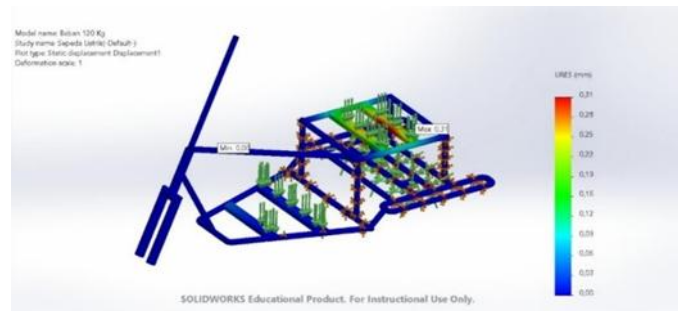
Gambar 2 Tampak Samping Desain 3D Handcycle Varian 2

Tahap selanjutnya adalah analisis kekuatan rangka untuk memastikan keamanan produk. Analisis dilakukan pada kondisi pembebanan paling ekstrem, yaitu dengan asumsi berat pengguna 120 kg, jauh di atas rata-rata berat pengguna pada umumnya (75 kg). Analisis ini mencakup perhitungan manual dan simulasi FEA

Perhitungan manual dilakukan dengan memodelkan rangka utama sebagai balok sederhana yang ditumpu pada dua titik (roda depan dan belakang) dan menerima dua beban terpusat: berat pengguna (120 kg) dan berat komponen seperti baterai (15 kg). Dari perhitungan, didapatkan momen lentur maksimum (M_{max}) sebesar 240.792 N.mm. Dengan menggunakan material ST 37 yang memiliki kekuatan luluh (yield strength) 235 MPa, tegangan lentur maksimum yang terjadi pada

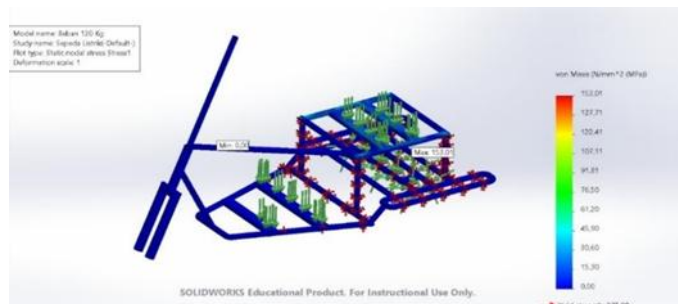
rangka dihitung sebesar 167,46 MPa. Nilai ini masih di bawah batas luluh material, yang mengindikasikan bahwa desain aman.

Untuk memvalidasi hasil perhitungan manual, dilakukan simulasi FEA menggunakan SolidWorks. Rangka diberi pembebanan dan batasan (fixtures and loads) yang sama. Hasil simulasi tegangan Von Mises, yang ditunjukkan pada Gambar 3, memperlihatkan bahwa tegangan maksimum yang dialami rangka adalah 153,01 MPa. Nilai ini sedikit lebih rendah dari perhitungan manual. Namun, kedua hasil konsisten menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi berada dalam batas aman.



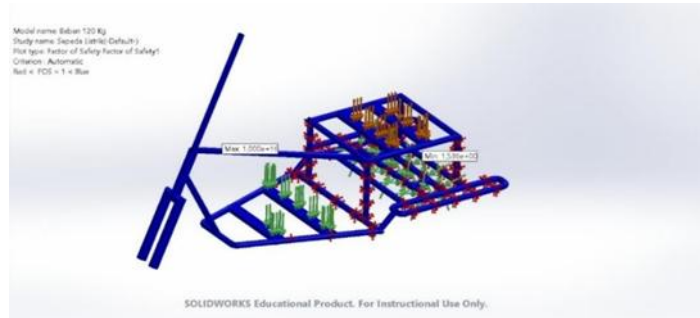
Gambar 3 Von mises beban 120 kg

Selain analisis tegangan, analisis deformasi (displacement) dan faktor keamanan (Safety Factor) juga dilakukan. Hasil simulasi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada rangka adalah 0,31 mm. Nilai deformasi yang sangat kecil ini membuktikan bahwa struktur rangka memiliki kekakuan (stiffness) yang sangat baik dan tidak akan mengalami perubahan bentuk yang signifikan saat digunakan.



Gambar 4 Analisis Deformasi (Displacement) Pada Beban 120 Kg

Faktor keamanan adalah rasio antara kekuatan luluh material terhadap tegangan aktual yang terjadi. Nilai ini sangat penting untuk menjamin bahwa struktur tidak akan gagal bahkan pada kondisi tak terduga. Hasil simulasi pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai Safety Factor (SF) minimum pada rangka adalah 1,53.



Gambar 5 Analisis Faktor Keamanan Pada Beban 120 Kg

Nilai ini lebih besar dari 1, yang berarti desain dinyatakan sangat aman. Perhitungan manual juga menghasilkan SF sebesar 1,4, yang mengkonfirmasi kesimpulan yang sama. Perbandingan hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisis

Parameter	Perhitungan Manual	Analisa SolidWorks	Batas Material (ST 37)	Status
Tegangan Maks.	167,46 MPa	153,01 MPa	235 MPa (Yield)	Aman
Deformasi Maks.	0,30 mm	0,31 mm	2,1 mm (Izin)	Aman
Safety Factor (Min)	1,4	1,53	> 1	Aman

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama adalah:

- Penerapan metode VDI 2221 terbukti efektif dalam memandu proses perancangan secara sistematis dan objektif, yang menghasilkan terpilihnya Varian 2 sebagai konsep desain terbaik.
- Pendekatan antropometri berhasil diintegrasikan ke dalam desain, terutama pada fitur kursi adjustable, yang memastikan produk dapat mengakomodasi berbagai ukuran tubuh pengguna dan memberikan kenyamanan serta kemudahan akses.
- Analisis kekuatan struktur pada beban ekstrem 120 kg, baik melalui perhitungan manual maupun simulasi FEA. Dengan demikian, prototipe handcycle ini layak untuk direalisasikan dan berpotensi menjadi solusi mobilitas yang fungsional bagi kaum disabilitas di Indonesia.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada

- Kepada KEMDIKBUDRISTEK
- Universitas Islam As-syafi'iyah yang telah memfasilitasi sehingga proposal penelitian ini dapat diajukan ke Akun BIMA
- LPPM yang telah memberikan bimbingan teknis dan monitoring baik sebelum maupun pada saat kegiatan berlangsung

- d. Rekan – rekan sejawat di teknik mesin
- e. Anggota peneliti yang telah secara serius dan bersama sama menyelesaikan penelitian sepeda handcycle

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiansah, Syahrul Anwar, Hafidz Aulia, M. fachri. (2025). RANCANG BANGUN SEPEDA HANDCYCLE BAGI PENYANDANG DISABILITAS DENGAN MENGGUNAKAN PENGGERAK MANUAL DAN ENERGI LISTRIK BLDC MELALUI PENDEKATAN ANTROPOMETRI. *Trends in Neuroscience and Education*, 1, 1–12.
- Aulia, H. (2025). *Perencanaan sistem kelistrikan dan analisis performa prototipe handcycle berdaya motor bldc 500 watt dengan metode eksperimental skripsi*. Bekasi, Universitas Islam As Syafi'iyah
- Himarosa, R. A., & Sunardi. (2020). Design, Frame Analysis and Manufacture of Handcycle Prototype. *Journal of Physics: Conference Series*, 1471(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1471/1/012058>
- Kristyanto, B. (2016). Perancangan Sepeda Motor Roda Tiga Untuk Kaum Difabel Daksa. *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Unisbank*, 284–290. <https://media.neliti.com/media/publications/173406-ID-none.pdf>
- Rosa, D., Cupu, P., Afrizal, E., & Kaldum, I. (2023). Perancangan alat uji roda gigi menggunakan metode VDI 2221. *Perancangan Alat Uji Roda Gigi*, 21(oktober), 1–9. diakses 2025 <https://snnttm.bkstm.org/index.php/SNTTM/article/view/3>