

Perancangan Single Attachable Connector untuk Kursi Roda dengan Skuter Listrik

Dimas Setiawan^{1*}, Lisa Puspita Ariyanto², Dedy Rachman Ardian³

¹⁻³Universitas Gresik, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : dimasdimas412@gmail.com



e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 07 Juli, 2026

Page: 2342-2352

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i7.2758>

Article History:

Received: Mei 29, 2026

Revised: Juni 16, 2026

Accepted: Juli 18, 2026

Abstract : There is an urgent need for assistive technologies (ATs) for people with lower-limb impairments, many of whom depend on wheelchairs for mobility. However, modern wheelchair technologies are often complex, resulting in reduced reliability and difficulties in maintenance and repair. To address these issues, a new concept called the Attachable Wheelchair Automator (AWA) was developed. The design introduces a simpler single attachable connector mechanism to improve reliability and operational efficiency. This study focuses on evaluating the structural strength of the connector that links a wheelchair to an electric scooter. The connector was designed using SolidWorks 3D CAD software and analyzed through finite element simulations in ANSYS. The simulations examined the effects of connector plate thickness, shaft diameter, and material type on structural performance. Plate thicknesses of 2, 3, and 4 mm, shaft diameters of 8, 10, and 12 mm, and two materials, AL 7075-T6 and ASTM A572, were evaluated. Loading conditions included static, acceleration, and deceleration scenarios, with a maximum deceleration of $a = -2.45 \text{ m/s}^2$ representing the most critical loading condition. The results provide insights into the optimal connector configuration and demonstrate the feasibility of the proposed single attachable connector design for wheelchair-scooter integration.

Keywords : Wheelchair, Connector, Attachable

Abstrak : Terdapat kebutuhan mendesak terhadap teknologi bantu bagi penyandang gangguan anggota gerak bawah, yang sebagian besar bergantung pada kursi roda untuk mobilitas. Namun, teknologi kursi roda modern sering kali rumit sehingga menurunkan keandalan serta menyulitkan pemeliharaan dan perbaikan. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan konsep baru bernama *Attachable Wheelchair Automator* (AWA). Desain ini memperkenalkan mekanisme *single attachable connector* yang lebih sederhana guna meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kekuatan struktural connector yang menghubungkan kursi roda dengan skuter listrik. Connector dirancang menggunakan perangkat lunak SolidWorks 3D CAD dan dianalisis melalui simulasi elemen hingga dalam ANSYS. Simulasi mengkaji pengaruh ketebalan pelat connector, diameter poros, dan jenis material terhadap kinerja struktur. Ketebalan pelat 2, 3, dan 4 mm, diameter poros 8, 10, dan 12 mm, serta dua material, yaitu AL 7075-T6 dan ASTM A572, dievaluasi. Kondisi pembebanan meliputi keadaan statis, akselerasi, dan deselerasi, dengan

deselerasi maksimum $a = -2,45 \text{ m/s}^2$ sebagai kondisi pembebanan paling kritis. Hasil penelitian memberikan pemahaman mengenai konfigurasi connector optimal serta menunjukkan kelayakan desain *single attachable connector* yang diusulkan untuk integrasi kursi roda dan skuter listrik. Untuk mendukung mobilitas pengguna secara aman, andal, efisien, dan mudah diterapkan dalam penggunaan sehari-hari secara luas.

Kata kunci : Kursi Roda, Konektor, Lepas-Pasang

PENDAHULUAN

Teknologi bantu (*assistive technology*) memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas hidup penyandang disabilitas, khususnya individu dengan gangguan anggota gerak bawah yang bergantung pada kursi roda sebagai sarana mobilitas utama (World Health Organization, 2008)]. Namun, keterbatasan akses terhadap alat bantu mobilitas yang sesuai masih menjadi permasalahan di berbagai negara berkembang (McCambridge, 2006). Rendahnya mobilitas dapat berdampak pada penurunan aktivitas fisik dan kualitas hidup penyandang disabilitas (van der Ploeg et al., 2004; Ravenek et al., 2012).

Perkembangan teknologi kendaraan listrik telah mendorong lahirnya berbagai inovasi pada sistem mobilitas penyandang disabilitas. Salah satu inovasi yang berkembang adalah *Attachable Wheelchair Automator (AWA)*, yaitu sistem yang mengintegrasikan kursi roda dengan skuter listrik sehingga pengguna memperoleh bantuan penggerak tanpa harus menggunakan kursi roda elektrik secara penuh (Singh et al., 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem *attachment* mampu meningkatkan mobilitas pengguna dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan kursi roda elektrik konvensional (Uniyal et al., 2018; Badejoko-Okunade et al., 2020).

Gambar 1. Konsep Attachable Wheelchair Automator (AWA)



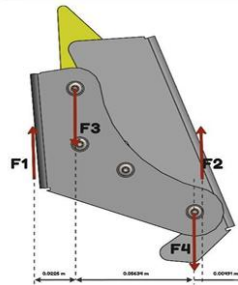
Sumber: Dokumen Pribadi

Meskipun demikian, sebagian besar desain terdahulu masih menggunakan mekanisme multiple *connector* dan *telescopic frame* yang relatif kompleks (Fernandez et al., 2021). Selain meningkatkan biaya manufaktur dan kesulitan perawatan, penggunaan beberapa titik sambungan dapat menimbulkan kondisi *overconstraint* apabila posisi masing-masing titik sambungan tidak berada pada satu garis atau bidang yang sama. Ketidaksesuaian posisi tersebut dapat terjadi akibat toleransi manufaktur, deformasi rangka, maupun kesalahan pemasangan, sehingga menghasilkan misalignment antara rangka kursi roda dan skuter listrik. Dalam kondisi ini, sebagian connector harus menahan gaya sekunder yang tidak berasal langsung dari beban operasional utama, seperti momen lentur, gaya puntir, dan gaya transversal. Gaya-gaya sekunder tersebut merupakan beban parasitik yang dapat meningkatkan konsentrasi tegangan pada connector dan rangka.

Secara teoretis, penggunaan *single attachable connector* mengurangi jumlah titik pengikatan dan membentuk jalur transfer beban yang lebih terpusat. Konfigurasi ini mengurangi potensi ketidakseragaman distribusi beban akibat perbedaan posisi antarconnector serta meminimalkan terbentuknya gaya internal sekunder akibat misalignment. Poros penghubung pada mekanisme *single connector* juga berfungsi sebagai titik transfer beban utama antara kursi roda dan skuter listrik. Dengan demikian, gaya operasional dapat diteruskan melalui jalur beban yang lebih sederhana dan terdefinisi, meskipun kekuatan lokal pada area connector tetap harus diverifikasi

melalui analisis tegangan, deformasi, dan faktor keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan desain single attachable connector yang lebih sederhana, mudah dipasang, dan berpotensi mengurangi beban parasitik akibat ketidaksejajaran rangka. *Connector* merupakan komponen utama yang menerima beban selama proses operasi sehingga diperlukan analisis kekuatan struktur untuk memastikan keamanan pengguna. Analisis struktur dapat dilakukan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) yang mampu memprediksi distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan suatu desain sebelum proses manufaktur (Tjong *et al.*, 2016; Susetyo, 2022).

Gambar 2. *Connector* Statis



Sumber: Dokumen Pribadi

Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan struktur single attachable connector pada sistem *Attachable Wheelchair Automator* dengan variasi ketebalan pelat, diameter poros, dan jenis material menggunakan metode elemen hingga berbasis perangkat lunak ANSYS.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan simulasi numerik berbasis Finite Element Method untuk mengevaluasi respons struktural *single attachable connector* yang menghubungkan kursi roda manual dengan skuter listrik. Connector terdiri atas pelat penghubung, poros, dudukan skuter, dudukan kursi roda, dan mekanisme pengunci. Variabel desain mencakup ketebalan pelat 2, 3, dan 4 mm, diameter poros 8, 10, dan 12 mm, serta dua jenis material, yaitu ASTM A572 dan aluminium 7075-T6. ASTM A572 memiliki densitas 7,85 g/cm³, sedangkan aluminium 7075-T6 memiliki densitas 2,81 g/cm³. Seluruh sifat mekanik material, termasuk modulus elastisitas, rasio Poisson, modulus bulk, modulus geser, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik maksimum, dimasukkan ke dalam model sesuai data pada Tabel 1. Kombinasi parameter tersebut digunakan untuk menentukan konfigurasi connector yang mampu memberikan kekuatan struktural memadai dengan massa yang lebih rendah.

Beban simulasi ditentukan melalui analisis kesetimbangan statis dan dinamis berdasarkan *free body diagram* sistem kursi roda, connector, dan skuter listrik. Posisi pusat gravitasi dihitung dari massa setiap komponen, jarak sumbu roda, lebar lintasan roda, serta distribusi gaya normal pada roda depan dan belakang. Analisis pembebanan mencakup kondisi statis, traksi, akselerasi, dan pengereman. Pada kondisi statis, gaya reaksi connector dihitung melalui persamaan kesetimbangan gaya vertikal dan momen. Pada kondisi bergerak, gaya traksi ditentukan dari kombinasi hambatan gulir, gaya aerodinamis, tahanan gradien, dan gaya akselerasi. Perpindahan beban longitudinal akibat akselerasi dan deselerasi juga diperhitungkan untuk memperoleh gaya tarik, gaya tekan, serta reaksi maksimum yang bekerja pada titik sambungan. Nilai gaya hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan sebagai kondisi pembebanan pada model elemen hingga.

Simulasi dilakukan menggunakan SolidWorks Simulation melalui tiga tahap utama, yaitu *preprocessing*, *solution*, dan *postprocessing*. Tahap *preprocessing* meliputi pemodelan geometri, penetapan material, penentuan kontak dan tumpuan, penerapan beban, serta diskretisasi model menggunakan elemen hingga. Tahap *solution* mencakup penyusunan matriks kekakuan, perakitan elemen, penerapan kondisi batas, dan penyelesaian persamaan numerik. Tahap *postprocessing* digunakan untuk mengevaluasi deformasi total, tegangan ekuivalen von Mises, distribusi tegangan,

dan nilai *safety factor* pada setiap variasi desain. Desain dinyatakan memenuhi persyaratan awal apabila nilai *safety factor* lebih besar dari satu dan tidak menunjukkan deformasi atau konsentrasi tegangan yang berpotensi menyebabkan kegagalan. Hasil seluruh variasi kemudian dibandingkan untuk menentukan desain connector yang paling aman dan efisien.

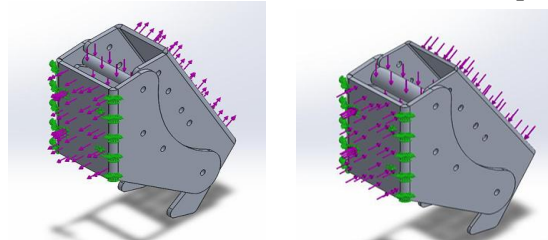
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, secara mendalam dibahas hasil perancangan dan analisis Single Attachable Connector yang dirancang khusus sebagai penghubung antara kursi roda dan skuter listrik. Connector ini difungsikan untuk menahan berbagai beban statik maupun dinamis yang muncul selama penggunaan sehari-hari, termasuk beban berat dari pengguna (seperti berat badan rata-rata 80-100 kg), gaya akselerasi saat start atau peningkatan kecepatan, gaya pengereman mendadak, serta getaran dan guncangan akibat kondisi jalan tidak rata seperti jalan berlubang atau trotoar kasar di wilayah perkotaan Indonesia.

Variasi Penelitian dan Pembebanan Connector

Variasi yang diterapkan pada penelitian ini yaitu ketebalan plat dan diameter shaft seperti yang disajikan dalam tabel 1 sebelumnya. Di tahap awal penelitian dilakukan meshing pada connector untuk mendiskretisasi model single attachable connector ke dalam elemen hingga sebelum dilakukan analisis tegangan. Evaluasi mesh quality menunjukkan bahwa sebagian besar elemen berada pada kategori baik hingga sangat baik, sehingga dapat dipastikan bahwa hasil simulasi memiliki tingkat akurasi numerik yang memadai. Tahap berikutnya adalah penentuan kondisi batas dan pembebanan, adapun pembebanan yang diberikan pada model berupa gaya tarik (tensile load) pada saat akselerasi dan gaya tekan (compressive load) pada saat deselerasi, yang ditunjukkan oleh panah berwarna ungu pada permukaan tertentu dari komponen.

Gambar 3. Beban Akselerasi (kiri) dan Deselerasi (kanan) pada model *Connector*



Sumber: Dokumen Pribadi

Simulasi Pembebanan Akselerasi

Setelah dilakukan pembebanan, didapatkan hasil simulasi pembebanan akselerasi serta hasil analisisnya.

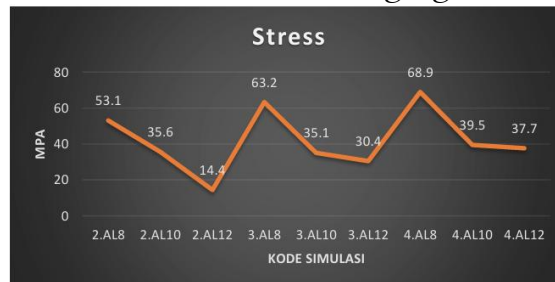
Tabel 1. Hasil Simulasi Pembebanan Akselerasi

Kode	ASTM A572			AL 7075		
	Von Mises Stress	Deformasi	Safety Factor	Von Mises Stress	Deformasi	Safety Factor
	MPA	Mm		MPA	Mm	
2.8	52.7	0.0362	6.5	53.1	0.0999	9.5
2.10	36.6	0.0223	9.4	35.6	0.0621	14.2
2.12	14	0.006	24.6	14.4	0.0169	35.1
3.8	65	0.0194	5.3	63.2	0.054	8
3.10	36.2	0.0154	9.5	35.1	0.0427	14.4
3.12	30.5	0.0157	11.3	30.4	0.0434	16.6
4.8	69.3	0.022	4.98	68.9	0.0613	7.33
4.10	40.3	0.0182	8.55	39.5	0.0506	12.8
4.12	37.2	0.00543	9.28	37.7	0.0152	13.4

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil Analisis Tegangan

Gambar 4. Grafik Akselerasi Tegangan AL 7075



Sumber: Dokumen Pribadi

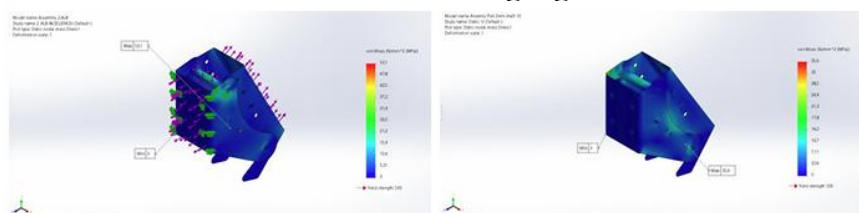
Gambar 5. Grafik Akselerasi Tegangan ASTM A572



Sumber: Dokumen Pribadi

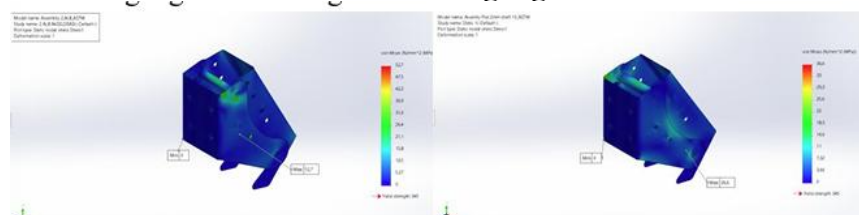
Bedasarkan hasil simulasi menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*, diperoleh nilai tegangan *von Mises* pada komponen *single attachable connector* yang terbuat dari material AL 7075 dengan tegangan luluh sebesar 505 MPa dan material ASTM A572 dengan tegangan luluh sebesar 345 Mpa. Grafik hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi berada pada rentang 14,4 MPa hingga 68,9 MPa pada material AL 7075 dan 14 Mpa hingga 69,3 Mpa pada material ASTM A572 untuk seluruh variasi konfigurasi desain yang dianalisis. Nilai ini menunjukkan bahwa seluruh tegangan kerja yang terjadi masih jauh berada di bawah batas luluh material, sehingga secara umum struktur *connector* bekerja dalam daerah elastis dan tidak mengalami deformasi plastis pada kondisi pembebanan yang disimulasikan. Berikut gambar permodelan hasil pembebanan tegangan untuk material AL 7075 dan ASTM A572.

Gambar 6. Pembebanan Tegangan AL 7075



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 7. Pembebanan Tegangan ASTM A572



Sumber: Dokumen Pribadi

Analisis Deformasi dan Kekuatan Struktur

Gambar 8. Grafik Akselerasi Tegangan AL 7075



Sumber: Dokumen Pribadi

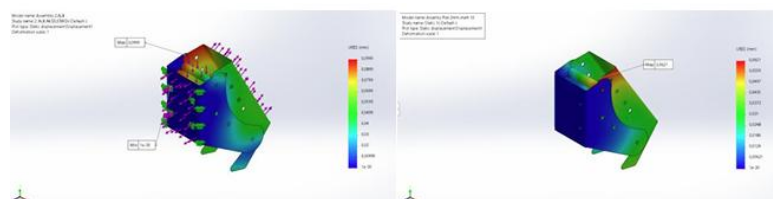
Gambar 9. Grafik Akselerasi Tegangan ASTM A572



Sumber: Dokumen Pribadi

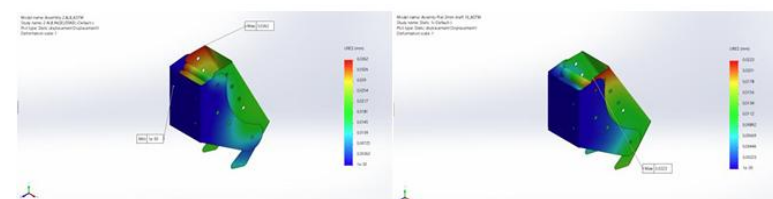
Bedasarkan hasil simulasi menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*, diperoleh nilai tegangan *von Mises* pada komponen *single attachable connector* yang terbuat dari material AL 7075 dengan tegangan luluh sebesar 505 MPa dan material ASTM A572 dengan tegangan luluh sebesar 345 Mpa. Grafik deformasi menunjukkan bahwa nilai perpindahan maksimum berada pada rentang 0,0152 mm hingga 0,0999 mm pada material AL 7075 dan 0,00543 mm hingga 0,0362 pada material ASTM A572 untuk seluruh variasi konfigurasi desain yang dianalisis. Rentang deformasi yang relatif kecil ini mengindikasikan bahwa struktur *connector* memiliki kekakuan yang baik dan mampu mempertahankan stabilitas geometrinya ketika menerima beban tarik. Berikut gambar permodelan hasil akselerasi deformasi untuk material AL 7075 dan ASTM A572.

Gambar 10. Akselerasi Deformasi AL 7075



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 11. Akselerasi Deformasi ASTM A572



Sumber: Dokumen Pribadi

Evaluasi Faktor Keamanan (*Safety Factor / SF*)

Gambar 12. Grafik SF Akselerasi AL 7075



Sumber: Dokumen Pribadi

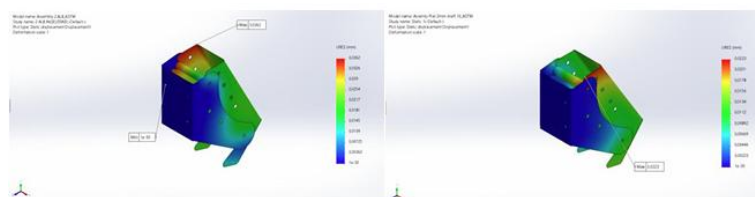
Gambar 13. Grafik SF Akselerasi ASTM A572



Sumber: Dokumen Pribadi

Grafik FoS menunjukkan bahwa nilai safety factor minimum pada seluruh variasi konfigurasi desain berada pada rentang sekitar 7,33 hingga 35,1 untuk material AL 7075 dan 4,98 hingga 24,6 untuk material ASTM A572, yang menandakan bahwa seluruh desain berada pada kondisi aman karena nilainya jauh di atas batas minimal desain statik yang umumnya digunakan ($FoS \geq 2$). Berikut gambar permodelan hasil *safety factor* akselerasi untuk material AL 7075 dan ASTM A572.

Gambar 14. Pemodelan hasil



Sumber: Dokumen Pribadi

Kondisi Pembebanan Connector Deselerasi

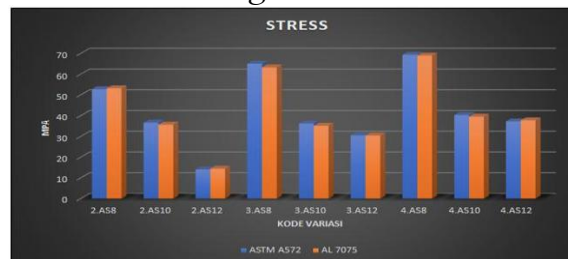
Selanjutnya dilakukan pembebanan *connector* deselerasi, pada tabel tiga disajikan hasil analisis untuk kedua material AL7075 dan ASTM A572 dengan beberapa variasi yang telah diterapkan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil simulasi *Finite Element Analysis (FEA)* pada komponen single attachable connector yang menggunakan material AL 7075 dengan tegangan luluh sebesar 505 MPa dan material ASTM A572 dengan tegangan luluh sebesar 345 Mpa, serta *safety factor* ($FoS \geq 2$) untuk kedua material. Sehingga hasil pembebanan deselerasi yang diperoleh pada tabel tiga secara analisis tegangan, analisis deformasi dan kekuatan struktur, serta evaluasi factor keamanan *safety factor* termasuk aman karena memenuhi batas yang telah ditentukan.

Tabel 2. Hasil Simulasi Deselerasi

Kode	ASTM A572			AL 7075		
	Von Misses Stress MPA	Deformasi Mm	Safety Factor	Von Misses Stress MPA	Deformasi Mm	Safety Factor
2.8	101	0.0782	3.4	101	0.214	5
2.10	61.6	0.035	5.6	60	0.098	8.42
2.12	58.2	0.0077	5.92	59	0.0218	8.57
3.8	80.4	0.032	4.29	78	0.091	6.48
3.10	62.3	0.024	5.54	62.6	0.069	8.07
3.12	58.2	0.025	5.92	59	0.071	8.57
4.8	81.8	0.0348	4.22	81.1	0.097	6.23
4.10	58.2	0.0283	5.92	59	0.078	8.57
4.12	58.2	0.0066	5.92	59	0.0187	8.57

Sumber: Dokumen Pribadi

Pengaruh Pemilihann Material terhadap Kekuatan *Connector*
Perbandingan Material yang digunakan (*Stress*)

Gambar 15. Perbandingan Material Akselerasi *Stress*

Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 16. Perbandingan Material Deselerasi *Stress*

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi Finite Element Analysis (FEA), dilakukan perbandingan tegangan ekuivalen von Mises antara dua material yaitu ASTM A572 dan AL 7075. Grafik menunjukkan bahwa untuk setiap konfigurasi geometrik, nilai tegangan von Mises yang dihasilkan oleh kedua material relatif berdekatan, namun material ASTM A572 secara konsisten menghasilkan tegangan sedikit lebih tinggi dibandingkan AL 7075. Dari sisi pemilihan material, Aluminium 7075 memiliki tegangan luluh yang lebih tinggi (± 505 MPa) dibandingkan ASTM A572 (± 345 MPa), sehingga secara teoritis Aluminium 7075 memiliki margin keamanan lebih besar terhadap kegagalan plastis. Selain itu, AL 7075 memiliki densitas yang jauh lebih rendah, sehingga lebih menguntungkan untuk aplikasi yang menuntut bobot ringan seperti single attachable connector pada kursi roda dan skuter Listrik.

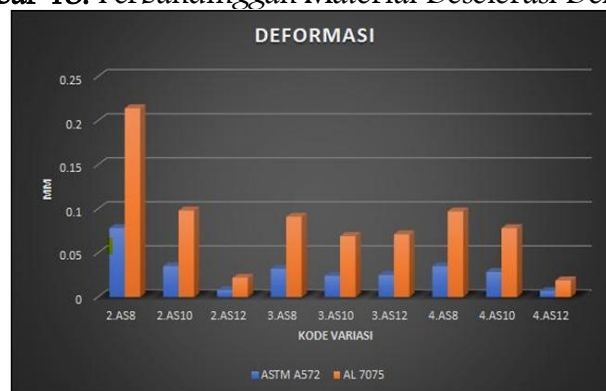
Pengaruh Material terhadap Deformasi

Gambar 17. Perbandingan Material Akselerasi Deformasi



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 18. Perbandingan Material Deselerasi Deformasi



Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi *Finite Element Analysis (FEA)*, dilakukan perbandingan deformasi maksimum antara dua material yaitu ASTM A572 dan AL 7075. Grafik menunjukkan bahwa untuk seluruh konfigurasi, nilai deformasi yang dihasilkan oleh kedua material didapatkan AL 7075 secara konsisten menghasilkan deformasi lebih tinggi dibandingkan ASTM A572. Berdasarkan perbandingan kedua material, meskipun ASTM A572 memberikan deformasi yang lebih kecil, material ini memiliki bobot yang lebih besar sehingga berpotensi mengurangi kenyamanan dan efisiensi sistem kursi roda-skuter listrik. Sebaliknya, Aluminium 7075 memberikan keuntungan signifikan dari sisi bobot yang ringan, meskipun deformasinya lebih besar. Oleh karena itu, pemilihan material harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekakuan struktural dan kenyamanan pengguna.

Perbandingan Material yang Digunakan (*Safety Factor /SF*)

Gambar 19. Perbandingan Material Akselerasi SF



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 20. Perbandingan Material Deselerasi SF

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi *Finite Element Analysis (FEA)*, dilakukan perbandingan *factor of safety (FoS)* antara dua material yaitu ASTM A572 dan AL 7075. Grafik menunjukkan bahwa untuk seluruh konfigurasi, nilai deformasi yang dihasilkan oleh kedua material didapatkan AL 7075 secara konsisten menghasilkan FoS lebih tinggi dibandingkan ASTM A572. Berdasarkan pertimbangan kinerja FoS dan konteks aplikasi kursi roda-skuter listrik, material yang lebih direkomendasikan adalah AL 7075, karena memberikan FoS yang lebih tinggi pada seluruh variasi sekaligus menawarkan keuntungan bobot yang lebih ringan, yang relevan untuk kenyamanan pengguna dan efisiensi sistem. Namun, pemilihan variasi optimal tetap perlu memperhatikan keseimbangan antara keamanan dan kekakuan; oleh karena itu, konfigurasi AL 7075 dengan shaft 12 mm pada plat 3 mm atau 4 mm dapat direkomendasikan sebagai desain paling optimal pada keamanan besar, sekaligus menjaga kekakuan struktur pada tingkat yang lebih stabil dibandingkan konfigurasi shaft yang lebih kecil kondisi deselerasi, karena menghasilkan FoS tertinggi dengan margin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengevaluasi kekuatan struktur *single attachable connector* pada sistem kursi roda dan skuter listrik melalui simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* pada kondisi kritis akselerasi dan deselerasi. Evaluasi terhadap tegangan Von Mises, deformasi total, dan *safety factor* menunjukkan bahwa ASTM A572 dan AL 7075 menghasilkan tegangan yang relatif serupa pada setiap variasi geometri, tetapi memberikan respons deformasi dan tingkat keamanan yang berbeda. ASTM A572 memiliki kekakuan lebih tinggi sehingga menghasilkan deformasi lebih kecil, sedangkan AL 7075 menghasilkan *safety factor* lebih tinggi karena memiliki kekuatan luluh yang lebih besar. Berdasarkan margin keamanan, deformasi yang tetap berada dalam batas aman, dan densitas material yang lebih rendah, AL 7075 dinilai lebih sesuai untuk aplikasi connector kursi roda dan skuter listrik. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa diameter poros lebih dominan memengaruhi kekuatan struktur dibandingkan ketebalan pelat. Peningkatan diameter poros dari 8 mm menjadi 12 mm menurunkan tegangan dan deformasi serta meningkatkan *safety factor* secara lebih signifikan karena tegangan geser berbanding terbalik dengan kuadrat diameter, sedangkan tegangan lentur berbanding terbalik dengan pangkat tiga diameter. Dengan demikian, pemilihan material AL 7075 dan penggunaan diameter poros yang lebih besar menjadi dasar utama dalam memperoleh desain connector yang aman, ringan, dan efisien.

Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan model pembebanan dinamis yang mencakup getaran, benturan lateral, beban kejut, kelelahan material, dan perubahan percepatan yang tidak konstan agar simulasi lebih merepresentasikan kondisi operasional sebenarnya. Validasi eksperimental melalui pengujian prototipe juga perlu dilakukan untuk membandingkan hasil numerik dengan respons aktual connector, khususnya pada area kontak poros dan lubang pelat, konsentrasi tegangan, deformasi lokal, serta kombinasi tegangan geser dan lentur. Bagi praktisi, AL 7075 dapat dipertimbangkan sebagai material utama connector dengan prioritas optimasi pada

diameter poros, namun proses manufaktur, kualitas sambungan, toleransi dimensi, mekanisme pengunci, dan inspeksi berkala tetap harus dikendalikan. Dari sisi kebijakan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar awal penyusunan standar teknis connector kursi roda dan skuter listrik yang mencakup batas minimum *safety factor*, pengujian beban statis dan dinamis, ketahanan lelah, keamanan sistem pengunci, serta prosedur sertifikasi sebelum produk digunakan secara luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, fasilitas, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada pembimbing, institusi, serta pihak terkait yang membantu proses pengumpulan data, simulasi, analisis, dan penyusunan artikel hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badejoko-Okunade, A., Oke, A. O., Olorunfemi, O., & Akinyemi, T. (2020). Development of a wheelchair automator. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 5(2), 109–113. <https://doi.org/10.46792/fuoyejet.v5i2.516>
- Fernandez, A., et al. (2021). Experimental investigation of an attachment to self-propel a manual conventional wheelchair. In *Proceedings of the 2021 1st International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communications and Sustainable Technologies (ICAECT 2021)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAECT49130.2021.9392590>
- McCambridge, M. (2006). HI Philippines tricycle. In *Report of a Consensus Conference on Wheelchairs for Developing Countries* (pp. 167–185). World Health Organization. https://www.who.int/disabilities/technology/Wheelchair_Consensus_Conference_Report_Jan08.pdf
- Ravenek, K. E., Ravenek, M. J., Hitzig, S. L., & Wolfe, D. L. (2012). Assessing quality of life in relation to physical activity participation in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Disability and Health Journal*, 5(4), 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2012.05.005>
- Singh, V., Kumar, A., Sharma, R., & Singh, P. (2021). Design and fabrication of attachable wheelchair automator. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 8(4), 2990–2994.
- Susetyo, R. T. (2022). *Analisis pengaruh properties adhesive dan panjang overlap terhadap sifat mekanik sambungan adhesive tipe single lap yang dibebani impact menggunakan metode elemen hingga* [Skripsi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tjong, W. F., Widjaja, K., & Soetanto, R. M. (2016). Elemen hingga berbasis kriging dan konvensional. *Jurnal Teknik Mesin*, 1–15.
- Uniyal, S., Singh, P., Sharma, A., & Kumar, N. (2018). Semi-automatic wheelchair automator: A review. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 5(10), 528–530.
- van der Ploeg, H. P., van der Beek, A. J., van der Woude, L. H. V., & van Mechelen, W. (2004). Physical activity for people with a disability: A conceptual model. *Sports Medicine*, 34(10), 639–649. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00002>
- World Health Organization. (2008). *Guidelines on the provision of manual wheelchairs in less resourced settings*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547482>