



REDESAIN DUDUKAN ROLLER BATERAI PADA REACH TRUCK IMOW GUNA OPTIMASI PROSES PEMINDAHAN BATERAI

Randi Firmansyah¹, Fajar Mulyana¹, dan Muhammad Todaro²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

² Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: fajar.mulyana@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Reach truck merupakan material handling yang digunakan pada lorong sempit. Proses pemindahan baterai pada unit reach truck iMow di industri saat ini dinilai kurang efisien karena dudukan roller bersifat statis, sehingga masih bergantung pada forklift, memperpanjang waktu penukaran, dan meningkatkan beban kerja operator. Penelitian ini bertujuan meredesain dudukan roller baterai dengan menambahkan handle, roda swivel caster with brake, roda fixed caster, penahan rangka kaki, dan penahan samping baterai. Validasi dilakukan melalui perhitungan analitis dan simulasi Finite Element Analysis (FEA) terhadap beban baterai sebesar 5.003,1 N. Hasil FEA menunjukkan tegangan von Mises maksimum sebesar 151,9 MPa, masih di bawah yield strength material, serta displacement maksimum sebesar 0,4353 mm. Berdasarkan hasil tersebut, desain dudukan roller hasil redesain dinyatakan aman dan layak diimplementasikan untuk mengoptimalkan sistem operasional material handling.

Kata-kata kunci: Redesain, Dudukan Roller, Reach Truck, Finite Element Analysis (FEA).

Abstract

A reach truck is a material handling vehicle designed for operation in narrow aisles. The battery replacement process on the iMow reach truck is currently inefficient because the roller support frame is fixed, resulting in dependence on a forklift, longer replacement time, and increased operator workload. This study aims to redesign the battery roller support by adding a handle, swivel casters with brakes, fixed casters, a frame support lock, and side battery retainers. The redesigned structure was validated through analytical calculations and Finite Element Analysis (FEA) under a battery load of 5,003.1 N. The FEA results showed a maximum von Mises stress of 151.9 MPa, which is below the material's yield strength, and a maximum displacement of 0.4353 mm. These results indicate that the redesigned roller support is structurally safe and suitable for implementation to improve material handling operations.

Keywords: Redesign, Roller Stand, Reach Truck, Finite Element Analysis (FEA).

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta

Politeknik Negeri Jakarta

1. PENDAHULUAN

Reach truck merupakan jenis material handling yang digunakan untuk beroperasi di lorong sempit dan area penyimpanan. Salah satu keunggulan reach truck yaitu dapat menggerakkan fork secara maju dan mundur dan menjangkau barang-barang yang berada pada rak yang tinggi. Reach truck memiliki operasional yang sangat tinggi di sektor industri logistik dan manufaktur, keandalan sistem daya menjadi faktor yang krusial. Unit reach truck iMow mengandalkan pasokan energi penuh dari baterai elektrik berkapasitas besar sebagai sumber tenaga utamanya. Pada penggunaan reach truck, baterai berperan sebagai sumber energi utama dengan kapasitas besar dan bobot yang relatif berat, sehingga proses pemindahan, pemasangan, maupun pelepasan baterai memerlukan penanganan dan alat bantu yang memadai agar tidak membebani operator maupun merusak komponen[1][2]

Namun, kondisi nyata di lapangan menunjukkan bahwa proses pemindahan baterai pada unit reach truck iMow saat ini dinilai kurang efisien dan fleksibel. Kendala teknis utama bersumber pada kerangka dudukan roller (roller stand) eksisting yang bersifat statis atau tidak memiliki mekanisme mobilitas mandiri. Kerangka tersebut menyebabkan tingginya ketergantungan operasional terhadap alat bantu eksternal seperti forklift standar atau pallet mover lainnya hanya untuk menggeser baterai menuju stasiun pengisian daya. Ketergantungan ini memicu waktu tunggu (downtime) yang lebih lama selama proses perawatan (maintenance) serta meningkatkan beban kerja fisik (physical workload) dan risiko cedera bagi operator akibat posisi pemindahan yang kurang ergonomis.[3][4]

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini meliputi bagaimana rancangan redesain pada dudukan roller baterai reach truck iMow, dan bagaimana kekuatan rangka hasil redesain berdasarkan perhitungan analisis beban dengan metode FEA. Tujuan umum penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi proses pemindahan baterai pada saat maintenance atau penukaran baterai, dengan tujuan khusus melakukan redesain dudukan roller baterai pada reach truck iMow serta mengetahui kekuatan rangka hasil redesain melalui metode FEA. Penelitian ini dibatasi hanya pada komponen dudukan roller baterai sebagai alat bantu pemindahan beserta analisis kekuatan rangkanya, menggunakan data ukuran desain awal dan permasalahan yang diperoleh di lapangan. Perancangan dilakukan dalam bentuk desain dan simulasi tanpa pembuatan produk secara massal, dan tidak membahas sistem kelistrikan pada baterai maupun reach truck.[5]

Penelitian terdahulu merancang alat bantu penggantian baterai forklift untuk mempermudah proses penggantian baterai dan meningkatkan efisiensi operasional menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dan perhitungan manual untuk memvalidasi kekuatan struktur. Namun, penelitian tersebut belum membahas redesain dudukan roller baterai pada *reach truck* beserta analisis kekuatan strukturnya. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan redesain dudukan roller baterai *reach truck* iMow dan memvalidasi hasil desain menggunakan perhitungan analisis serta simulasi FEA[6][7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode numerik melalui perangkat lunak SolidWorks 2025. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi permasalahan pada dudukan roller baterai *reach truck* iMow melalui observasi lapangan serta pengumpulan data mengenai dimensi, berat baterai, dan kondisi dudukan yang ada saat ini. Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk membangun landasan bagi proses perancangan ulang dan analisis struktural.

Proses perancangan ulang dilakukan menggunakan SolidWorks 2025 dengan menambahkan beberapa fitur guna meningkatkan mobilitas dan keselamatan selama operasi pemindahan baterai. Desain yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk menentukan distribusi tegangan *von mises* dan *displacement* akibat beban baterai sebesar 5.003,1 N.

Hasil simulasi divalidasi melalui perhitungan analitis yang mencakup tegangan lentur, momen inersia, defleksi, dan faktor keamanan. Hasil perhitungan manual dibandingkan dengan hasil simulasi FEA untuk mengevaluasi kelayakan desain. Parameter yang dianalisis tegangan von Mises maksimum, deformasi maksimum, dan faktor keamanan menjadi dasar untuk menentukan apakah unit hasil rancangan ulang tersebut memenuhi kriteria kekuatan struktural dan layak untuk diterapkan.

Momen Inersia

Momen Inersia merupakan sifat geometris suatu penampang yang menunjukkan kemampuan penampang tersebut dalam menahan pembebanan lentur. Semakin besar nilai momen inersia suatu penampang, semakin besar pula kemampuannya untuk menahan deformasi akibat pembebanan lentur[8]



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (1)$$

$$I_{xx} = \frac{Bh^3 - B(h-t)^3 + ah_1^3}{3} \quad (2)$$

Tegangan Lentur

Tegangan lentur adalah tegangan yang terjadi pada suatu elemen struktur ketika menerima beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu panjangnya[9]

$$\sigma_b = \frac{M}{I} \times y = \frac{M}{I/y} = \frac{M}{Z} \quad (3)$$

Untuk modulus section rumusnya sebagai berikut:

$$Z = \frac{\pi d^3}{32} \quad (4)$$

$$Z_{xx} = \frac{2I_{xx}(aH+bt)}{aH^2+bt^2} \quad (5)$$

Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok yang terjadi akibat adanya beban vertikal yang bekerja. Besarnya defleksi diukur dari posisi awal sumbu netral hingga posisi sumbu netral setelah mengalami deformasi[10]

$$\delta = \frac{P \cdot a}{24 \cdot EI} (3L^2 - 4a^2) \quad (6)$$

$$\delta = \frac{5 \cdot W \cdot L^3}{384 \cdot EI} \quad (7)$$

Kekuatan Roda Caster

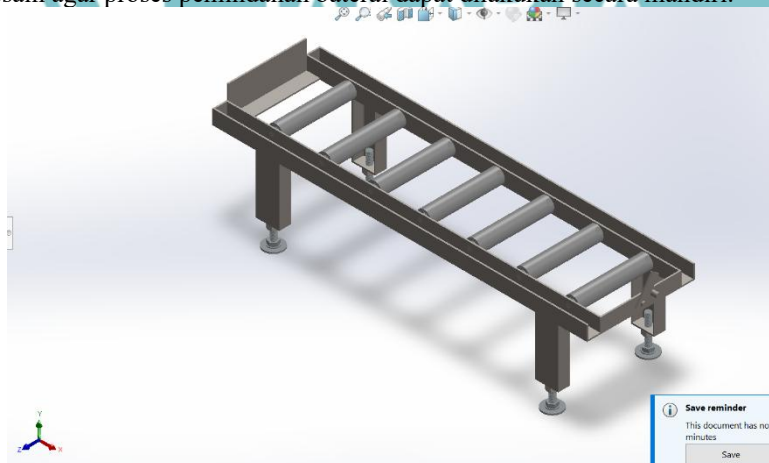
Penggunaan roda caster tentunya tidak boleh sembarang dalam memilih ukuran roda yang ingin dipakai. Untuk menentukan kebutuhan roda caster terdapat rumus yang digunakan, yaitu:

$$C = \frac{L+W}{n} \times sf \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil redesain dudukan roller

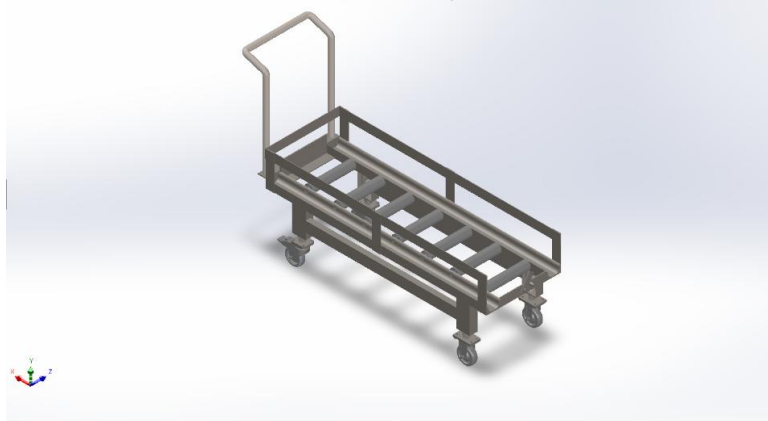
Kondisi dudukan roller baterai sebelum redesain ditunjukkan pada Gambar 1. Pada desain tersebut, dudukan hanya bertumpu pada empat kaki dengan leveling foot dan tidak dilengkapi roda, sehingga tidak dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain tanpa bantuan forklift. Kondisi inilah yang menjadi dasar dilakukannya redesain agar proses pemindahan baterai dapat dilakukan secara mandiri.



Gambar 1 Dudukan roller baterai sebelum redesain

Hasil redesain yang dirancang penulis ditunjukkan pada Gambar 2. Pada hasil redesain ditambahkan lima komponen utama sebagaimana dirangkum pada Tabel 1, yaitu *handle* dari pipa besi SS304 untuk kemudahan

pengendalian, *swivel caster with brake* dan *fixed caster* berbahan pelat JIS G3131 SPHC dengan roda *polyurethane* untuk mobilitas, penahan rangka kaki dari besi *hollow ASTM A36*, serta penahan samping baterai dari pelat strip *ASTM A36* agar posisi baterai tetap stabil selama proses pemindahan.



Gambar 2 Dudukan roller baterai setelah redesain

3.2 Analisa kerangka dudukan roller

Beban baterai reach truck iMow sebesar 510 kg menghasilkan gaya 5003,1 N yang menjadi dasar perhitungan tegangan pada tiga bagian kritis rangka, yaitu as roller, besi UNP kerangka samping, dan roda caster.

1. As roller

Berikut FBD dari part as roller:



Gambar 3 FBD As roller

Beban satu as:

$$F = \frac{5003,1}{7} + 15,11 = 729,84 \text{ N} \quad (9)$$

F1 dan F2 nilainya sama karena beban satu as dibagi dua yaitu 364,92 N. Selanjutnya mencari Rvb dan nilai Rva sama karena jarak antara F1 ke Rva sama dengan jarak F2 ke Rvb. Berikut perhitungannya:

$$Rvb = \frac{364,92 \cdot 13 + 364,92 (13 + 254)}{280} = 364,92 \text{ N} \quad (10)$$

Selanjutnya mencari momen bending maksimum Dimana momen bending c dan d sama karena jarak pada titik reaksi keduanya sama, berikut perhitungannya:

$$M_c = Rva \times 13 = 364,92 \times 13 = 4743,96 \text{ Nmm} \quad (11)$$

Momen bending maksimum yang telah dihitung didapatkan sebesar 4743,96 Nmm. Selanjutnya mencari *Modulus section* yang terjadi pada as roller sebagai berikut:

Diketahui: d = 17 mm

$$Z = \frac{\pi \cdot 17^3}{32} = 482,33 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

Lalu selanjutnya mencari tegangan lentur pada as roller sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{4743,96}{482,33} = 9,84 \text{ MPa} \quad (13)$$

Pada bahan material As roller menggunakan bahan AISI 1045 dan *yield strength* sebesar 585 MPa dan faktor keamanannya yaitu 2. Tegangan ijin material:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\text{yield strength}}{\text{safety factor}} = \frac{585}{2} = 292,5 \text{ Mpa} \quad (14)$$

Hak Cipta :

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



As dinyatakan aman dari tegangan lentur karena masih dibawah tegangan yang diijinkan. yaitu $9,84 \text{ Mpa} < 292,5 \text{ Mpa}$. Selanjutnya mencari inersia yang terjadi pada as roller sebagai berikut:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \times 17^4}{64} = 4099,83 \text{ mm}^4 \quad (15)$$

Selanjutnya mencari defleksi yang terjadi pada as roller, perhitungannya sebagai berikut:

$$\delta = \frac{364,92 \times 13}{24 \times 206000 \times 4099,83} (3 \times 280^2 - 4 \cdot 13^2) = 0,055 \text{ mm} \quad (16)$$

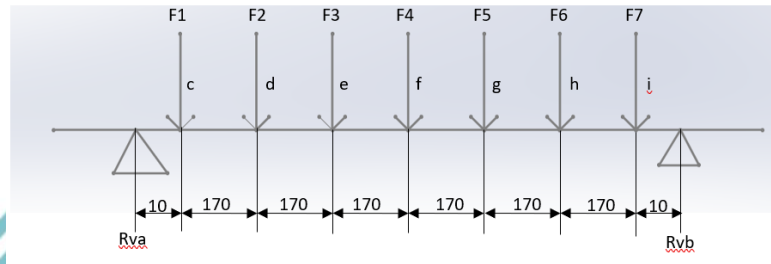
Mencentukan tegangan ijin defleksi pada as roller sebagai berikut:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{500} = \frac{280}{500} = 0,56 \text{ mm} \quad (17)$$

bahwa tegangan defleksi roller masih dibawah tegangan ijin defleksi yang disarankan. $0,055 < 0,56$.

Besi UNP kerangka samping

Berikut FBD dari besi UNP kerangka samping:



Gambar 4 FBD Besi UNP kerangka samping

Untuk F1 sampai F7 bebannya sama yaitu $377,379 \text{ N}$. Pertama mencari Rva dan Rvb untuk Rva dan Rvb nilainya sama karena jarak keduanya ke titik beban sama. Perhitungannya sebagai berikut:

$$Rvb = \frac{1373659,56}{1040} = 1320,83 \text{ N} \quad (18)$$

Didapatkan hasil Rvb sebesar $1320,83 \text{ N}$, selanjutnya mencari momen pada besi UNP. Pada besi UNP momen terbesar berada pada F4 karena berada di Tengah. Perhitungannya sebagai berikut:

$$M^f = 1320,83 \times 520 - 377,379 \times 510 - 377,379 \times 340 - 377,379 \times 170 \quad (19)$$

$$M^f = 301905,02 \text{ Nmm}$$

Hasil dari perhitungan diatas momen terbesar pada F4 ialah $301905,02 \text{ Nmm}$. Selanjutnya mencari momen inersia besi UNP kerangka samping sebagai berikut:

$$I_{xx} = \frac{80 \times 22,5^3 - 80(22,5 - 6)^3 + 8 \times 22,5^3}{3} = 214335 \text{ mm}^4 \quad (20)$$

Dari perhitungan diatas momen inersia besi UNP didapatkan sebesar 214335 mm^4 . Selanjutnya mencari section modulus sebagai berikut;

$$Z_{xx} = \frac{2 \times 214335(8 \times 45 + 64 \times 6)}{8 \times 45^2 + 64 \times 6^2} = 17235,76 \text{ mm}^3 \quad (21)$$

Lalu mencari tegangan lentur yang terjadi sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{301905,02}{17235,76} = 17,516 \text{ MPa} \quad (22)$$

Untuk besi UNP memakai material ASTM A36. Perhitungan tegangan ijin besi UNP sebagai berikut:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \sigma_s &= 250 \text{ MPa} \\ E &= 20000 \text{ MPa} \\ S_f &= 2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{250}{2} = 125 \text{ MPa} \quad (23)$$

Besi UNP dinyatakan aman dari tegangan lentur karena masih dibawah tegangan yang diijinkan. $17,516 \text{ MPa} < 125 \text{ MPa}$. Selanjutnya mencari Defleksi yang terjadi:

$$\delta = \frac{5 \times 2571,66 \times 1040^3}{384 \times 20000 \times 214335} = 0,88 \text{ mm} \quad (24)$$

Selanjutnya mencari tegangan ijin defleksi:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{300} = \frac{1040}{300} = 3,47 \text{ mm} \quad (25)$$

Disimpulkan bahwa tegangan defleksi roller masih dibawah tegangan ijin defleksi yang disarankan. $0,88 < 3,47$.

3. Kekuatan roda caster

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

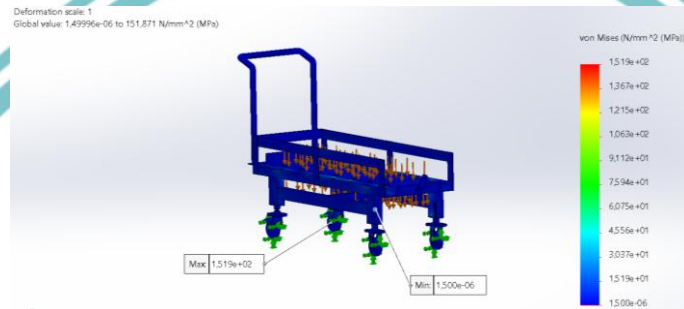
Untuk menentukan beban yang bisa ditahan oleh satu roda ialah:

$$C = \frac{L+W}{n} \times sf = \frac{80+510}{4} \times 1,2 = 200 \text{ kg} = 1962 \text{ N} \quad (26)$$

3.3 Hasil FEA

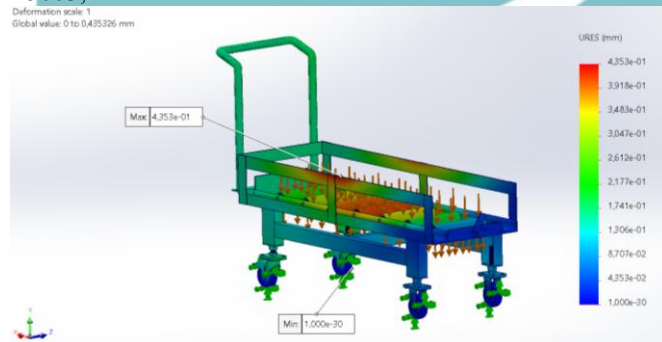
Memastikan kekuatan struktur dilakukan melalui simulasi FEA kondisi batas (*fixture*) diterapkan pada keempat roda caster sebagai tumpuan utama, sedangkan pembebanan sebesar 5003,1 N diberikan terpusat pada area roller sebagai titik kontak utama baterai. Setelah desain dimesh, simulasi dijalankan untuk memperoleh distribusi tegangan *von Mises* dan *displacement* struktur.

Hasil simulasi tegangan *von Mises* ditunjukkan pada Gambar 5. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 15,19 MPa berada pada bagian sambungan baut roda, sedangkan tegangan minimum sebesar $1,5 \times 10^{-6}$ MPa berada pada bagian kaki kerangka. Nilai tegangan maksimum tersebut masih berada jauh di bawah yield strength material ASTM A36 sebesar 250 MPa, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap kegagalan akibat pembebanan.



Gambar 5 FEA Von mises

Hasil simulasi *displacement* ditunjukkan pada Gambar 6. Perpindahan maksimum sebesar 0,4353 mm terjadi pada bagian penahan samping baterai, sedangkan perpindahan minimum berada pada bagian roda belakang. Nilai perpindahan tersebut tergolong kecil dibandingkan dimensi keseluruhan struktur, sehingga rangka dapat disimpulkan memiliki kekuatan yang baik dan tidak mengalami deformasi berlebihan saat menerima beban baterai sebesar 5003,1 N.



Gambar 6 FEA Displacement

Perbandingan lengkap antara hasil perhitungan manual dan simulasi FEA terhadap tegangan izin disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan hasil perhitungan manual dan simulasi FEA

Parameter	Hasil Manual	Hasil FEA	Tegangan Izin	Keterangan
Von Mises as roller	9,84 MPa	9,559 MPa	292,5 MPa	Aman
Von Mises besi UNP kerangka samping	17,516 MPa	75,2 MPa	125 MPa	Aman
Displacement as roller	0,055 mm	0,4125 mm	0,56 mm	Aman
Displacement besi UNP kerangka samping	0,88 mm	0,3891 mm	3,47 mm	Aman

Keseluruhan hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai tegangan dan displacement hasil simulasi FEA, meskipun pada beberapa bagian berbeda dengan hasil perhitungan manual akibat perbedaan asumsi dan konsentrasi tegangan lokal, tetap berada jauh di bawah tegangan izin masing-masing material. Dengan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan jika, strukturudukan roller baterai hasil redesain dinyatakan layak dan aman digunakan untuk menahan beban baterai reach truck iMow sebesar 5003,1 N.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Chorda dan Toha (2024) yang menunjukkan bahwa perancangan alat bantu penggantian baterai mampu meningkatkan kemudahan proses penggantian baterai. Perbedaanannya, penelitian ini memvalidasi kekuatan struktur menggunakan metode FEA sehingga keamanan desain dapat dievaluasi sebelum proses fabrikasi. Penggunaan metode FEA pada penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Anandahari dkk. (2025) yang menggunakan simulasi numerik dan perhitungan manual untuk memvalidasi kekuatan struktur sebelum implementasi.[7][6]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis yang telah dilakukan pada redesainudukan roller baterai reach truck iMow, redesain berhasil dilakukan dengan menambahkan lima komponen, yaitu handle, roda swivel caster with brake, roda fixed caster, penahan rangka kaki, dan penahan samping baterai, yang secara langsung meningkatkan mobilitas alat sehingga proses pemindahan baterai dapat dilakukan secara mandiri dan lebih fleksibel tanpa bergantung pada forklift.

Hasil analisis FEA menggunakan SolidWorks 2025 menunjukkan bahwa strukturudukan roller baterai mampu menahan beban baterai sebesar 5003,1 N dengan aman, dengan tegangan von Mises maksimum sebesar 13,9 MPa yang masih berada jauh di bawah yield strength material yang digunakan, serta nilai perpindahan maksimum sebesar 0,4353 mm yang menunjukkan struktur memiliki kekakuan baik dan tidak mengalami deformasi berlebihan. Perhitungan manual pada komponen utama turut menunjukkan kesesuaian yang baik dengan hasil simulasi, sehingga desain hasil redesain dinyatakan layak digunakan untuk mendukung proses pemindahan baterai reach truck iMow secara lebih optimal.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah melakukan pembuatan prototipe atau fabrikasi secara langsung guna memverifikasi hasil simulasi yang telah diperoleh. Selain itu, perlu dilakukan pengujian beban aktual di lapangan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dan kondisi operasional sebenarnya. Pengembangan berikutnya juga dapat difokuskan pada optimasi berat konstruksi agar struktur menjadi lebih ringan tanpa mengurangi kekuatan dan keamanan struktur.

REFRENSI

- [1] H. G. Co, "A Series Premium Version Reach Truck".
- [2] A. Forklift, "Reach Truck: Pengertian, Jenis, dan Manfaat," Ashe Forklift. [Online]. Available: <https://www.asheforklift.com/post/reach-truck>
- [3] Y. N. Hilal, P. Muliandhi, and E. N. Ardina, "Analisa Balancing Bms (Battery Management System) Pada Pengisian Baterai Lithium-Ion Tipe Inr 18650 Dengan Metode Cut Off," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 2, pp. 367–374, 2023, doi: 10.24176/simet.v14i2.9852.
- [4] R. Saputra and B. Yulianti, "Alat Pendeteksi Originalitas Baterai Tipe 18650 Berbasis Arduino Nano," *J. ...*, pp. 2–6, 2021, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/776%0Ahttps://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/viewFile/776/751>
- [5] I. Makhbulloh Ilyasa, I. A. Hendaryanto, Handoko, and A. Winarno, "Analisis Kekuatan Struktur pada Desain Traction Rod Kereta Api Lokomotif dengan Metode Finite Element Analysis (FEA) 1)," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 8, no. 2, pp. 190–199, 2024.
- [6] M. Rahayu and A. Malik, "A Design of a hydraulic trolley to reduce work risks in gram transfer activities at PT XYZ," *Metris J. Sains dan Teknol.*, vol. 24, no. 01, pp. 31–36, Jul. 2023, doi: 10.25170/metris.v24i01.4319.
- [7] A. Anandahari and D. Luqyana, "Analisis Pad Eye Pada Skid Frame Kapasitas 1 Ton Menggunakan Metode Finite Element Analysis dan Numerical Methode," pp. 1890–1896, 2025.
- [8] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *a Textbook of Machine Design*, no. I. 2005.
- [9] I. I. J. Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, *MEKANIKA BAHAN*, vol. 2. 2024.
- [10] Jefriansyah and Ma'ruf, "ANALISIS STRUKTUR PADA GIRDER OVERHEAD CRANE SWL 30TON," vol. 3, no. 1, pp. 43–52, 2018.