

PERANCANGAN *HYDRAULIC LIFT TROLLEY* UNTUK ALAT PENGANGKUT *UNDER BRACKET* BERKAPASITAS BERAT 600 KG

Rizki Padilah¹, Sepriandi Parnigotan^{2*}, Nabila Yudisha²

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

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

*Corresponding author *E-mail address*: sepriandi.parnigotan@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Proses pemindahan produk *under bracket* diakumulasikan seberat 600 kg di lantai produksi PT.X menghadapi kendala efisiensi dan risiko keselamatan kerja akibat keterbatasan alat bantu yang ergonomis. Penelitian Tugas Akhir ini bertujuan merancang struktur *hydraulic lift trolley* pengangkut khusus *under bracket* yang aman dan kokoh menggunakan metode *Pahl and Beitz*. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pemodelan komponen 3D serta analisis kekuatan struktur menggunakan *software* Solidworks guna memvalidasi hasil perhitungan mekanika teoritis secara manual. Metode evaluasi dilakukan dengan menguji tumpuan utama terhadap kombinasi tegangan geser dan bending akibat beban statis maksimum. Perhitungan manual menghasilkan tegangan *von mises* sebesar 7,680 MPa dan lendutan (*displacement*) sebesar 0,0348 mm. Sementara itu, simulasi Solidworks menunjukkan tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 7,783 MPa dan *Displacement* sebesar 0,0719 mm. Kedua metode menunjukkan persentase selisih error yang sangat kecil, yaitu 1,34% untuk tegangan dan 3,45% untuk lendutan, di mana keduanya berada jauh di bawah batas kritis 5%. Perancangan desain *hydraulic lift trolley* ini dinyatakan valid, memiliki kekuatan struktur yang tinggi, serta sangat aman dan layak (*ready for fabrication*) untuk direalisasikan ke tahap manufaktur.

Kata Kunci : *Trolley, Under Bracket, FEA, PAHL AND BEITZ*

Abstract

The process of transferring *under bracket* products with a total weight of 600 kg on the production floor of PT X faces efficiency constraints and occupational safety risks due to the limited availability of ergonomic handling equipment. This final project aims to design a safe and durable *hydraulic lift trolley* structure specifically for transporting *under brackets* using the *Pahl and Beitz* method. The scope of this research is limited to 3D component modeling and structural strength analysis using SolidWorks software to validate the results of manual theoretical mechanics calculations. The evaluation method was carried out by testing the main support structure under combined shear and bending stresses caused by the maximum static load. Manual calculations resulted in a *Von Mises* stress of 7.680 MPa and a displacement of 0.0348 mm. Meanwhile, the SolidWorks simulation showed a maximum *Von Mises* stress of 7.783 MPa and a displacement of 0.0719 mm. Both methods showed very small error percentages, namely 1.34% for stress and 3.45% for displacement, both of which are far below the critical limit of 5%. Therefore, the *hydraulic lift trolley* design is considered valid, has high structural strength, is highly safe and feasible (*ready for fabrication*) for the manufacturing stage.

Keyword : *Trolley, Under bracket, FEA, PALH AND BEITZ*

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri manufaktur yang semakin ketat mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja. Dalam upaya meningkatkan hal tersebut perusahaan tidak hanya berfokus pada proses produksi, namun juga pada sistem pendukungnya, salah satunya adalah kegiatan material handling [1]. Indeks *Prompt Manufacturing Index* (PMI) >50 menunjukkan sektor industri dalam fase ekspansi atau pertumbuhan. Indeks PMI Manufaktur <50 menandakan kontraksi atau penurunan aktivitas sektor manufaktur[2]. Indonesia menunjukan masih dalam fase ekspansi atau pertumbuhan sejak TW IV 2021 – TW 1 2026[2].

PT. X merupakan perusahaan yang juga memproduksi barang-barang otomotif (*two wheels*) maupun (*four wheels*) salah satu produk yang diproduksi ialah *under bracket*, untuk kebutuhan skala besar atau industri. Pada proses produksi *under bracket* sebelum produk dikirim, produk akan dilakukan tahapan *Quality Control*. Pengecekan visual, maupun ukuran *hole* dengan menggunakan alat *hole tester*. Pada proses pensortiran *under bracket* divisi *quality control* diperlukan alat bantu penyimpanan produk seperti *trolley* pengangkut. Salah satu kendala utama yang ditemukan sekarang ialah belum adanya *trolley* yang memiliki sistem angkat hidrolik. *Trolley* yang ada saat ini adalah *trolley* yang mana dalam proses pensortiran mengharuskan operator membungkuk saat pengambilan produk.

Pekerjaan yang dilakukan secara manual dan bekerja menggunakan alat yang kurang tepat sering kali menjadi salah satu penyebab posisi kerja tidak ergonomis dan produktivitas menjadi rendah. Aktivitas seperti pengangkatan dan pemindahan beban secara manual yang dilakukan dengan postur membungkuk, memutar badan, atau menjangkau secara berlebihan dapat berisiko terjadinya gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders/MSDs*)[3].

Secara teoritis, perancangan alat bantu penanganan material (*material handling*) harus mempertimbangkan batasan mekanis struktur agar aman digunakan. Pengujian kekuatan struktur tersebut dapat divalidasi melalui kalkulasi tegangan bending untuk memastikan rangka tidak patah saat menahan beban merata, serta analisis tegangan *buckling* (tekuk tekan) menggunakan persamaan Kolam Euler untuk menguji stabilitas lateral lengan pengangkat agar tidak meleyot ke samping saat menerima gaya tekan aksial vertikal.

Upaya pengendalian risiko ergonomi dapat dilakukan melalui pendekatan rekayasa teknik, salah satunya dengan merancang alat bantu kerja yang dapat menyesuaikan tinggi kerja operator. Sistem hidrolik dipilih karena memiliki kemampuan mengangkat beban relatif besar dengan mekanisme yang sederhana, stabil, dan mudah dioperasikan[4]. *Trolley* dengan sistem hidrolik (*hydraulic lift trolley*) memungkinkan penyesuaian tinggi *platform* sehingga posisi kerja dapat dipertahankan pada zona ergonomis, yaitu sekitar tinggi siku operator dalam posisi berdiri[5].

Berdasarkan permasalahan yang ada, pada penelitian ini dilakukan sebuah perancangan *Trolley* menggunakan sistem angkat hidrolik dengan metode *PAHL & BEITZ*. Dalam metode *pahl & beitz* setiap fase proses perancangan akan menuju pada masukan untuk fase-fase berikutnya, sehingga metode *pahl & beitz* akan memberikan proses yang terstruktur. Dari uraian tersebut diharapkan rancangan produk ini dapat menjadi suatu alat bagi operator yaitu untuk meminimalisir adanya kelelahan serta dapat memberikan kenyamanan dalam beraktivitas. Bagi industri, diharapkan akan terciptanya inovasi-inovasi yang lebih banyak lagi dalam merancang sebuah produk [6].

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan secara eksplisit untuk:

1. Merancang sebuah *hydraulic lift trolley* dengan kapasitas angkat kritis sebesar 600 kg (5.886 N) menggunakan pendekatan metode *Pahl & Beitz* yang terstruktur.
2. Memvalidasi keamanan dan stabilitas mekanis struktur *trolley* melalui perhitungan analisis tegangan bending, tegangan *buckling*, defleksi, serta pengujian simulasi *Finite Element Analysis* (FEA)
3. Mengeliminasi postur tubuh kerja membungkuk ekstrem pada operator divisi *Quality Control* PT.X dengan menyediakan platform kerja yang ergonomis setinggi siku untuk meminimalisir kelelahan kerja.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam perancangan *hydraulic lift trolley* ini didasarkan pada metode sistematis *Pahl and Beitz*. Langkah-langkah penelitian dilakukan secara terstruktur melalui empat fase utama untuk mengonversi kebutuhan rantai produksi PT X menjadi spesifikasi teknis produk yang siap manufaktur.

Adapun rincian dari setiap tahapan metodologi perancangan adalah sebagai berikut[7]:

1. Perencanaan dan Penjelasan Tugas (*Planning and Clarifying the Task*) Fase awal ini berfokus pada pengumpulan informasi lapangan untuk menyusun daftar persyaratan teknis (*requirements list*). Masalah nyata di rantai produksi diidentifikasi melalui pengumpulan data kuesioner dari 30 sampel

- operator. Parameter kritis yang ditetapkan meliputi: kapasitas beban statis maksimum sebesar 600 kg untuk komponen *under bracket*, dimensi bodi *trolley* yang adaptif dengan koridor pabrik, serta keharusan sistem bersifat ergonomis guna mereduksi postur janggal (*awkward posture*) operator[8].
2. Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*) Pada tahap ini, fungsi utama dari *trolley* dipecah menjadi beberapa sub-fungsi spesifik (seperti penopang beban, mekanisme pengangkat, dan penggerak) menggunakan Matriks Morfologi. Berbagai alternatif varian komponen dikombinasikan untuk menghasilkan beberapa alternatif konsep desain. Melalui proses evaluasi objektif, dipilih varian terbaik yaitu penggunaan struktur rangka penopang, unit pengangkat berupa sistem dongkrak hidrolik mekanis gunting (*scissors lift*), dan roda berbahan poliuretan (PU)[9].
 3. Perancangan Bentuk Produk (*Embodiment Design*) Fase ini merupakan tahapan untuk memberikan bentuk fisik nyata (*layouting*) dari konsep *trolley* terpilih yang semula masih berupa skema garis atau abstrak. Komponen struktural mulai diwujudkan dalam bentuk geometri 3D, mencakup penentuan jenis profil besi rangka, ketebalan plat untuk platform rak penampung, dimensi lengan ayun gunting, serta penentuan letak *handle* dorong. Dimensi komponen struktural ini dirancang agar sinkron dengan batasan jangkauan hasil olah data persentil antropometri pekerja lokal.
 4. Perancangan Detail (*Detail Design*) Fase akhir ini difokuskan pada validasi performansi dan standarisasi teknis sebelum produk masuk ke tahap fabrikasi. Pemodelan 3D disempurnakan secara detail menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Validasi kekuatan struktur material ASTM A36 dilakukan secara komparatif melalui perhitungan mekanika teknik manual (kombinasi tegangan geser dan bending) yang disandingkan dengan analisis elemen hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA). Pada tahap ini pula, efektivitas perbaikan postur operator divalidasi hingga mencapai tingkat risiko yang aman dan layak (*ready for fabrication*).

Prosedur Pengerjaan

Prosedur pelaksanaan rancang bangun *hydraulic lift trolley* ini dibagi menjadi empat tahapan utama berdasarkan prinsip desain sistematis Pahl dan Beitz, dengan rincian operasional sebagai berikut:

1. Tahap Perencanaan dan Penjelasan Tugas (*Planning and Clarifying the Task*)
 - Identifikasi Masalah Lapangan: Mengamati langsung aktivitas pemindahan komponen *under bracket* seberat 600 kg di lantai produksi PT.X guna menemukan risiko cedera otot rangka dan hambatan mekanis.
 - Pengumpulan Data Antropometri: Menyebarkan kuesioner dan mengukur dimensi tubuh (Tinggi Badan, Tinggi Siku Berdiri, dan Tinggi Bahu Berdiri) terhadap 30 sampel operator lokal.
 - Penyusunan Daftar Persyaratan (*Requirements List*): Menetapkan parameter teknik mutlak berupa kapasitas angkut statis kritis 600 kg, kestabilan roda di lantai pabrik, serta batasan ergonomis dimensi alat bantu.
2. Tahap Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*)
 - Abstraksi Fungsi Utama: Memecah fungsi makro *trolley* menjadi sub-fungsi mikro (struktur penopang, mekanisme pengangkat hidrolik, dan sistem roda penggerak).
 - Pemilihan Varian Konsep Terbaik: Mengevaluasi kombinasi varian komponen secara objektif hingga terpilih konsep sistem dongkrak hidrolik mekanis gunting (*scissors lift*) dengan roda poliuretan (PU).
3. Tahap Perancangan Bentuk Produk (*Embodiment Design*)
 - Pemodelan Geometri Awal (*Layouting*): Mentransformasikan sketsa abstrak konsep terpilih ke dalam bentuk fisik komponen struktural kasar (menentukan profil baja rangka, plat penampung, dan lengan gunting).
 - Penerapan Nilai Persentil: Menghitung nilai persentil distribusi normal dari data 30 operator untuk menentukan dimensi baku tinggi *handle* dorong (100 cm) dan tinggi struktur atas maksimal (130 cm).
 - Integrasi Desain 3D: Menyusun tata letak (*layout*) antar-komponen struktural agar saling sinkron dan adaptif terhadap postur kerja operator.
4. Tahap Perancangan Detail (*Detail Design*)
 - Finalisasi CAD Model: Menyempurnakan visualisasi pemodelan 3D seluruh komponen *trolley* secara detail menggunakan perangkat lunak SolidWorks.
 - Validasi Perhitungan Mekanis Teoritis: Menghitung kekuatan struktur tumpuan utama material ASTM A36 terhadap kegagalan material akibat kombinasi tegangan geser dan bending secara manual.
 - Analisis Elemen Hingga (FEA): Menjalankan simulasi numerik beban statis 600 kg pada SolidWorks untuk mengekstrak nilai tegangan *Von Mises*, tingkat lendutan (*displacement*), dan indeks *Factor of Safety* (FOS).

- Analisis Komparasi (*Validasi Error*): Membandingkan hasil hitungan manual dengan simulasi SolidWorks untuk memastikan nilai simpangan (*error*) berada di bawah toleransi kritis 5%, sehingga desain dinyatakan aman, layak, dan siap difabrikasi (*ready for fabrication*).

Analisis Data

Analisis Data Antropometri (Persentil):

Fase analisis data diawali dengan pengolahan dimensi antropometri tubuh dari 30 sampel operator di PT X. Pengukuran difokuskan pada tiga dimensi fungsional utama, yaitu: Tinggi Badan (TB), Tinggi Siku Berdiri (TSB), dan Tinggi Bahu Berdiri (TBB). Berdasarkan data mentah tersebut, dihitung nilai rata-rata (*Mean*) dan Standar Deviasi (*SD*)[9]. Selanjutnya, untuk mengakomodasi variasi populasi pekerja, ekstraksi nilai batas jangkauan dihitung menggunakan pendekatan Distribusi Normal dengan persamaan matematika yaitu:

$$P_x = \bar{X} \pm (Z \times SD) \quad (1)$$

Dimana:

P_x = Nilai dimensi pada persentil ke – x yang dicari

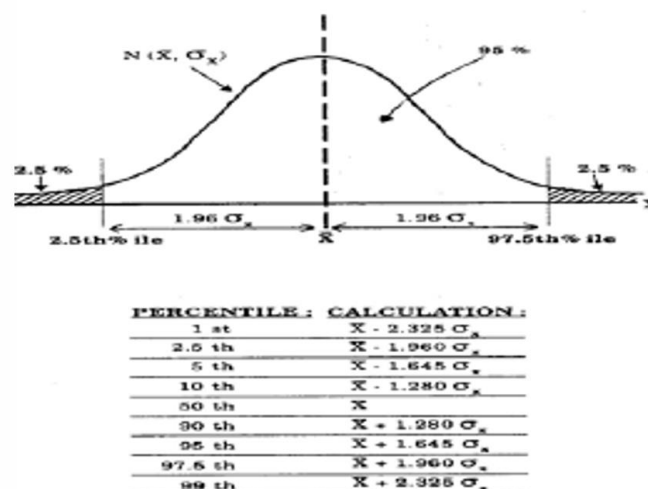
$\bar{X}$ = Nilai rata-rata (Mean) dari sampel data

SD = Nilai Standar Deviasi (simpanga baku) dari sampel data

Z = Konstanta multiplier (factor pengali) yang didapatkan dari Tabel

Distribusi Normal Standar berdasarkan luasan area dibawah kurva

Nilai konstanta multiplier (Z) yang digunakan dalam perhitungan persentil untuk perancangan *hydraulic lift trolley* ditentukan berdasarkan visualisasi kurva distribusi normal standar seperti pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Kurva Distribusi Normal Perhitungan Persentil Antropometri
Sumber : [\[Solved\] In a normal distribution of scores, the percentile rank of a](#)

Berdasarkan grafik distribusi normal pada Gambar 4.1, tingkat populasi pekerja yang dipilih untuk menetapkan batas-batas variasi dimensi alat bantu di PT.X diatur sebagai berikut:

- Persentil ke-5 (P_5) > $Z = -1,645$ (acuan batas dimensi tubuh kecil / jangkauan terpendek)
- Persentil ke-50 (P_{50}) > $Z = 0$ (acuan dimensi tubuh rata-rata)
- Persentil ke-95 (P_{95}) > $Z = +1,645$ (acuan batas dimensi tubuh besar / jangkauan tertinggi)

Analisis Kekuatan Struktural (Mekanika Teknik & FEA):

Uji kelayakan struktur mekanis dianalisis pada komponen tumpuan utama rangka penahan beban statis

menggunakan material baja struktural ASTM A36 Steel. Analisis dilakukan secara komparatif melalui dua metode:

1. Perhitungan Manual teoritis: Menggunakan rumusan mekanika teknik murni untuk menghitung nilai tegangan kombinasi (geser dan bending) serta tingkat lendutan (defleksi) akibat pembebanan 600 kg.
2. Simulasi Elemen Hingga (FEA): Menggunakan modul *Simulation* pada perangkat lunak SolidWorks dengan memberikan model pembebanan statis ekuivalen untuk mendapatkan distribusi kontur tegangan *Von Mises* dan lendutan (*displacement*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Antropometri pada Geometri *Trolley*:

Berdasarkan pengolahan data mentah kuesioner dari 30 sampel operator, diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi yang kemudian dikonversi ke dalam tingkatan persentil kritis. Hasil rekapitulasi parameter statistik antropometri disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Persentil Antropometri Operator
(Sumber : Tabel Dibuat Oleh Penulis)

PERHITUNGAN PERSENTIL ANTROPOMETRI			
Persentil	Tinggi Badan (cm)	Tinggi Siku Berdiri (TSB) (cm)	Tinggi Bahu Berdiri (TBB) (cm)
Persentil ke-5 (P ₅)	162,0	98,5	135,1
Persentil ke-50 (P ₅₀)	168,7	102,7	140,8
Persentil ke-95 (P ₉₅)	175,4	106,9	146,5

Berdasarkan hasil nilai persentil pada Tabel 1. diaplikasikan penyesuaian dimensi fungsional pada struktur hydraulic lift trolley guna menjamin aspek keselamatan dan ergonomi kerja:

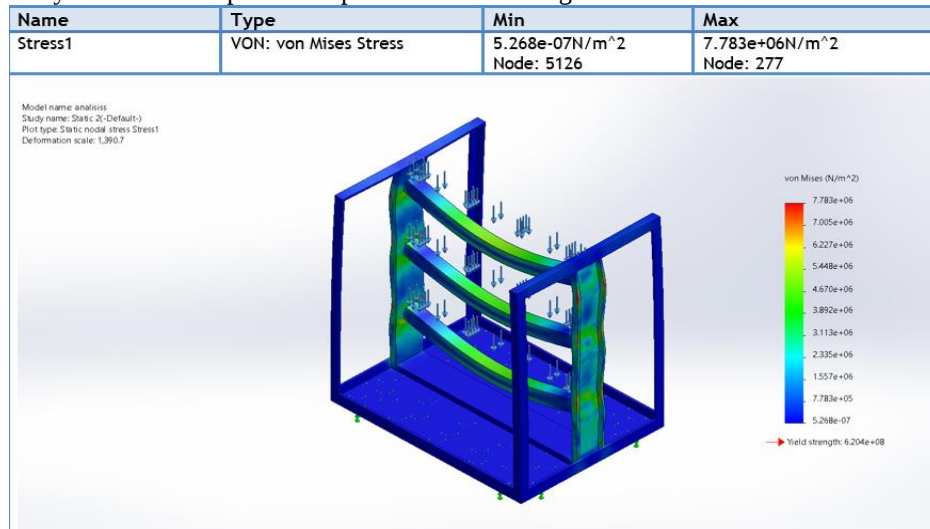
1. Penentuan Tinggi Pegangan Tangan (*Handle*): Berdasarkan nilai tinggi siku berdiri persentil ke-50 (P₅₀) sebesar 102,7 cm, komponen handle pada bagian belakang rangka trolley dirancang setinggi 100 cm dari lantai. Dimensi ini menjaga posisi lengan bawah tetap membentuk sudut alami mendekati 90 derajat saat mendorong beban seberat 600 kg, sehingga gaya dorong dapat ditransfer secara maksimal tanpa membebani otot pergelangan tangan,
2. Penentuan Tinggi Stuktur Atas / Batas Maksimum Rak: Berdasarkan nilai Tinggi Bahu Berdiri operator ke-5 (P₅), yang berada di angka 135,1 cm, ketinggian tuas hidrolik dipatok setinggi 130 cm. Pembatasan ini mencegah cedera regangan pundak akibat jangkauan yang terlalu tinggi dan memastikan proses pemindahan produk *under bracket* dilakukan dalam posisi postur tubuh tegak.
3. Analisis Jarak Pandang: Penggunaan batas tinggi total struktur trolley sebesar 130 cm disinkronkan pula dengan data Tinggi Badan persentil ke-5(P₅) yaitu 162,0 cm. Jarak selisih vertikal ini menjamin mata operator bertubuh pendek tidak akan terhalang oleh bodi penampung *trolley*.

Hasil Analisis Menggunakan Metode *Finite Element Analysis* (FEA)

1. *Von Mises Stress Analysis*

Von Mises Stress Analysis dilakukan untuk menghitung tegangan total yang didapatkan dari kombinasi berbagai tegangan yang terjadi pada struktur rangka *hydraulic lift trolley*. Hasil dari tegangan ini

kemudian dibandingkan dengan nilai yield strength material[10]. Analisis ini memiliki fungsi dalam mengevaluasi bahwa kekuatan material rangka mampu dalam menahan beban yang diberikan tanpa mengalami kerusakan struktur atau perubahan bentuk secara permanen. Hasil dari von mises untuk rangka trolleychest freezer dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

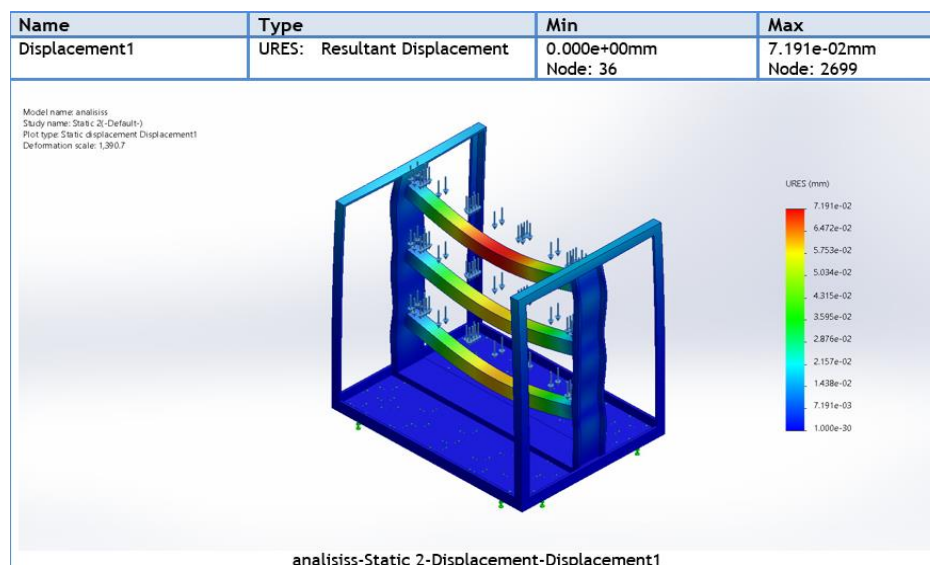


Gambar 2 Von Mises Stress Analysis

pada di atas, diperoleh nilai tegangan maksimum (*maximum stress*) yang terjadi pada Struktur rangka sebesar 7,783 MPa. Titik tegangan tertinggi ini terkonsentrasi pada area bagian tengah balok horizontal penyangga rak yang mengalami beban tekan vertikal secara langsung. Dengan mempertimbangkan nilai *yield strength* material sebesar 250 MPa, maka tegangan maksimum yang terjadi masih jauh dibawah batas nilai *yield*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa desain rangka ini masih berada dalam batas aman dan mampu menahan beban yang diberikan.

2. Displacement Analysis

Displacement Analysis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar deformasi yang terjadi pada rangka trolley saat diberikan beban. Analisis ini memiliki tujuan untuk memastikan bahwa deformasi yang terjadi masih dalam batas toleransi yang aman, sehingga tidak akan menimbulkan kegagalan pada rangka. Hasil dari displacement untuk rangka *trolley* pengangkut *under bracket* dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



analiss-Static 2-Displacement-Displacement1

Gambar 3 Displacement Analysis

Berdasarkan hasil simulasi struktur rangka *hydraulic lift trolley* pengangkut *under bracket* pada Gambar 4.14, deformasi maksimum yang terjadi pada rangka trolley sebesar 7.191e-02 mm atau 0,0368 mm.

Nilai tersebut masih dalam batas deformasi untuk struktur rangka *trolley*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa desain rangka ini masih berada dalam batas aman dan mampu menahan beban yang diberikan.

Hasil Pengujian Mekanis dan kelayakan Struktur:

Validasi keandalan struktur rangka penopang beban dilakukan dengan membandingkan parameter mekanis hasil perhitungan teoritis manual terhadap luaran data simulasi SolidWorks. Hasil komparasi parameter teknis diurai pada Tabel 2.

Tabel 2. Validasi Komparasi Perhitungan Manual dan Simulasi Solidworks (FEA)
(Sumber : Tabel Dibuat Oleh Penulis)

Parameter Mekanis	Analisa perhitungan secara manual	Hasil Simulasi Solidworks	Hasil perbandingan
<i>Von Mises Stress</i>	7,680 Mpa	7,783 Mpa	1,34%
<i>Displacement</i>	0,0348 mm	0,0719 mm	3,45%

Berdasarkan Tabel 4.7, dapat disimpulkan bahwa perhitungan manual dengan hasil menggunakan *software* solidworks memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Selisih persentase antara perhitungan manual dengan hasil simulasi pada analisis *von mises stress* sebesar 1,34%, dimana hal ini masih dalam batas toleransi. Pada analisis *displacement*, perbedaan mencapai 3,45% yang memiliki hasil selisih lebih besar dari *von mises*, perbedaan ini disebabkan karena desain yang telah dibuat harus disederhanakan menjadi bentuk *dummy* untuk menghindari *error* pada proses simulasi. Oleh karena itu, akan terjadi perbedaan antara hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi menggunakan *software*. Meskipun memiliki perbedaan nilai, hasil dari perhitungan manual dengan simulasi menunjukkan bahwa desain *hydraulic lift trolley* masih dalam batas aman dan layak untuk digunakan.

Hasil Trolley Pengangkut Khusus Under Bracket:

Hasil akhir dari perancangan desain *hydraulic lift trolley* pengangkut khusus *under bracket* dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan visualisasi pemodelan 3D produk. Trolley ini dirancang berdasarkan integrasi hasil pemilihan dimensi komponen yang optimal, analisis kekuatan struktur dan pendekatan ergonomi serta menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) pada *software* Solidworks.

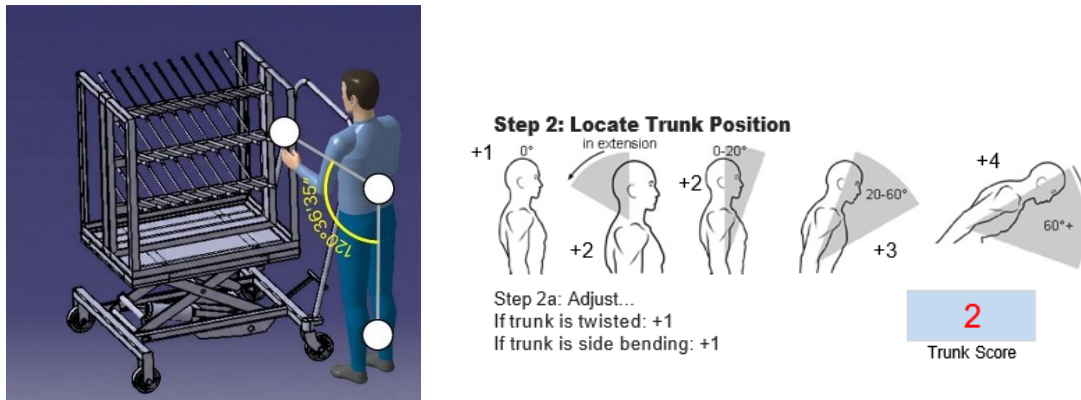
Seluruh komponen rangka, tiang penyangga utama, hingga mekanisme penopang cantilever telah melalui serangkaian pengujian simulasi pembebanan statis dengan hasil yang memenuhi standar keamanan mekanik. Berdasarkan hasil evaluasi teoritis dan pembuktian simulasi yang telah dipaparkan sebelumnya, visualisasi desain ini menunjukkan bahwa konstruksi rangka tidak hanya kokoh secara matematis, melainkan juga memiliki rancangan tata letak (*layout*) komponen yang ergonomis dan fungsional, sesuai dengan fungsi dan kebutuhan operasional yang telah ditentukan.



Gambar 4 Hasil Desain 3D *Hydraulic Lift Trolley*
(Sumber : Gambar Dibuat Oleh Penulis)

Analisis REBA Menggunakan Desain *Hydraulic Lift Trolley*:

Evaluasi postur kerja dilakukan untuk mengevaluasi tingkat risiko ergonomi dan beban fisik yang diterima oleh operator saat berinteraksi dengan rancangan *hydraulic lift trolley*. Penilaian ini menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk memastikan bahwa dimensi alat bantu penanganan sortir atau pengangkutan barang yang dibuat memenuhi standar keselamatan kerja dan mampu mencegah risiko cedera otot rangka dilantai produksi PT.X.



Gambar 5 Hasil Desain 3D *Hydraulic Lift Trolley*
(Sumber : Gambar Dibuat Oleh Penulis)

Hasil akhir perhitungan REBA yang menunjukkan skor 2 mengindikasikan bahwa perancangan dimensi pada *hydraulic lift trolley* ini sudah memenuhi prinsip-prinsip dasar ergonomi kerja. Desain berhasil menjaga persendian batang tubuh operator tetap beraktivitas di dalam zona netral. Dengan demikian, penggunaan alat bantu angkut ini secara nyata aman digunakan dalam jangka panjang untuk mencegah risiko cedera otot rangka (*Skeletal Disorders*) pada pekerja produksi PT.X.

Penurunan skor akhir yang mencapai selisih 3 poin ini membuktikan bahwa pengembangan *hydraulic lift trolley* mampu mengurangi titik kritis ergonomi pada aktivitas *materail handling*. Alat bantu ini sukses mengubah lingkungan kerja operasional dari kategori yang membutuhkan tindakan perbaikan, menjadi kategori kerja yang aman, nyaman, dan ergonomis. Batas skor aman total untuk tindakan yang tidak memerlukan intervensi segera adalah 1 hingga 3 (risiko diabaikan sampai rendah). Jika skor total akhir berada pada kategori risiko tinggi hingga sangat tinggi akibat kontribusi skor punggung yang ekstrem seperti kondisi aktual ini, tindakan berupa rekayasa teknik berupa perancangan alat bantu kerja mutlak diperlukan guna mereduksi beban kerja fisik operator ke batas aman[8].

KESIMPULAN

Penerapan metode *Pahl and Beitz* secara sistematis berhasil mendasari seluruh tahapan perancangan *hydraulic lift trolley* berkapasitas 600 kg di PT X. Pengolahan data antropometri operator menghasilkan batasan dimensi struktur alat bantu yang ergonomis dan aman, di mana tinggi *handle* dorong ditetapkan setinggi 100 cm dan tinggi total struktur dibatasi pada angka 130 cm demi meminimalkan cedera otot akibat posisi janggal (*awkward posture*). Validasi keteknikan menunjukkan kekuatan struktur rangka yang sangat handal dengan nilai *Factor of Safety* minimum sebesar 32, didukung nilai *error* komparasi jauh di bawah 5%. Desain dinyatakan valid dan siap dipabrikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak perusahaan tempat pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan atas kesempatan dan bimbingan yang telah diberikan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen

pembimbing, mentor lapangan, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama kegiatan dan penyusunan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

REFERENSI

- [1] Akbar Kurniawan and Muhammad Yasin, “STRATEGI ORIENTASI PADA INDUSTRI MANUFAKTUR,” *J. Ekon. Bisnis dan Kewirausahaan*, vol. 1, no. 4, pp. 30–33, Jul. 2024, doi: 10.69714/9dqvj29.
- [2] P. In and D. Economics, *Program in development economics parahyangan catholic university*, no. January. 2022.
- [3] B. Aprianto, A. F. Hidayatulloh, F. N. Zuchri, I. Seviana, and R. Amalia, “FAKTOR RISIKO PENYEBAB MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSDs) PADA PEKERJA: A SYSTEMATIC REVIEW,” *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 2, no. 2, pp. 16–25, 2021, doi: 10.31004/jkt.v2i2.1767.
- [4] M. Rahmi, Y. Y. Erlangga, A. Mahmudah, and F. Dionisius, “RANCANG BANGUN ALAT BANTU PEMASANGAN PEGAS,” vol. 14, no. 1, pp. 105–113, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1098.
- [5] M. S. A. Nugraha, D. Ernawati, and T. Tranggono, “Perancangan Kursi Mandi Multifungsi Ergonomis Bagi Manula Penderita Sakit Bagian Kaki Dan Punggung Menggunakan Pendekatan Pahl & Beitz,” *Juminten*, vol. 1, no. 6, pp. 73–84, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i6.164.
- [6] I. A. Effendi and A. Ramdan, “Aplikasi Metode Perancangan Pahl-Beitz Pada Perancangan Lini Produksi,” *Steman*, pp. 1–6, 2014.
- [7] M. Pahl, “Yang Ergonomis Dengan Menggunakan,” vol. 01, no. 05, pp. 1–12, 2020.
- [8] “rancang-bangun-alat-stir-casting-menggunakan-metode-pahl-and-beitz-untuk-proses-pembuatan-komposit-matriks-aluminium_convert_compress.pdf.”
- [9] E. K. Winata and A. Suryadi, “Perancangan Kursi Tunggu Yang Ergonomis Untuk Lansia Dengan Metode Pahl and Beitz Pada Klinik Xyz Sidoarjo,” *Juminten*, vol. 1, no. 6, pp. 61–72, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i6.130.
- [10] L. A. Putri *et al.*, “Analisis Kekuatan Rangka Trolley Pengangkut Chest Freezer Tipe 300 Liter Terhadap Beban 35 Kg Dengan Metode Finite Element Analysis (FEA),” pp. 522–527, 2025.
- [11] H. A. Nugraha, M. Astuti, and A. Rahman, “ANALISIS PERBAIKAN POSTUR KERJA OPERATOR MENGGUNAKAN (Studi Kasus pada Bagian Bad Stock Warehouse PT . X Surabaya) ANALYSIS IMPROVEMENT OF OPERATOR WORKING POSTURE USING RULA METHOD TO REDUCE MUSCULOSKELETAL DISORDERS RISK (Case Study Bad Stock Warehouse X Company Surabaya),” pp. 229–240, 2006.