

ANALISIS POSTUR KERJA DAN PERANCANGAN ALAT BANTU MENGUNAKAN METODE REBA DAN QFD (STUDI KASUS: UD. BATAKO BAPAK TRIMO)

Marina Intan Wulandari; Raden Danang Aryo Putro Satriyono
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

UD. Batako Bapak Trimo merupakan UMKM yang memproduksi batako dan paving. Proses produksi masih melibatkan aktivitas manual, seperti pengangkatan, pemindahan, serta penanganan material dan hasil cetakan yang berpotensi menimbulkan postur kerja tidak ergonomis dan meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko postur kerja serta merancang alat bantu kerja yang ergonomis. Identifikasi keluhan pekerja dilakukan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*, analisis risiko postur kerja menggunakan *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, dan perancangan alat bantu menggunakan *Quality Function Deployment (QFD)*. Hasil penelitian menunjukkan skor NBM berkisar 71–75 yang termasuk kategori risiko tinggi. Hasil penilaian REBA menunjukkan skor 3–10, dengan sebagian besar aktivitas berada pada kategori risiko sedang hingga tinggi. Berdasarkan hasil REBA dan kebutuhan pekerja yang diperoleh melalui QFD, dirancang alat bantu berupa troli multifungsi dengan mekanisme scissor lift. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu mampu menurunkan tingkat risiko postur kerja pada sebagian besar aktivitas menjadi kategori rendah, sedangkan aktivitas peletakan hasil cetakan menurun menjadi kategori sedang. Hasil simulasi Solidworks menunjukkan nilai *factor of safety* sebesar 2,1 sehingga rancangan alat dinyatakan aman digunakan.

Kata Kunci: Postur Kerja, *Nordic Body Map (NBM)*, *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, *Quality Function Deployment (QFD)*

Abstract

UD. Batako Bapak Trimo is an MSME that produces concrete blocks and paving blocks. The production process still involves manual activities, such as lifting, moving, and handling raw materials and molded products, which potentially cause non-ergonomic working postures and increase the risk of musculoskeletal disorders. This study aims to analyze working posture risks and design an ergonomic work aid. Worker complaints were identified using the *Nordic Body Map (NBM)* questionnaire, working posture risk was analyzed using *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, and the design of the work aid was carried out using *Quality Function Deployment (QFD)*. The research results showed that NBM scores ranged from 71 to 75, falling into the high-risk category. The REBA assessment scores ranged from 3 to 10, with most activities falling into medium to high-risk categories. Based on the REBA results and worker needs obtained through QFD, a multifunctional trolley equipped with a scissor lift mechanism was designed as a work aid. The evaluation results demonstrated that using the work aid reduced the risk level of working postures in most activities to the low category, while the activity of placing molded products was reduced to the medium category. Solidworks simulation results yielded a *factor of safety* value of 2.1, confirming that the tool design is safe for operation.

Keywords: Work Posture, *Nordic Body Map (NBM)*, *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, *Quality Function Deployment (QFD)*

1. PENDAHULUAN

UD. Batako Bapak Trimo adalah usaha produksi batako dan beroperasi di Desa Gumpang, Kecamatan Kartasura, Kabupaten Sukoharjo. Pada kegiatan produksi batako terdapat beberapa aktivitas yang melibatkan kegiatan manual terutama pada pemindahan material maupun hasil produksi. Optimalisasi sumber daya pekerja untuk memperlancar proses produksi dapat dicapai melalui penciptaan kondisi kerja yang baik dan ergonomis, penerapan prinsip ergonomi yang tepat memungkinkan pekerja bekerja dalam posisi yang lebih aman dan alami, serta mengurangi penggunaan gaya atau gerakan berlebihan yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan (Wijaya et al., 2016).

Berdasarkan laporan World Health Organization (WHO) dan International Labour Organization (ILO), faktor ergonomi seperti postur kerja yang tidak ergonomis, duduk dalam waktu lama, gerakan pada seluruh tubuh, dan penanganan beban secara manual menyebabkan beban penyakit sebesar 12,27 juta *Disability-Adjusted Life Years (DALYs)* secara global pada tahun 2016 (Organization, 2016). Kondisi tersebut juga terjadi pada sektor industri kecil dan menengah yang masih mengandalkan tenaga manusia, termasuk di UD. Batako Bapak Trimo, di mana proses produksi masih melibatkan aktivitas kerja manual seperti mengangkat, menarik, mendorong atau membawa yang berpotensi menimbulkan risiko cedera serta gangguan muskuloskeletal pada pekerja (Adeyemi et al., 2020).

Tabel 1. Produk UD. Batako Bapak Trimo

Paving Bata	Batako	Paving Hexagonal
		



Gambar 1. Aktivitas Produksi

Pada proses produksi batako yang berlangsung di UD. Batako Bapak Trimo masih terdapat aktivitas kerja yang dilakukan dengan cara manual dan melibatkan postur tubuh yang beragam. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan postur kerja yang tidak ergonomis terutama apabila aktivitas dilakukan secara berulang dan dalam durasi yang cukup lama. Kondisi kerja tersebut dipertegas oleh survei *Nordic Body Map (NBM)*, diperoleh rata-rata skor keluhan sebesar 72 (risiko tinggi), aktivitas produksi batako dan paving bata menunjukkan skor keluhan tertinggi sebesar 75 dibandingkan aktivitas lainnya. Hasil ini menunjukkan adanya urgensi perbaikan kondisi kerja, mengingat tingkat ketidaknyamanan fisik yang dialami pekerja telah berada pada kategori tinggi dan memerlukan tindakan segera.

Urgensi penanganan postur kerja yang tidak ergonomis telah didukung oleh beberapa penelitian terdahulu. Hubungan kuat antara postur kerja tidak ergonomis dengan keluhan Musculoskeletal Disorders

(MSDs) terbukti signifikan pada berbagai pekerja industri (Kurniawati et al., 2024). Pada industri batako, aktivitas pengangkatan secara manual sering kali mendapatkan skor risiko yang tinggi (Wibisono et al., 2023). Selain itu, aktivitas kerja dengan postur membungkuk dan pengangkatan berulang pada industri sejenis terbukti memerlukan perbaikan ergonomi segera pada fasilitas kerja (I. Maulana et al., 2025).

Ergonomi mempelajari interaksi antara tugas, pekerja, dan lingkungan kerja dengan tujuan mengoptimalkan kesejahteraan manusia serta kinerja sistem secara keseluruhan (Utku et al., 2021). Pendekatan ini menerapkan prinsip yang menyelaraskan tuntutan pekerjaan dengan keterbatasan fisik manusia, sehingga mampu mengurangi beban kerja serta risiko penyakit akibat kerja (Strasser, 2022). Implementasi ergonomi harus memenuhi prinsip dasar keselamatan, seperti menjaga postur aman, menyelaraskan beban dengan kapasitas fisik pekerja, serta mengoptimalkan batas jangkauan area kerja (Darmawan & Widhiastuty, 2022). Keterbatasan fasilitas fisik di lapangan sering kali memaksa pekerja mengadopsi postur kerja janggal (*awkward posture*) seperti membungkuk (*forward bending*), memutar tubuh (*twisting*), maupun fleksi batang tubuh (*trunk flexion*) (Djaali & Fajriah, 2020). Postur non-netral yang berlangsung secara berulang atau dalam durasi lama akan menimbulkan cedera serius seperti *Low Back Pain* (LBP) (Al-khiami & Lindhard, 2026). Masalah inilah yang melatarbelakangi pentingnya evaluasi postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk merumuskan kebutuhan teknis alat bantu fungsional berbasis *Quality Function Deployment* (QFD). Penelitian ini difokuskan pada analisis risiko postur kerja serta perancangan alat bantu berupa usulan desain beserta simulasi ergonomi dan kekuatan struktur menggunakan *software* SolidWorks dan CATIA, tanpa mencakup pembuatan prototipe fisik maupun analisis biaya produksi alat bantu.

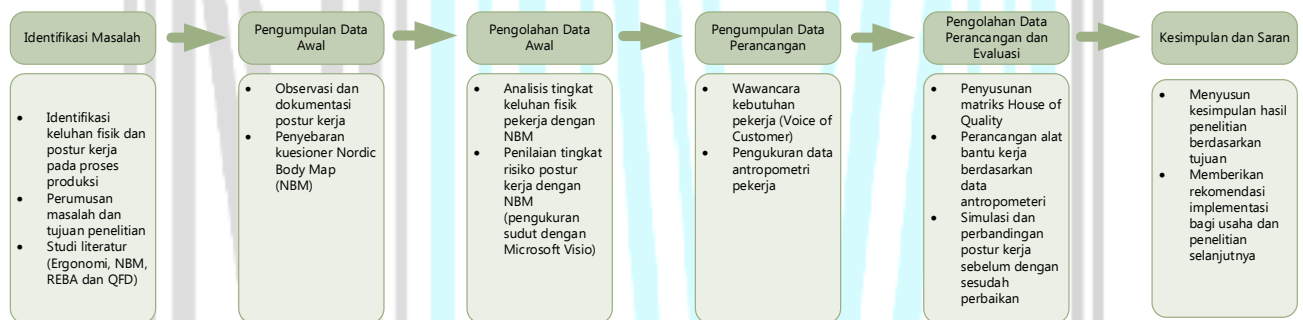
Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Insyirah: 5-6 “Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”. Oleh karena itu, perancangan alat bantu ergonomis ini merupakan bentuk nyata dalam menghadirkan kemudahan bagi pekerja dan meminimalkan beban fisik yang berlebihan.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di UD. Batako Bapak Trimio, Kartasura, Sukoharjo, dengan mengumpulkan dua jenis data utama, yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung melalui kuesioner NBM pada 4 pekerja dengan 2 pekerja pada stasiun pencampuran material dan masing-masing 1 pekerja pada stasiun pencetakan, dokumentasi foto dan video aktivitas kerja untuk analisis sudut REBA, kuesioner *Voice of Customer* terkait kebutuhan desain alat bantu, data antropometri pekerja, dimensi material, serta kondisi lingkungan kerja. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan sebagai penunjang melalui studi literatur dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan mengenai konsep ergonomi, NBM, REBA, QFD, serta standar keselamatan kerja. Berikut ini tahapan penelitian ini:

1. Identifikasi keluhan ini dilakukan dengan membagikan kuesioner NBM kepada pekerja. Dari kuesioner tersebut dapat diketahui keluhan pada 28 titik diseluruh tubuh dari bagian atas (leher) hingga bagian bawah (kaki) (Rahmahwati et al., 2021).
2. Analisis postur kerja dengan REBA dilakukan untuk mengukur risiko ergonomi pada berbagai area tubuh mulai dari leher, punggung, hingga kaki (Gutierrez et al., 2020). Pengukuran risiko menggunakan REBA dilakukan dengan dokumentasi dan pengukuran sudut tubuh pada aktivitas pengambilan pasir, pencetakan, membawa, dan meletakkan menggunakan lembar kerja REBA (Kelompok A: *Trunk, Neck, Legs*; Kelompok B: *Upper Arm, Lower Arm, Wrist*) ditambah skor beban dan coupling (Zheng et al., 2026). Pengukuran sudut tubuh dilakukan menggunakan Microsoft Visio dengan fitur *shape Angle Dimension*, dimana konversi dari foto 3D ke 2D memungkinkan terjadinya bias pada besaran sudut yang dihasilkan.

- Perancangan Alat Bantu dengan QFD digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pekerja menjadi spesifikasi teknis alat bantu (Arista, 2022). Langkah penyusunan *House of Quality (HoQ)* meliputi identifikasi *customer needs*, penentuan respon teknis, penentuan matriks hubungan (*relationship matrix*), penentuan korelasi antar spesifikasi teknis (*technical correlation*) dan penentuan prioritas untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi (Geng et al., 2024).
- Melakukan pembuatan desain 3D menggunakan *software* Solidworks sehingga karakter bentuk dan fungsi produk dapat divisualisasikan dengan jelas (Prasetyo et al., 2025). Terdapat tiga mode kerja pada solidworks yang digunakan yaitu *part mode*, *assembly mode*, dan *drawing mode* (S. U. Maulana et al., 2022).
- Melakukan simulasi evaluasi ergonomi setelah perancangan alat bantu menggunakan *software* CATIA (*Computer Aided ThreeDimensional Interactive Application*) yang memiliki kemampuan *digital human modelling* untuk melakukan analisis ergonomi dan postur kerja dalam desain produk dan fasilitas kerja (Rohmatin et al., 2024).



Gambar 2. Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Keluhan Pekerja

Data keluhan pekerja dikumpulkan melalui kuesioner NBM yang digunakan untuk mengevaluasi dan mengukur tingkat keluhan pada 28 titik tubuh dari leher hingga kaki dengan skala skor 1–4. Pengisian kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi area tubuh yang paling sering mengalami gangguan serta tingkat keparahannya, di mana rangkuman data tersebut selengkapnya disajikan pada Tabel 1. Skoring Lembar Kerja NBM

Tabel 2. Skoring Lembar Kerja NBM

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				Persentase Keluhan
		Produksi Batako & Paving Bata	Produksi Paving Hexagonal	Pencampuran Material		
				Pekerja 1	Pekerja 2	
0	Sakit/kaku pada leher atas	1	1	1	1	25%
1	Sakit pada leher bawah	3	2	2	2	56%
2	Sakit pada bahu kiri	2	2	4	4	69%
3	Sakit pada bahu kanan	2	2	4	4	69%
4	Sakit pada lengan atas kiri	4	3	4	4	94%
5	Sakit pada punggung	4	4	3	2	81%
6	Sakit pada lengan atas kanan	4	3	4	4	94%
7	Sakit pada pinggang	3	4	3	4	88%

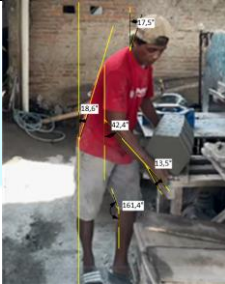
No		Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				Persentase Keluhan
			Produksi Batako & Paving Bata	Produksi Paving Hexagonal	Pencampuran Material		
					Pekerja 1	Pekerja 2	
8	Sakit pada pantat (buttock)	1	1	1	1	25%	
9	Sakit pada pantat (bottom)	1	1	1	1	25%	
10	Sakit pada siku kiri	1	1	1	1	25%	
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	25%	
12	Sakit pada lengan bawah kiri	4	4	3	3	88%	
13	Sakit pada lengan bawah kanan	4	4	3	3	88%	
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	2	1	3	3	56%	
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	2	1	3	3	56%	
16	Sakit pada tangan kiri	2	4	2	2	63%	
17	Sakit pada tangan kanan	2	4	2	2	63%	
18	Sakit pada paha kiri	4	3	2	2	69%	
19	Sakit pada paha kanan	4	3	2	2	69%	
20	Sakit pada lutut kiri	2	3	4	4	81%	
21	Sakit pada lutut kanan	2	3	4	4	81%	
22	Sakit pada betis kiri	4	4	4	4	100%	
23	Sakit pada betis kanan	4	4	4	4	100%	
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	2	2	1	1	38%	
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	2	2	1	1	38%	
26	Sakit pada kaki kiri	4	3	2	2	69%	
27	Sakit pada kaki kanan	4	3	2	2	69%	
Jumlah		75	73	71	71		
Rata-rata			72				

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa produksi batako dan paving bata memperoleh jumlah skor tertinggi yaitu 75, disusul produksi paving hexagonal sebesar 73, sedangkan bagian pencampuran (pekerja 1 dan pekerja 2) masing-masing memperoleh skor 71. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh jenis pekerjaan tersebut masuk dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan segera. Hal ini menunjukkan bahwa keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja tergolong serius dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan apabila tidak dilakukan perbaikan kondisi kerja.

3.2 Analisis Postur Kerja

Sebelum analisis REBA dilakukan, tahap awal yang dilakukan adalah mengukur sudut tubuh pekerja pada 3 stasiun kerja menggunakan *software* Microsoft Visio. Khusus pada stasiun kerja pencampuran, aktivitas pengambilan semen tidak dinilai karena memiliki risiko postur kerja yang relatif kecil, sehingga analisis difokuskan pada kondisi *worst case* (kasus terburuk). Hasil pengukuran sudut tersebut kemudian dicocokkan dengan lembar kerja REBA untuk menentukan tingkat risiko ergonomi pada proses produksi di UD Batako Bapak Trimio. Berikut ini adalah hasil penilaian untuk masing-masing stasiun kerja

Tabel 3. Pengukuran Sudut

Stasiun Kerja	Aktivitas		
	1	2	3
Pencampuran Material	 (Mengambil)	 (Membawa)	 (Meletakkan)
Pencetakan Batako & Paving Bata	 (Mencetak)	 (Membawa)	 (Meletakkan)
Pencetakan Paving Hexagonal	 (Mencetak)	 (Membawa)	 (Meletakkan)

Tabel 4. Rekapitulasi Skor REBA

Stasiun Kerja	Kegiatan	Skor	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
Pencampuran Material	Mengambil	4	Sedang	Perlu Perbaikan
	Membawa	5	Sedang	Perlu Perbaikan
	Meletakkan	6	Sedang	Perlu Perbaikan
Pencetakan Batako & Paivng Bata	Mencetak	3	Rendah	Mungkin Perlu
	Membawa	5	Sedang	Perlu Perbaikan
	Meletakkan	10	Tinggi	Perlu Segera
Pencetakan Paving Hexagonal	Mencetak	2	Rendah	Mungkin Perlu
	Membawa	5	Sedang	Perlu Perbaikan
	Meletakkan	9	Tinggi	Perlu Segera

Berdasarkan hasil penilaian REBA sebelum dilakukan perbaikan, terdapat perbedaan tingkat risiko pada setiap aktivitas kerja. Pada stasiun pencampuran material, aktivitas mengambil, membawa, dan meletakkan material masing-masing memperoleh skor REBA 4, 5, dan 6 yang termasuk dalam kategori risiko sedang, sehingga memerlukan tindakan perbaikan. Pada stasiun pencetakan batako dan paving bata, aktivitas mencetak memiliki skor 3 dengan kategori risiko rendah, sedangkan aktivitas membawa hasil cetakan memperoleh skor 5 (risiko sedang) dan aktivitas meletakkan hasil cetakan memperoleh skor 10 (risiko tinggi) sehingga memerlukan tindakan perbaikan segera. Kondisi serupa juga terjadi pada stasiun pencetakan paving hexagonal, di mana aktivitas mencetak berada pada kategori risiko rendah dengan skor 2, aktivitas membawa memperoleh skor 5 (risiko sedang), dan aktivitas meletakkan memperoleh skor 9 (risiko tinggi).

3.3 Perancangan Alat Bantu dengan QFD

a. Atribut Customer Needs (*Whats*) dan Penentuan Respon Teknis (*Hows*)

Tahapan awal pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner terbuka yang diberikan kepada 4 orang pekerja. Kuesioner terbuka yang bertujuan untuk mengidentifikasi atribut kebutuhan pekerja terhadap rancangan alat bantu berdasarkan pengalaman kerja yang mereka hadapi sehari-hari. Kemudian untuk atribut respon teknis diperoleh dari hasil penerjemahan karakteristik kebutuhan pekerja yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Melalui atribut tersebut, dirumuskanlah respon teknis yang mencerminkan karakteristik dari alat bantu yang akan dirancang. Berikut ini hasil atribut customer needs dan respon teknis

Tabel 5. *Customer Needs (Whats)* dan Penentuan Respon Teknis (*Hows*)

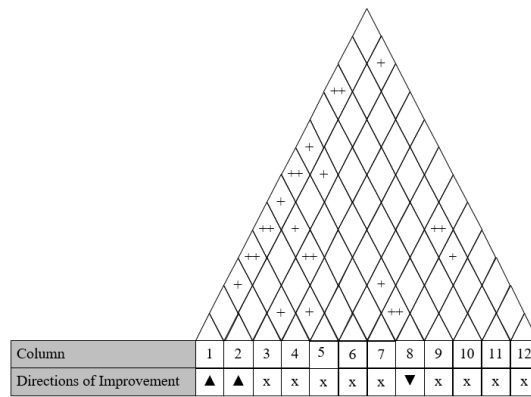
No	Atribut Customer Needs	Spesifikasi Teknis
1	Alat mempermudah proses pengangkutan	Kapasitas beban maksimal
2	Menurunkan beban angkat fisik	Tinggi landasan angkut
3	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	Luas area muatan
4	Alat memiliki kekuatan baik	Ketebalan Material
5	Kestabilan alat saat digunakan	Jenis Material
6	Kemudahan mobilitas alat	Jarak antar roda
7	Alat tidak merusak hasil cetakan	Jenis roda
8	Mudah dibersihkan	Diameter roda
9	Aman digunakan	Tekstur permukaan landasan angkut
10	Mengurangi postur membungkuk	Jenis material landasan angkut
		Pengunci roda
		Tinggi pegangan

Setelah menentukan respon teknis yang diperlukan, langkah berikutnya dalam penyusunan HOQ adalah menetapkan arah perbaikan (*Direction of Improvement*). Tahap ini bertujuan untuk menentukan arah optimasi dari masing-masing karakteristik teknis. Arah pengembangan setiap spesifikasi teknis ditunjukkan menggunakan simbol tertentu. Simbol ▼ menunjukkan bahwa spesifikasi teknis perlu diminimalkan, simbol ▲ menunjukkan bahwa spesifikasi teknis perlu dimaksimalkan, sedangkan simbol × menunjukkan bahwa spesifikasi teknis harus disesuaikan dengan target yang telah ditetapkan.

Tabel 6. *Direction of Improvement*

Spesifikasi Teknis	Direction
1 Kapasitas beban maksimal	▲
2 Tinggi landasan angkut	▲
3 Luas area muatan	▲
4 Ketebalan Material	▲
5 Jenis Material	x
6 Jarak antar roda	x
7 Jenis roda	x
8 Diameter roda	x
9 Tekstur permukaan landasan angkut	x
10 Jenis material landasan angkut	x
11 Pengunci roda	x
12 Tinggi pegangan	x

Setelah menentukan arah perbaikan, dilakukan pemetaan korelasi teknis (*Technical Correlations*) untuk melihat keterkaitan antar-karakteristik alat bantu yang akan dirancang. Masing-masing pernyataan dihubungkan dengan beberapa simbol diantaranya (++) berarti korelasi positif kuat, (+) berarti korelasi positif, (-) berarti korelasi negatif dan (▼) berarti korelasi negatif kuat. Matriks korelasi antar-respon teknis dapat dilihat pada tabel di bawah ini.



Gambar 3. *Technical Correlations*

Gambar diatas merupakan analisis *Technical Correlations* dan *Directions of Improvement* pada HOQ untuk perancangan alat bantu. Pada bagian *Directions of Improvement*, arah perbaikan dari 12 spesifikasi teknis ditentukan berdasarkan kebutuhan perancangan. Parameter kapasitas beban maksimal (1) dan tinggi landasan angkut (2) bernilai ▲ (*maximize*) yang berarti perlu dimaksimalkan, diameter roda (8) bernilai ▼ (*minimize*) untuk menjaga titik berat alat tetap rendah dan stabil. Sementara itu, parameter lainnya bernilai x (target), yang menunjukkan bahwa nilainya disesuaikan dengan standar seperti jenis material, jenis roda, dan pengunci roda, luas area muatan, tinggi pegangan. Sementara itu, hubungan korelasi antar-spesifikasi teknis untuk mengidentifikasi efek saling memengaruhi saat dilakukan perubahan desain. Korelasi positif kuat (++) terlihat pada pengaruh ketebalan (4) dan jenis material (5) terhadap kapasitas beban maksimal (1), di mana pemilihan material yang lebih kuat secara langsung meningkatkan daya angkut alat. Hubungan ++ juga terjadi antara jenis roda (7) dengan diameter roda (8), serta jenis material landasan (10) terhadap tekstur permukaannya (9). Selain itu, terdapat korelasi positif (+) antara luas area muatan (3) dengan ketebalan material (4), serta jenis roda (7) terhadap kapasitas beban (1).

b. *Relationship Matrix*

Setelah menentukan atribut kebutuhan pekerja (*What*) dan respon teknis (*How*), langkah selanjutnya adalah menyusun matriks hubungan (*Relationship Matrix*). Matriks ini berfungsi untuk memetakan dan menilai seberapa besar tingkat kontribusi atau pengaruh dari setiap respon teknis dalam memenuhi kebutuhan spesifik pekerja. Penilaian dilakukan dengan memberikan bobot nilai tertentu untuk menunjukkan derajat hubungan menggunakan simbol ⊖, O, dan ▲, yang masing-masing menunjukkan hubungan kuat, sedang, dan lemah dengan bobot nilai berturut-turut 9, 3, dan 1.

Tabel 7. *Relationship Matrix*

Row#	Functional Requirements Customer Requirements	Kapasitas beban maksimal	Tinggi landasan angkut	Luas area muatan	Ketebalan Material	Jenis Material	Jarak antar roda	Jenis roda	Diameter roda	Tekstur permukaan landasan angkut	Jenis material landasan angkut	Pengunci roda	Tinggi pegangan
1	Alat mempermudah proses pengangkutan	⊖	⊖	⊖			▲	⊖	⊖				⊖
2	Menurunkan beban angkat fisik	⊖	⊖	⊖									
3	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	⊖		⊖	▲	▲							
4	Alat memiliki kekuatan baik				⊖	⊖							
5	Kestabilan alat saat digunakan						⊖	⊖	⊖				
6	Kemudahan mobilitas alat						⊖	⊖	⊖				⊖

Row#	Functional Requirements	Kapasitas beban maksimal	Tinggi landasan angkut	Luas area muatan	Ketebalan Material	Jenis Material	Jarak antar roda	Jenis roda	Diameter roda	Tekstur permukaan landasan angkut	Jenis material landasan angkut	Pengunci roda	Tinggi pegangan
	Customer Requirements												
7	Alat tidak merusak hasil cetakan			○						○	○		
8	Mudah dibersihkan					○				○	○		
9	Aman digunakan				○	○	○					○	
10	Mengurangi postur membungkuk		○										○

c. Target Spesifikasi Teknis

Setelah mengetahui kekuatan hubungan antara kebutuhan pekerja dan pernyataan teknis melalui matriks hubungan, langkah berikutnya yang dilakukan adalah menetapkan target spesifikasi. Hasil akhir dari seluruh rangkaian penyusunan matriks HOQ ini berupa target nilai atau karakteristik teknis spesifik yang akan dijadikan acuan utama dalam proses perancangan alat bantu. Detail target pernyataan teknis yang harus dicapai dalam perancangan alat bantu ini disajikan secara lengkap pada tabel berikut.

Tabel 8. Target Spesifikasi Teknis

No	Spesifikasi Teknis	Target
1	Kapasitas beban maksimal	250 kg
2	Tinggi landasan angkut	Min = 400 mm, Max = 990 mm
3	Luas area muatan	965 x 531 mm
4	Ketebalan material	Minimal 3mm
5	Jenis material	ASTM A36
6	Jarak antar roda	425 mm
7	Jenis roda	Swivel Castor Wheel
8	Diameter roda	158mm
9	Tekstur permukaan landasan angkut	Permukaan rata dan anti slip
10	Jenis material landasan angkut	Galvanised Steel dengan karpet rubber
11	Pengunci roda	Rem kaki injak
12	Tinggi pegangan	990 mm

d. Analisis Kompetitor

Bagian analisis kompetitor ini menyajikan matriks perbandingan (*benchmarking*) antara produk yang akan dirancang dengan kompetitor berdasarkan parameter kebutuhan konsumen menggunakan simbol kotak (□) untuk kategori kuat, lingkaran (○) untuk kategori sedang, dan segitiga (△) untuk kategori lemah. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan pesaing.

Tabel 9. Analisis Kompetitor

Spesifikasi	Nama Produk			Skor		
	Troli Multifungsi Scissor Lift (Hasil Rancangan)	Krisbow Troli Barang	Vestil Steel Truck Double Decker	Troli Multifungsi Scissor Lift	Krisbow Troli Barang	Vestil Steel Truck Double Decker
Kapasitas beban maksimal	250 kg	300 kg	150 kg	□	○	○
Tinggi landasan angkut	Min = 400, Max = 990 mm	155 mm	Min = 140, Max = 660,4 mm	□	△	△
Luas area muatan	965 x 531 mm	910 x 610 mm	686 x 483 mm	□	□	□
Ketebalan material	Minimal 3mm	-	-	□	□	□
Jenis material	ASTM A36	Besi	Baja	□	□	□
Jarak antar roda	425 mm	-	-	□	□	□
Jenis roda	Swivel Castor Wheel	Castor Wheel	Swivel Castor Wheel & Rigid Castor Wheel	□	□	□
Diameter roda	158mm	4 inch	4 inch	□	□	□

Spesifikasi	Nama Produk			Skor		
	Troli Multifungsi Scissor Lift (Hasil Rancangan)	Krisbow Troli Barang	Vestil Steel Truck Double Decker	Troli Multifungsi Scissor Lift	Krisbow Troli Barang	Vestil Steel Truck Double Decker
Tekstur permukaan landasan	Permukaan rata dan anti slip	Permukaan rata dan anti slip	Permukaan rata	□	□	□
Jenis material landasan angkut	Galvanised Steel dengan karpet rubber	Besi dengan karpet rubber vinyl	Steel	□	△	△
Pengunci Roda	Rem kaki injak	-	-	□	○	○
Tinggi Pegangan	990 mm	-	854 mm	□	△	△

Berdasarkan tabel diatas perbandingan rancangan dengan kompetitor menunjukkan bahwa rancangan alat yang diusulkan mampu memenuhi seluruh kebutuhan pelanggan dengan hubungan yang lebih kuat dibandingkan produk kompetitor. Produk kompetitor yaitu Krisbow Troli Barang Lipat dan Vestil Steel Double Decker masih memiliki beberapa hubungan sedang (○) dan lemah (△), terutama pada aspek mengurangi beban angkat fisik, mempermudah proses pengangkutan, tidak merusak hasil cetakan, dan mengurangi postur membungkuk. Dengan demikian, rancangan yang diusulkan dinilai lebih mampu memenuhi kebutuhan pengguna secara keseluruhan.

e. Matriks Perencanaan

Matriks perencanaan terdiri dari *importance to customer*, *customer satisfaction performance*, *goal*, *sales point*, *improvement ratio*, *raw weight* dan *normalized raw weight*. Berikut ini perhitungan dari masing-masing matriks perencanaan:

- 1) Tingkat Kepentingan (*Importance to Customer*) : penilaian responden terhadap tingkat pentingnya setiap atribut kebutuhan pengguna yang menunjukkan sejauh mana atribut kebutuhan dianggap penting untuk dipenuhi.
- 2) Tingkat Kepuasan (*Customer Satisfaction Performance/CSP*): Perhitungan tingkat kepuasan bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan responden terhadap proses pengangkutan yang dilakukan saat ini sebagai dasar dalam perancangan alat bantu angkut lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.
- 3) Nilai Target (*Goal*): tingkat kinerja yang ingin dicapai pada setiap atribut kebutuhan pengguna dalam perancangan alat bantu.
- 4) *Sales Point*: nilai yang menunjukkan kemampuan setiap atribut kebutuhan pengguna dalam meningkatkan daya tarik atau keputusan untuk menggunakan maupun membeli suatu produk.
- 5) Rasio perbaikan: digunakan untuk mengetahui besarnya tingkat perbaikan yang perlu dicapai pada setiap atribut kebutuhan pengguna dalam perancangan alat bantu angkut batako. Perhitungan rasio perbaikan didasarkan pada perbandingan antara nilai target (*goal*) dengan rata-rata tingkat kepuasan customer. Perhitungan rasio perbaikan menggunakan persamaan berikut.
- 6) *Raw Weight*: perhitungan bobot setiap atribut kebutuhan pengguna. Perhitungan raw weight dilakukan berdasarkan tingkat kepentingan pengguna (*importance to customer*), *improvement ratio*, dan *sales point*.
- 7) *Normalized raw weight*: hasil persentase nilai *raw weight* sehingga diperoleh nilai dengan skala 0 sampai 1.

Tabel 10. Matriks Perencanaan

Row#	Functional Requirements					Improvement Ratio	Raw Weight/ Bobot	Normalized Raw Weight	Kepentingan Absolut	Kepentingan Relatif
	Customer Requirements	Tingkat Kepentingan	Tingkat Kepuasan	Sales Point	Goal					
1	Alat mempermudah proses pengangkutan	4,75	2,5	1,5	5	2,0	14,3	12,63	4,75	0,103
2	Menurunkan beban angkat fisik	4,5	2	1,5	5	2,5	16,9	14,95	4,5	0,098
3	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	4,75	3	1,5	5	1,7	11,9	10,52	4,75	0,103
4	Alat memiliki kekuatan baik	4,5	3	1,2	5	1,7	9,0	7,98	4,5	0,098
5	Kestabilan alat saat digunakan	4,5	3	1,2	5	1,7	9,0	7,98	4,5	0,098
6	Kemudahan mobilitas alat	4,75	2,5	1,5	5	2,0	14,3	12,63	4,75	0,103
7	Alat tidak merusak hasil cetakan	4,5	4	1,5	5	1,3	8,4	7,48	4,5	0,098
8	Mudah dibersihkan	4,5	4	1,2	5	1,3	6,8	5,98	4,5	0,098
9	Aman digunakan	4,75	4	1,5	5	1,3	8,9	7,89	4,75	0,103
10	Mengurangi postur membungkuk	4,5	2,5	1,5	5	2,0	13,5	11,96	4,5	0,098

f. Penentuan Prioritas Spesifikasi Teknis

Prioritas spesifikasi teknis ditentukan berdasarkan nilai tingkat kepentingan relatif yang diperoleh dari matriks *House of Quality*. Nilai ini dihitung dari perkalian antara bobot kebutuhan konsumen (*Raw Weight*) dengan tingkat hubungan (*Relationship Matrix*) pada masing-masing spesifikasi teknis. Spesifikasi teknis dengan persentase kepentingan relatif terbesar mendapatkan peringkat (*rank*) tertinggi sebagai fokus utama perancangan.

Tabel 11. Prioritas Spesifikasi Teknis

Row#	Functional Requirements Customer Requirements	Kapasitas beban maksimal	Tinggi landasan angkut	Luas area muatan	Ketebalan Material	Jenis Material	Jarak antar roda	Jenis roda	Diameter roda	Tekstur permukaan landasan angkut	Jenis material landasan angkut	Pengunci roda	Tinggi pegangan	Raw Weight
1	Alat mempermudah proses pengangkutan	○	○	○			▲	○	○				○	14,3
2	Menurunkan beban angkat fisik	○	○	○										16,9
3	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	○		○	▲	▲								11,9
4	Alat memiliki kekuatan baik				○	○								9,0
5	Kestabilan alat saat digunakan						○	○	○					9,0
6	Kemudahan mobilitas alat						○	○	○				○	14,3
7	Alat tidak merusak hasil cetakan			○						○	○			8,4
8	Mudah dibersihkan					○				○	○			6,8
9	Aman digunakan				○	○	○					○		8,9
10	Mengurangi postur membungkuk		○										○	13,5
Tingkat Kepentingan Absolut		387	401,6	462,6	119,6	180,3	218,2	283,5	283,5	136,7	136,7	80,16	292,5	

Tingkat Kepentingan Relatif	12,9 8	13,4 7	15,5 1	4,01	6,05	7,31	9,51	9,51	4,58	4,58	2,69	9,81
Rank	3	2	1	11	8	7	5	6	9	10	12	4

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 10, penentuan prioritas spesifikasi teknis diurutkan berdasarkan nilai tingkat kepentingan relatif tertinggi. Spesifikasi teknis yang menjadi fokus utama dalam perancangan alat bantu ini adalah luas area muatan dengan kontribusi terbesar yaitu 15,51% (Rank 1), diikuti oleh tinggi landasan angkut sebesar 13,47% (Rank 2), dan kapasitas beban maksimal sebesar 12,98% (Rank 3). Ketiga atribut tersebut menunjukkan bahwa pengembangan produk diprioritaskan pada peningkatan efisiensi angkut serta perbaikan postur kerja ergonomis guna meminimalkan risiko cedera fisik pekerja. Sebaliknya, atribut pengunci roda (2,69%, Rank 12) memperoleh nilai terendah karena fungsinya sebagai fitur tambahan dibandingkan fungsi utama pengangkutan.

Spesifikasi teknis hasil QFD dirancang untuk menjawab permasalahan ergonomi pekerja di lapangan. Mekanisme scissor lift dengan ketinggian 400–990 mm memperbaiki postur membungkuk yang sebelumnya memicu skor REBA (4–10). Penggunaan rangka baja ASTM A36 berkapasitas 250 kg menggantikan aktivitas angkat manual menjadi mekanis, sehingga mengurangi beban kerja pada pinggang, punggung, dan lengan. Sementara itu, ukuran landasan (965 x 531 mm) dan tinggi pegangan (990 mm) dapat mengurangi frekuensi pengangkutan sekaligus mengurangi kelelahan betis.

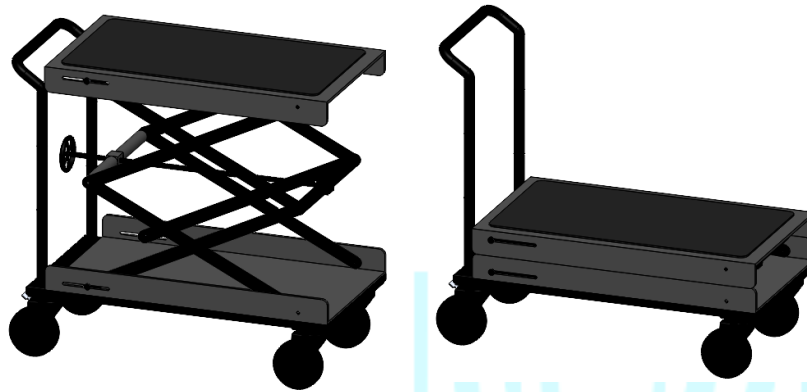
g. Hasil Perancangan

Hasil NBM menunjukkan bahwa pekerja mengalami keluhan muskuloskeletal yang tinggi, sehingga dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode REBA untuk mengidentifikasi aktivitas dengan tingkat risiko postur kerja. Hasil REBA menunjukkan bahwa aktivitas membawa dan meletakkan material maupun hasil cetakan memiliki tingkat risiko sedang hingga tinggi sehingga memerlukan perbaikan. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan analisis menggunakan QFD untuk menerjemahkan kebutuhan pekerja ke dalam karakteristik teknis alat. Selanjutnya, untuk memastikan alat bantu dirancang secara ergonomis, ukuran dimensi alat ditentukan berdasarkan data antropometri tubuh pekerja. Rekapitulasi penentuan dimensi alat bantu dapat dilihat pada Tabel

Tabel 12. Data Antropometri Perancangan Alat Bantu

Dimensi Alat Bantu	Ukuran (mm)	Data Antropometri	Persentil	Alasan
Tinggi Maksimum Landasan Angkut	990	Tinggi Siku Berdiri	50 th	Memastikan posisi lengan pekerja membentuk sudut 90° saat mendorong alat sehingga mengurangi beban pada bahu dan punggung
Tinggi Pegangan	990	Tinggi Siku Berdiri	50 th	Memastikan posisi puncak landasan angkut sejajar dengan tinggi siku agar pekerja tidak perlu membungkuk
Lebar Pegangan	480	Lebar Bahu	95 th	Memastikan ruang pegangan cukup lebar dan nyaman bagi pekerja
Diameter Pegangan	3,4	Diameter Genggaman Tangan	50 th	Memastikan ukuran diameter pegangan pas di genggaman tangan pekerja

Hasil QFD menunjukkan bahwa pekerja membutuhkan alat yang dapat mempermudah pengangkutan, mengurangi beban angkat fisik, dan mengurangi postur membungkuk. Oleh karena itu, dirancang troli dengan mekanisme scissor lift sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan pekerja sekaligus menurunkan risiko postur kerja. Desain alat bantu ini dibuat berdasarkan hasil analisis REBA dan QFD, kemudian dirancang menggunakan *software* SolidWorks. Desain terdiri atas dua bagian utama, yaitu chassis dan mekanisme scissor lift. Berikut ini adalah hasil rancangan alat bantu yang dibuat.

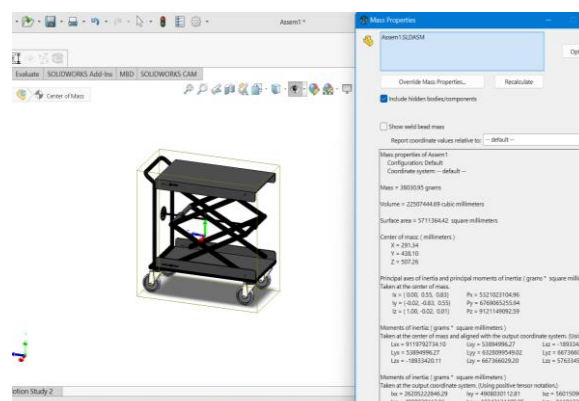


Gambar 4. Desain Alat Bantu

Berdasarkan hasil QFD, salah satu respon teknis yang diprioritaskan adalah kapasitas beban maksimal. Selain itu, pada customer needs juga terdapat kebutuhan akan kestabilan alat saat digunakan. Oleh karena itu, dilakukan simulasi statis menggunakan *SolidWorks Simulation* untuk mengevaluasi kekuatan struktur serta analisis *center of mass* untuk mengetahui kestabilan alat. Hasil simulasi menunjukkan nilai *factor of safety* minimum sebesar 2,1, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap beban kerja yang diberikan (Rosalina et al., 2025). Sementara itu, hasil analisis *center of mass* menunjukkan titik pusat massa berada pada koordinat $X = 291,34$ mm, $Y = 438,10$ mm, dan $Z = 507,26$ mm. Posisi *center of mass* yang berada di dalam area tumpuan roda menunjukkan bahwa distribusi massa alat berada pada posisi yang stabil sehingga mendukung kestabilan alat saat digunakan (Vargovská et al., 2026). Berikut ini gambar hasil simulasi Solidworks dan posisi *center of mass*.



Gambar 6. Factor of Safety

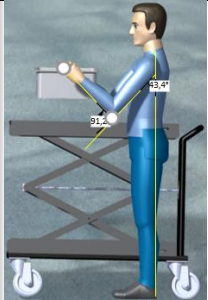
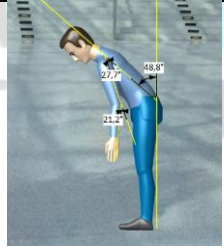
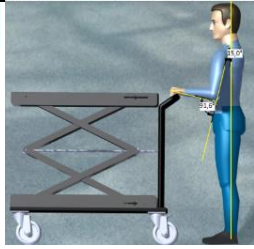
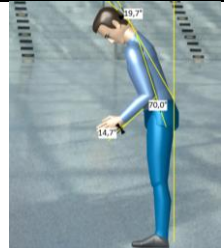
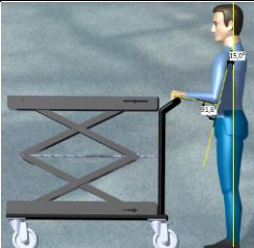


Gambar 7. Center of Mass

3.4 Simulasi Desain Menggunakan CATIA

Simulasi desain menggunakan modul *Human Builder* pada *software* CATIA dilakukan untuk memvalidasi dan mengevaluasi dampak penerapan alat bantu baru terhadap postur tubuh pekerja. Pengujian ini menggunakan manekin virtual seluruh tubuh (*Whole Body*) berjenis kelamin laki-laki dengan skala Persentil 50 dan acuan populasi Japanese, yang dinilai paling mendekati karakteristik antropometri rata-rata pekerja Indonesia. Melalui simulasi virtual ini, perubahan posisi tubuh serta sudut-sudut sendi yang rawan cedera dapat dievaluasi secara presisi untuk memastikan terjadinya perbaikan postur kerja yang signifikan, dari kondisi awal yang berisiko tinggi menjadi kondisi baru yang aman, ergonomis, serta bebas dari risiko cedera otot.

Tabel 13. Simulasi CATIA

Stasiun Kerja	Aktivitas		
	1	2	3
Pencampuran Material	 (Mengambil)	 (Membawa)	 (Meletakkan)
Pencetakan Batako & Paving Bata	 (Mencetak)	 (Membawa)	 (Meletakkan)
Pencetakan Paving Hexagonal	 (Mencetak)	 (Membawa)	 (Meletakkan)

Bagian ini akan menampilkan perbandingan tingkat risiko ergonomi antara cara kerja lama (eksisting) dengan metode baru setelah menggunakan alat bantu. Efektivitas dari rancangan alat ini diukur berdasarkan perubahan skor akhir REBA pada kegiatan pencampuran material. Dari hasil olah data pada simulasi sebelumnya, perbandingan nilai skor risiko kerja untuk operator dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 14. Perbandingan Skor Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Stasiun Kerja	Kegiatan	Skor Sebelum	Skor Sesudah	Kesimpulan
Pencampuran Material	Mengambil	4	2	Tindakan perbaikan mungkin diperlukan, tidak mendesak
	Membawa	5	1	Tidak diperlukan tindakan perbaikan lanjutan
	Meletakkan	6	3	Tindakan perbaikan mungkin diperlukan, tidak mendesak

Stasiun Kerja	Kegiatan	Skor Sebelum	Skor Sesudah	Kesimpulan
Pencetakan Batako & Paving Bata	Mencetak	3	3	Tidak ada perubahan karena tidak dilakukan perbaikan
	Membawa	5	1	Tidak diperlukan tindakan perbaikan lanjutan
	Meletakkan	10	5	Tindakan perbaikan tetap diperlukan
Pencetakan Paving Hexagonal	Mencetak	2	2	Tidak ada perubahan karena tidak dilakukan perbaikan
	Membawa	5	1	Tidak diperlukan tindakan perbaikan lanjutan
	Meletakkan	9	5	Tindakan perbaikan tetap diperlukan

Berdasarkan hasil penilaian REBA, penerapan alat bantu kerja mampu menurunkan tingkat risiko postur kerja pada sebagian besar aktivitas. Pada stasiun pencampuran material, seluruh aktivitas mengalami penurunan dari kategori risiko sedang kategori risiko rendah. Pada stasiun pencetakan batako dan paving bata, aktivitas membawa hasil cetakan turun menjadi risiko rendah, sedangkan aktivitas meletakkan hasil cetakan turun dari skor 10 menjadi 5 sehingga masuk kategori risiko sedang. Pada stasiun pencetakan paving hexagonal, aktivitas membawa hasil cetakan juga turun menjadi risiko rendah, sementara aktivitas meletakkan hasil cetakan mengalami penurunan dari skor 9 menjadi 5 dan masih berada pada kategori risiko sedang. Adapun aktivitas mencetak pada kedua stasiun tidak mengalami perubahan karena tidak dilakukan perbaikan pada metode kerja. Secara keseluruhan, alat bantu yang dirancang efektif dalam mengurangi risiko postur kerja, meskipun aktivitas peletakan hasil cetakan masih memerlukan perbaikan lebih lanjut.

4. PENUTUP

Hasil identifikasi keluhan NBM dan evaluasi postur kerja REBA menunjukkan bahwa seluruh stasiun kerja berada pada kategori risiko tinggi, dengan rata-rata skor NBM sebesar 72 dan skor REBA awal berkisar antara 3 hingga 10. Keluhan muskuloskeletal paling dominan dirasakan oleh pekerja pada bagian betis, lengan, pinggang, punggung, dan lutut, di mana tingkat risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas meletakkan hasil cetakan dengan skor REBA 9–10 yang memerlukan perbaikan segera.

Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, dihasilkan rancangan troli lipat multifungsi *scissor lift* dengan spesifikasi teknis utama yang disesuaikan pada kebutuhan pekerja. Alat bantu ini dirancang menggunakan material ASTM A36 dan Galvanised Steel untuk bagian landasan angkut. Alat yang dirancang memiliki kapasitas beban maksimal hingga 250 kg. Spesifikasi dimensi fisik troli meliputi landasan muatan berukuran 965 x 531 mm dengan ketinggian landasan angkut yang dapat diatur mulai dari 400 mm hingga 990 mm. Troli ini juga dilengkapi dengan pegangan setinggi 990 mm berdiameter 3,4 mm, serta menggunakan roda jenis swivel castor wheel berdiameter 158 mm untuk kelancaran mobilitas.

Validasi keamanan menggunakan SolidWorks Simulation menunjukkan bahwa rancangan alat bantu ini aman dan stabil untuk digunakan, dengan nilai Factor of Safety (FoS) sebesar 2,1 serta titik berat (Center of Mass) yang berada di dalam area tumpuan roda ($X = 291,34$ mm; $Y = 438,10$ mm; $Z = 507,26$ mm). Evaluasi ulang postur kerja berbasis simulasi CATIA membuktikan bahwa tingkat risiko mayoritas aktivitas berhasil turun ke kategori rendah, serta menekan risiko aktivitas meletakkan hasil cetakan dari kategori tinggi menjadi sedang (skor REBA turun dari 9–10 menjadi 5).

Penerapan alat bantu ini membutuhkan estimasi biaya awal sekitar Rp2.500.000–Rp3.500.000 per unit, yang berpotensi memberikan keuntungan jangka panjang berupa penurunan risiko cedera kerja dan peningkatan efisiensi produksi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan analisis kelayakan finansial secara rinci (seperti perhitungan *Payback Period* atau *Return on Investment*) serta merealisasikan pembuatannya ke dalam bentuk prototipe fisik guna memvalidasi manfaat alat secara langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, H. O., Adejuyigbe, S. B., Adetifa, B. O., Akinyemi, O. O., & Martins, O. O. M. (2020). Safe Lifting Ergonomics Program For Truck-loaders In Nigerian Block Making Industries : A Multi-Site Case Study With Qualitative and Econometric Analyses. *Scientific African*, 8, e00317. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00317>
- Al-khiami, M. I., & Lindhard, S. M. (2026). Investigating the effects of back-support exoskeletons on work posture : An automated AI-based NIOSH measurement using YOLO. *Applied Ergonomics*, 135, 104766. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2026.104766>
- Arista, A. (2022). Penerapan Quality Function Deployment Pada Perancangan Jig Main Di PT.X. *Jurnal Universal Technic*, 1(2), 60–70. <https://doi.org/10.58192/unitech.v1i2.391>
- Darmawan, W. A. D., & Widhiastuty, N. L. P. S. (2022). Penerapan Prinsip Ergonomis Dalam Proses Menyiapkan Tempat Tidur Tamu Oleh Pramugraha Di Hotel Catur Adi Putra Denpasar Bali. *Journal of Tourism and Interdisciplinary Studies (JoTIS)*, 2(2), 110–117.
- Djaali, N. A., & Fajriah, D. S. (2020). Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Postur Kerja Karyawan di Kantor Pusat. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 12(September), 159–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.37012/jik.v12i2.390>
- Geng, X., Li, Y., Wang, D., & Zhou, Q. (2024). A Scenario-Driven Sustainable Product and Service System Design For Elderly Nursing Based On QFD. *Advanced Engineering Informatics*, 60(December 2023), 102368. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102368>
- Gutierrez, M. H., Galan, M. G., Perez, M. D., & Ferre, A. J. C. (2020). An Overview of REBA Method Applications in the World. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082635>
- Kurniawati, A. T., Dwiyaniti, E., Ningtiyas, S. F., Alfayad, A., & Airlangga, U. (2024). Hubungan Postur Kerja dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders pada Pekerja Pabrik Tahu X di Banyuwangi Tahun 2023 The Relationship between Work Posture and Complaints of Musculoskeletal Disorders in Tofu Factory Workers X in Banyuwangi 2023. *Media Gizi Kesmas*, 13(2), 614–620. <https://doi.org/https://doi.org/10.20473/mgk.v13i2.2024.614-620>
- Maulana, I., Zakaria, M., Sayuti, M., & Fadilla, M. (2025). Evaluasi Risiko Ergonomi Pada Postur Kerja Pengrajin Batu Bata Di Desa Gampong Baro Menggunakan Metode Rapid Entire Body Assesment (REBA). *Industrial Engineering Journal*, 14(2), 49–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.xxx>
- Maulana, S. U., Handoyo, Y., & Supratno, S. (2022). Pelatihan Solidworks Untuk Mendesain Benda Kerja di Desa Wanasari. *Jurnal Bakti Bagi Bangsa*, 1(2), 120–126. <https://doi.org/10.33558/an-nizam.v1i2.3620>
- Organization, W. H. O. and I. L. (2016). *WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016*. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/monitoring/who-ilo-joint-estimates>
- Prasetyo, A., Sihole, A. T. P., Khairunisa, M. D., Najibbulloh, M., & Atmayati, R. (2025). Implementasi Software Solidworks dalam Perancangan Produksi Lemari untuk Efisiensi Waktu Produksi. *Scientifc Journal of Reflection*, 8(1), 164–169. <https://doi.org/10.37481/sjr.v8i1.1030>
- Rahmahwati, R., Wahyudi, T., & Uslianti, S. (2021). Perbaikan Tingkat Risiko Musculoskeletal Disorders Berdasarkan Pendekatan Nordic Body Map dan Rapid Upper Limb Assessment Pada Hasil Rancang Bangun Mesin Roasting Kopi Digital Otomatis. *Jurnal Rekayasa Sistem Industr*, 10(2), 191–200. <https://doi.org/https://doi.org/10.26593/jrsi.v10i2.4694>

- Rohmatin, Y. Y., Wahyuni, R. S., & Raharja, M. (2024). Analisis Indikasi Resiko Postur Pengguna Desain Meja Belajar Portabel. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.21009/JKEM.9.1.1>
- Rosalina, A., Ubaidillah, A. S., Bisono, F., & Emilia, W. (2025). Design of a Hydraulic System for a Glycerin Waste Mixer Machine Using Finite Element Method. *Energy : Jurnal Ilmiah Ilmu Ilmu Teknik*, 15(2), 268–282. <https://doi.org/10.51747/energy.v15i2.15212>
- Strasser, H. (2022). Compatibility as guiding principle for ergonomics work design and preventive occupational health and safety. *Wissenschaftliche Beiträge*, 76, 243–277. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00243-0>
- Utku, D. H., GÜNER, G. G., ALTUĞ, G., & GÜNEY, A. (2021). An Ergonomic Classroom Design Application at a University in Turkey. *Verimlilik Dergisi Journal of Productivity*, 4, 89–102. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.825104>
- Vargovská, M., Ciert'ažský, R., & Pivarčiová, E. (2026). Innovative Stability Design for a Specialized Handling Trolley for Sampling Devices. *Machines*, 1–21. <https://doi.org/10.3390/machines14010016>
- Wibisono, G., Sukmono, Y., & Pawitra, T. A. (2023). Analisis Perbaikan Postur Kerja pada Aktivitas Pembuatan Batako dengan Metode Rapid Entire Body Assessment. *Jurnal Teknik Industri (JATRI)*, 1(1), 18–28. <https://doi.org/10.30872/jatri.v1i1.491>
- Wijaya, M. A., Siboro, B. A. H., & Purbasari, A. (2016). Analisa Perbandingan Antropometri Bentuk Tubuh Mahasiswa Pekerja Galangan Kapal dan Mahasiswa Pekerja Elektronika. *Profisiensi*, 4(2), 108–117.
- Zheng, Z., Wang, C., & Hu, J. (2026). A Markerless Vision-Based 3D Measurement System For Postural Risk Assesment of Stonemasonry Workers Using MotionBERT and REBA. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 278, 121589. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2026.121589>