



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri



Perancangan Alat Pengangkut Telur yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Ergonomi dan *Value engineering*

Andrian Anwar¹, Nurul Hudaningsih*²

rian clever09@gmail.com¹, nurul.hudaningsih@uts.ac.id*²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Sistem, Universitas Teknologi Sumbawa

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 11 – July – 2024

Revised : 19 – Agustus – 2024

Accepted : 19 - Agustus – 2024

Kata kunci :

%CVL, Eggs transport tools, Material handling, Musculoskeletal pain, Worker well-being

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format:

Anwar, A., & Hudaningsih, N. (2024). Perancangan Alat Pengangkut Telur yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Ergonomi dan Value engineering. *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Industri)*, 6(2), 146-159.

Abstract

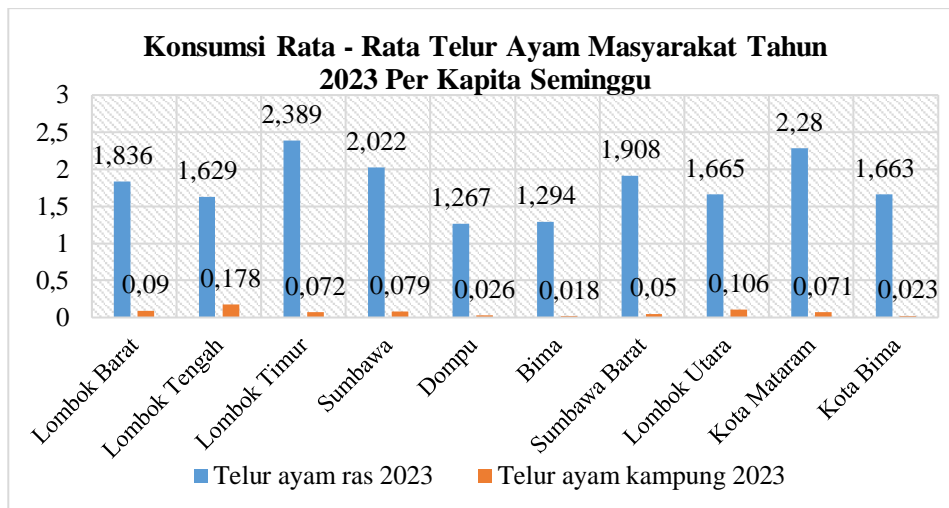
Food, especially eggs, is essential and increasingly demanded in Indonesia. High egg consumption in Sumbawa boosts distribution needs, necessitating in-depth ergonomic research to reduce musculoskeletal pain risks for workers. Identifying workload and ergonomic risks is crucial in material handling studies. With %CVL ranging from 14.8%-27.1%, the design of egg-lifting tools and value engineering methodologies are required for cost optimization and safety. This study designs and evaluates ergonomic aids for egg transportation. The quantitative research at UD. Saudaraku, Sumbawa, employs %CVL > 22% and value engineering methods to design ergonomic egg transport tools. The sample includes three workers with a pulse rate > 170 bpm, with measurements taken using a pulse oximeter and MSDs questionnaires. The study identifies issues with manual methods and heavy loads in egg handling, causing fatigue and pain in 100% of workers. Evaluation reveals cardiovascular fatigue risks with %CVL between 32.7%-34.4%. The ergonomic tool design enhances efficiency, reduces physical complaints, and supports worker productivity and well-being.

Abstrak

Pangan, khususnya telur, esensial dan meningkat dibutuhkan di Indonesia. Tingginya konsumsi telur di Sumbawa meningkatkan distribusi, memerlukan penelitian ergonomi mendalam untuk mengurangi risiko nyeri *musculoskeletal* pekerja. Identifikasi beban kerja dan risiko ergonomi penting dalam studi *material handling*, dengan intervensi %CVL 14,8%-27,1%, memerlukan perancangan alat angkat telur dan metodologi *value engineering* untuk optimasi biaya dan *safety factor*. Studi ini merancang dan mengevaluasi alat bantu ergonomis untuk pengangkutan telur. Penelitian kuantitatif ini di UD. Saudaraku, Sumbawa, menggunakan %CVL > 22% dan metode *value engineering* untuk merancang alat angkut telur ergonomis. Sampel terdiri dari tiga pekerja dengan denyut nadi > 170 bpm, dan pengukuran dilakukan menggunakan *pulse oximeter* dan kuesioner MSDs. Studi ini mengidentifikasi masalah pada metode manual dan beban berat dalam *material handling* telur, menyebabkan kelelahan dan nyeri pada 100% pekerja. Evaluasi menunjukkan risiko kelelahan kardiovaskular dengan %CVL 32,7%-34,4%. Desain alat bantu ergonomis meningkatkan efisiensi, mengurangi keluhan fisik, dan mendukung produktivitas serta kesejahteraan pekerja.

1. Pendahuluan

Pangan adalah kebutuhan dasar manusia yang esensial untuk kualitas hidup. Pasokan pangan yang mencukupi, baik kuantitas maupun kualitas, penting untuk keberlangsungan hidup [1]. Telur, sebagai sumber protein hewani yang terjangkau dan bergizi, semakin diminati di Indonesia akibat meningkatnya kesadaran akan pentingnya protein hewani [2].



Gambar 1. Konsumsi Rata - Rata Telur Ayam Masyarakat Tahun 2023 Perkapita Seminggu

(Sumber: Kelompok Telur Sumbawa, 2023)

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), Kabupaten Sumbawa menempati peringkat ketiga dalam konsumsi telur dengan rata-rata 2.002 butir per kapita. Tingginya minat masyarakat terhadap telur mendorong pertumbuhan usaha distribusi, salah satunya UD. Saudaraku, yang didirikan pada 2016 oleh Ari Djatmiko. UD. Saudaraku, yang menyuplai telur dari Pulau Bali dengan volume bulanan 15.000-22.500 kg, menggunakan 4 pekerja untuk distribusi manual ke toko ritel dan pasar tradisional di Sumbawa. Setiap hari, distribusi mencapai 450-1.125 kg telur (Gambar 1).



Gambar 2. Posisi Pekerja saat Angkat Telur di *Egg tray*
(Sumber: Observasi, 2023)

Pekerja mengangkat telur dengan beban 13-15 kg per angkatan secara manual, dilakukan berulang setiap 30-45 menit. Hasil wawancara dan survei gangguan otot tulang rangka (GOTRAK) menunjukkan keluhan nyeri di bahu, siku, paha, lengan, tangan, dan punggung bawah. Menurut Temitayo dkk (2023) [3] mengindikasikan bahwa pekerjaan manual dengan beban berat dan metode yang tidak ergonomis dapat menyebabkan nyeri dan gangguan *musculoskeletal* (Gambar 2). Penelitian mendalam diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengurangi risiko ergonomi, guna meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja.

Studi menurunkan risiko ergonomi dapat dilakukan menggunakan identifikasi *Cardiovascular Load* (%CVL) dengan perbandingan kondisi eksisting dengan kondisi usulan rancangan kerja, dimana nilai intervensi antara 14,8% hingga 27,1% [4]. Studi insiden faktor area tubuh saat *material handling* 21,8% kejadian saat kerja, area spading 33,2% dan *loading* serta *unloading* sebesar 19,1%. [5]. studi beban kerja yang tinggi mempengaruhi skor kelelahan saat durasi kerja 8 jam sebesar 1%, dan usia dibawah 40 tahun hanya dipengaruhi dampak beban kerja angkat – angkut sebesar 0,01% [6]. Studi angkat – angkut saat bekerja dengan denyut nadi rata – rata tertinggi sebesar 106,5 denyut per menit dan efisiensi %CVL sebesar 50,34% [7]. Studi pengukuran beban kerja nilai tertinggi sebesar 63,09 denyut per menit saat pukul 10.00 WIB dengan kategori beban *overload* [8]. Dengan pertimbangan beban kerja ini sangat relevan di implementasikan dalam studi kasus beban kerja pada pengangkutan telur. Namun, ketika telah diberikan sistem ergonomi yang tepat, kurang lengkap jika belum melakukan perancangan alat angkat telur yang tepat. Untuk itu, dengan optimasi biaya diperlukan metodologi *value engineering* dalam rancangan tersebut dan menentukan *safety factor*.

Studi ini mengidentifikasi masalah pada aktivitas *material handling* pekerja pengangkutan telur, merancang alat bantu yang ergonomis untuk mengurangi kelelahan fisik dan risiko kelelahan kardiovaskular, serta mengevaluasi efektivitas alat dari segi performa, biaya, dan faktor keamanan. Penelitian ini menawarkan alat pengangkut telur ergonomis yang meningkatkan kinerja, mengurangi cedera, dan memperkuat teori ergonomi dalam industri.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif pada UD. Saudaraku Kabupaten Sumbawa, Indonesia dalam mengukur *Cardiovascular Load* (%CVL) > 22,00% dinyatakan

perlu perbaikan dan menerapkan *Value engineering* untuk mendesain prototype alat angkut telur [4], [9], [10]. Untuk mengurangi beban kerja saat proses pengangkatan telur melalui perancangan produk alat angkut telur yang lebih aman dengan pendekatan *safety factor* dengan interval 1,00 sampai 1,35 untuk parsial dan lebih dari 1,351 dinyatakan faktor keamanan sudah cukup [11]–[13].

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja yang bertugas mengangkat telur di UD. Saudaraku, Kabupaten Sumbawa. Dari populasi tersebut, tiga pekerja dipilih sebagai sampel penelitian berdasarkan kriteria peningkatan denyut nadi saat bekerja yang melebihi 170 denyut per menit, serta nilai *Cardiovascular Load* (%CVL) yang lebih dari 22,00% [7]. Pemilihan sampel ini didasarkan pada pertimbangan kondisi fisiologis yang menunjukkan beban kerja fisik yang berbahaya, sehingga relevan untuk dianalisis dalam upaya perancangan alat angkut telur yang lebih ergonomis [14], [15].

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengukuran *Cardiovascular Load* (%CVL) dan denyut nadi maksimum pekerja selama proses pengangkatan telur [16]. Denyut nadi diukur menggunakan *pulse oximeter fingertip* detak jantung untuk mendapatkan data fisiologis secara akurat [15], [17]. Selain itu, instrumen penelitian juga meliputi skala penilaian keluhan fisik yang dirasakan oleh pekerja saat mengangkat telur, di mana skor keluhan diukur menggunakan kuesioner *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang disusun berdasarkan metode skala Likert 1- 5 [18], [19]. Kuesioner ini mengukur tingkat keluhan pekerja terkait beban kerja fisik, seperti rasa sakit, kelelahan, dan ketidaknyamanan. Data dari kedua instrumen ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas desain produk alat angkut telur yang diusulkan melalui metodologi *value engineering*.

2.4 Prosedur Penelitian

Tahap pertama yang perlu dilakukan dalam proses perbaikan adalah dengan mengevaluasi *manual handling* pekerja ketika proses mengangkat telur dilakukan [19], [20]. Proses evaluasi dilakukan melalui beberapa langkah tersistematis antara lain yaitu, melakukan wawancara langsung kepada pihak terkait (kepala UD dan pekerja pengangkut telur) dan melakukan pengamatan secara langsung kegiatan pengangkutan telur untuk mengetahui potensi awal risiko ergonomis yang berpotensi dialami oleh pekerja ketika melakukan aktifitas tersebut. Pengolahan data GOTRAK dilakukan untuk mengetahui keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang dirasakan pekerja dengan menyebarkan

kuisisioner kepada pekerja pengangkutan telur [21]. Kuesioner GOTRAK berisi tentang informasi karakteristik pekerja, indikasi kelelahan fisik atau mental pekerja, tingkat keluhan nyeri pada 12 titik tubuh pekerja beserta frekuensi rasa nyeri yang dirasakan [18], [22]. evaluasi hasil GOTRAK dilakukan dengan sebagai langkah tersistematis dalam mengetahui penyebab dan akar permasalahan berupa keluhan yang dialami pekerja pengangkutan telur. Evaluasi ini dilakukan dengan melihat potensi tingkat keluhan berdasarkan skor GOTRAK tertinggi. perhitungan fisiologi kerja yang dilakukan melalui pengamatan dan pengambilan data fisiologi berupa data denyut nadi sebelum dan sesudah pekerja menggunakan alat tensimeter. Data ini diperlukan untuk melakukan analisis fisiologi pekerja ketika melakukan pengangkutan telur menggunakan metode *cardiovascular load* (%CVL) pada fisiologi kerja [23], [24]. Evaluasi hasil perhitungan %CVL pada fisiologi kerja dilakukan sebagai langkah tersistematis dalam mengetahui penyebab dan akar permasalahan berupa keluhan yang dialami pekerja pengangkutan telur. Evaluasi ini dilakukan dengan melihat potensi tingkat keluhan berdasarkan skor %CVL tertinggi. Hasil dari evaluasi akan menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan perancangan alat pengangkut telur yang ergonomis untuk mengurangi risiko beban pada pekerja pengangkut telur. perancangan design alat pengangkut telur dengan menggunakan metode *value engineering* [25], [26]. Perancangan ini meliputi beberapa tahapan meliputi tahap informasi, tahap analisis, tahap kreatif, tahap evaluasi, tahap pengembangan, dan tahap rekomendasi [27].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Evaluasi *Material handling* Pekerja

Evaluasi *material handling* pekerja diperoleh faktor yang mempengaruhi aktivitas *material handling* pekerja meliputi metode dan material. Dimana penyebabnya antara lain kapasitas pengangkutan masih dilakukan secara manual dan berulang-ulang serta material yang berat dan mudah pecah jika diangkut secara manual.

3.2 Hasil Keluhan GOTRAK dan Tingkat Risiko

Durasi kerja pekerja pengangkutan telur bervariasi, dengan 33% pekerja memiliki masa kerja antara 3 bulan hingga 1 tahun, dan 66% lainnya bekerja selama 1-5 tahun. Sebanyak 66% pekerja tidak pernah mengalami kelelahan mental selama bekerja, sementara 33% lainnya terkadang merasakannya. Namun, seluruh pekerja (100%) sering mengalami kelelahan fisik saat bekerja. Selain itu, semua pekerja (100%) juga melaporkan mengalami keluhan rasa nyeri.

Tabel 1. Skor Keluhan Angkut Telur

Anggota Tubuh	Keluhan Skor Angkut Telur								
	Pekerja 1			Pekerja 2			Pekerja 3		
	F	S	T	F	S	T	F	S	T
Leher	1	1	1	2	4	4	2	4	4
Bahu Kanan	2	2	4	2	4	4	2	4	4
Bahu Kiri	2	2	4	2	2	4	2	2	4
Siku Kanan	2	4	4	1	1	1	1	1	1
Siku Kiri	2	4	4	1	1	1	1	1	1
Punggung Atas	1	1	1	2	4	4	2	4	4
Punggung Bawah	2	4	4	2	4	4	2	4	4
Lengan Kanan	3	3	9	3	3	9	3	3	9
Lengan Kiri	3	3	9	3	3	9	3	3	9
Tangan Kanan	3	3	9	3	3	9	3	3	9
Tangan Kiri	3	3	9	3	3	9	3	3	9
Pinggul Kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pinggul Kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Paha Kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Paha Kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lutut Kanan	2	2	4	2	2	4	2	2	4
Lutut Kiri	2	2	4	2	2	4	2	2	4
Betis Kanan	3	3	9	3	3	9	3	3	9
Betis Kiri	3	3	9	2	4	4	2	4	4
Kaki Kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaki Kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Keterangan: F = Frekuensi S = Tingkat Sakit T = Hasil Penilaian
 (Sumber: olah data, 2024)

Evaluasi dilakukan terhadap dua faktor utama, yaitu metode, mesin (alat), dan material. Ditemukan akar permasalahan yang meliputi pengangkutan yang dilakukan secara manual dan berulang-ulang, penggunaan media angkat yang hanya berupa tali, serta material telur yang rapuh. Kondisi ini mengharuskan pekerja untuk memberikan perhatian ekstra saat mengangkat telur, yang pada akhirnya memperlambat waktu pengangkutan. Untuk perbaikan, disarankan untuk membuat alat bantu yang dapat mengurangi beban kerja, serta menyusun standar operasional prosedur yang lebih sistematis. Studi keluhan pekerja ini searah dengan temuan Hutabarat dkk (2023) [28], menyatakan beban kerja berkontribusi terhadap skor keluhan mereka yang dipengaruhi oleh jenis kelamin yang didominasi laki – laki. Studi ini juga searah dengan Brillinger dkk (2024) [29], menyatakan efektifitas pengukuran keluhan sesuai dengan frekuensi observasi dengan tingkat rasa sakit maksimal dengan skor 4.

3.3 Klasifikasi *Cardiovascular Load* (%CVL)

Klasifikasi *Cardiovascular Load* (%CVL), pekerjaan pengangkutan telur menunjukkan adanya variasi beban kerja kardiovaskular di antara para pekerja. Win dan Yuda, dengan masing-masing %CVL sebesar 32,7% dan 34,4%, masuk dalam kategori "Diperlukan Perbaikan", yang menunjukkan bahwa mereka mengalami beban kerja yang memerlukan intervensi untuk mengurangi potensi kelelahan.

Tabel 2. Klasifikasi *Cardiovascular Load* (%CVL)

No	Jenis Pekerjaan	Nama Pekerja	Umur (tahun)	Denyut Nadi Maksimum/ menit	%CVL	Klasifikasi CVL
1		Win	48	172	32,7%	Diperlukan Perbaikan
2	Pengangkutan Telur	Yunan	28	192	22%	Tidak Terjadi Kelelahan
3		Yuda	43	179	34,4%	Diperlukan Perbaikan

(Sumber: olah data, 2024)

Sebaliknya, Yunan, dengan %CVL sebesar 22%, diklasifikasikan dalam kategori "Tidak Terjadi Kelelahan," yang menunjukkan beban kerja yang lebih ringan dan tidak memerlukan perbaikan. Dominasi pada kategori yang memerlukan perbaikan menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengurangi beban kerja bagi sebagian besar pekerja. Studi ini searah dengan temuan Dias dkk (2023) [9], mengungkapkan %CVL > 22,00% mengakibatkan risiko penyakit kardiovaskular dari pekerja angkat telur, dan sering terjadi pada industri manufaktur.

3.4 Perancangan Alat menggunakan *Value Engineering*

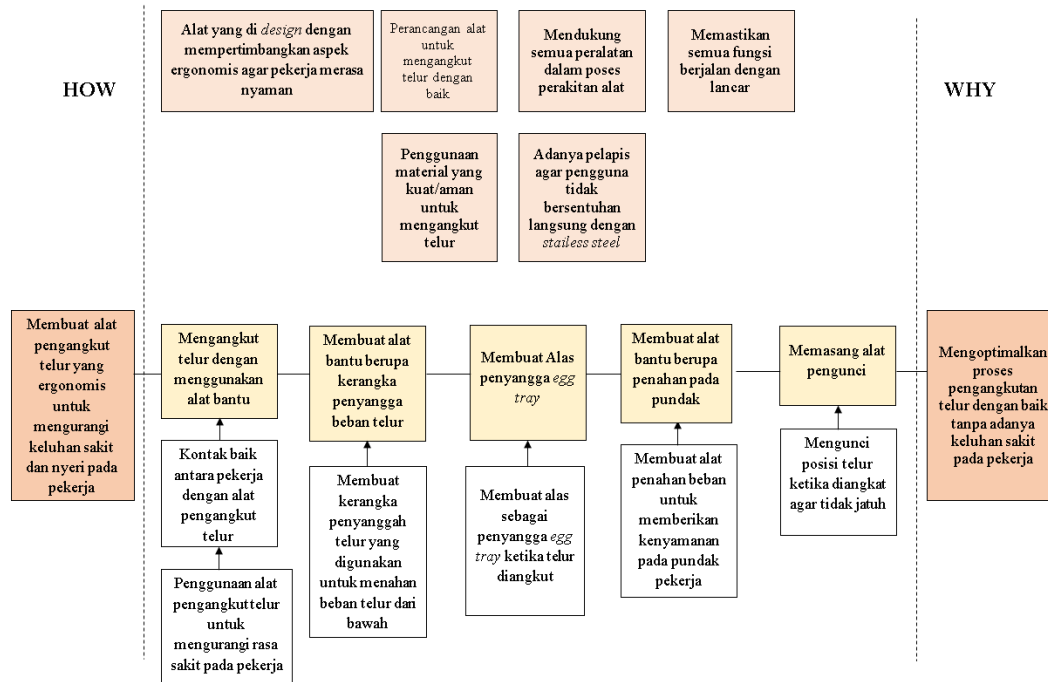
3.4.1 Tahap Informasi

Pada tahap pertama *value engineering*, dilakukan evaluasi awal terhadap proses *material handling* pekerja berdasarkan wawancara dan observasi lapangan. Temuan menunjukkan bahwa pekerja mengalami keluhan nyeri dan sakit di beberapa bagian tubuh, yang diakibatkan oleh pengangkutan telur secara manual tanpa memperhatikan aspek ergonomis. Proses ini tidak hanya membebani fisik pekerja, tetapi juga memakan waktu lebih lama karena material telur yang mudah pecah dan berat, memerlukan perhatian ekstra saat pengangkutan. Evaluasi GOTRAK juga mengonfirmasi adanya keluhan serupa, memperkuat urgensi kebutuhan akan alat bantu yang ergonomis untuk mengurangi beban fisik. Berdasarkan analisis *Cardiovascular Load* (%CVL), permasalahan utama terletak pada metode manual yang berulang dan material telur yang memerlukan penanganan hati-

hati. Oleh karena itu, rancangan alat bantu yang efektif dan penerapan metode yang lebih sistematis menjadi prioritas dalam tahap ini untuk meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi keluhan fisik pada pekerja.

3.4.2 Tahap Analisa Fungsi

Pada tahapan ini, akan diuraikan mengenai fungsi-fungsi konsep dari perancangan alat pengangkut telur yang ergonomis menggunakan diagram FAST (*Functional Analysis System Technique*).



Gambar 3. Diagram FAST
(Sumber: olah data, 2024)

Diagram FAST (*Function Analysis System Technique*) ini digunakan untuk perancangan alat angkat telur yang ergonomis, dengan tujuan mengurangi keluhan sakit dan nyeri pada pekerja. Diagram ini menghubungkan berbagai fungsi "How" (Bagaimana) dan "Why" (Mengapa) dalam perancangan alat. Dalam bagian "How", alat ini dirancang untuk menguatkan telur dengan menggunakan alat bantu, memastikan kontak yang baik antara pekerja dan alat pengangkut telur, serta menggunakan penyangga beban agar telur tetap aman saat diangkat. Alat juga dilengkapi dengan alas penyangga *egg tray* yang nyaman, alat bantu berupa penahan pada punggung pekerja untuk meningkatkan kenyamanan, serta alat pengunci yang memastikan posisi telur tetap stabil dan tidak jatuh selama proses pengangkutan. Bagian "Why" menjelaskan tujuan utama perancangan ini, yaitu untuk mengoptimalkan proses pengangkutan telur dengan baik tanpa menyebabkan keluhan fisik pada pekerja. Proses ini melibatkan penggunaan bahan yang kuat dan pelapis untuk menjaga

keamanan telur, serta penguncian posisi agar telur tetap aman selama pengangkutan. Keseluruhan rancangan alat ini memastikan ergonomi pekerja dan efisiensi dalam pengangkutan telur.

3.4.3 Tahap Kreatif dan Evaluasi

Pada tahap kreatif dan evaluasi dalam *value engineering*, beberapa alternatif material dan biaya telah dievaluasi untuk menghasilkan pilihan terbaik. Pada bagian alternatif kerangka, opsi yang dipertimbangkan adalah besi *hollow* dengan ketebalan 0,8 mm dan blockboard 18 mm. Besi hollow ketebalan 0,8 mm dipilih sebagai alternatif terpilih karena memberikan performa terbaik dengan nilai *performance* 3,05864 ul dan nilai 9×10^{-6} , meskipun total biayanya adalah Rp. 338.000, yang terdiri dari harga bahan Rp. 88.000 dan jasa Rp. 250.000. Sebagai perbandingan, *blockboard* 18 mm memiliki total biaya Rp. 238.000, tetapi dengan performa yang lebih rendah, yaitu 0,0356702 ul dan nilai *value* $1,4 \times 10^{-5}$.

Tabel 3. Alternatif Terpilih

Evaluasi	Variabel	Butuh	Harga	Total Harga	Jasa	Total Biaya	Performance	Value	Alternatif terpilih
Alternatif Kerangka	Besi <i>Hollow</i> Ketebalan 0,8	4	Rp. 22.000	Rp. 88.000	Rp. 250.000	Rp 338.000	3,05864 ul	9×10^{-6}	Besi hollow ketebalan 0,8 mm
	<i>Blockboard</i> 18 mm	1	Rp. 188.000	Rp. 188.000	Rp. 50.000	Rp.238.000	0,0356702ul	$1,4 \times 10^{-5}$	
Alternatif Alas <i>Egg tray</i>	Triplek 3 mm	1	Rp. 75.000	Rp. 75.000	Rp. 50.000	Rp. 120.000	0,02847	$2,3 \times 10^{-7}$	Triplek ketebalan 3 mm
	Plastic PVC 3 mm	1	Rp. 325.000	Rp. 325.000	Rp. 50.000	Rp. 375.000	0,01918	$5,1 \times 10^{-8}$	
Alternatif Penahan Pundak (gendongan)	<i>Webbing</i> katun	1	Rp. 59.500	Rp. 59.500	-	Rp. 59.500	10	0,0016	<i>Padding (shoulder pad)</i>
	<i>Padding (shoulder pad)</i>	1	Rp. 75.000	Rp. 75.000	-	Rp. 75.000	16	0,0021	

(Sumber: olah data, 2024)

Untuk alternatif alas *egg tray*, dua pilihan yang dievaluasi adalah triplek dengan ketebalan 3 mm dan plastik PVC 3 mm. Triplek dengan ketebalan 3 mm dipilih sebagai alternatif terpilih dengan performa 0,02847 ul dan nilai *value* $2,3 \times 10^{-7}$, dengan total biaya Rp. 120.000, yang terdiri dari harga bahan Rp. 75.000 dan jasa Rp. 50.000. Meskipun plastik PVC 3 mm memiliki total biaya yang lebih tinggi, yaitu Rp. 375.000, performanya lebih rendah dengan nilai 0,01918 ul dan nilai *value* $5,1 \times 10^{-8}$.

Pada alternatif penahan pundak (gendongan), terdapat dua pilihan, yaitu *webbing* katun dan *padding (shoulder pad)*. *Padding (shoulder pad)* dipilih sebagai alternatif terpilih karena memiliki performa lebih baik, yaitu 16 ul dan nilai *value* 0,0021, meskipun harganya Rp. 75.000. Sementara itu, *webbing* katun memiliki performa yang lebih rendah dengan nilai 10 ul dan nilai *value* 0,0016, dengan harga Rp. 59.500.

Secara keseluruhan, pemilihan alternatif dalam *value engineering* ini didasarkan pada kombinasi antara performa yang optimal dan biaya yang efisien, memastikan bahwa material yang dipilih memberikan nilai terbaik dalam perancangan.

3.4.4 Tahap Pengembangan

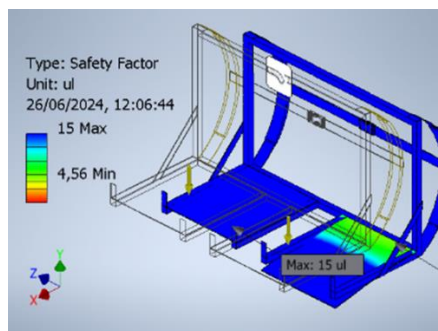
Pada tahap ini, setelah melakukan evaluasi dan ditemukan alternatif terbaik dari perhitungan nilai (*value*), selanjutnya adalah membuat gambaran *design* maupun rancangan alat pengangkut telur yang ergonomis. Berikut ini merupakan gambar rancangan 3D alat pengangkut telur dengan menggunakan *software autodesk inventor 2021* dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4. Rancangan 3D Alat Pengangkut Telur
(Sumber: desain 3D Software Autodesk Inventor 2021)

3.4.5 Tahap Rekomendasi

Pada tahap ini, dilakukan pengujian alat dengan menggunakan simulasi *safety factor*. *Safety factor* pada pembuatan alat pengangkut telur dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan material komponen pembentuk alat dalam menahan beban. Adapun hasil pengujian *safety factor* pada rancangan alat pengangkut telur ditampilkan pada gambar.



Gambar 5. Pengujian *Safety Factor*
(Sumber: desain 3D Software Autodesk Inventor 2021)

Ditampilkan hasil pengujian *safety factor* yang dilakukan pada perancangan alat pengangkut telur. Adapun pengujian dilakukan pada 294 newton atau setara dengan 30 kg. Pada pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa alat memiliki nilai minimum

sebesar 4,56 *ul*. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang aman untuk digunakan karena melewati nilai minimum yang ditetapkan yaitu 2 *ul*. Menurut Mulyanto (2017) *safety factor* yang terdapat pada alat dapat dipergunakan jika nilai tersebut melewati 1,5 *ul* di atas 2 *ul* tergantung pada keadaan. Studi ini sejalan dengan temuan Awad dkk (2023) [30], evaluasi sistem desain 56,3% berkontribusi dengan *safety factor*. Studi ini juga didukung oleh temuan Maljaars dkk (2022) [11], bahwa nilai terendah saat tanpa inspeksi 1,00 sampai nilai tertinggi sebesar 1,35 dengan toleransi kerusakan visual terendah 0,95 hingga nilai tertinggi 1,25.

4. Kesimpulan

Studi ini menyatakan aktivitas *material handling* pekerja pengangkutan telur memiliki masalah utama pada metode manual dan material yang berat serta mudah pecah. Sebanyak 100% pekerja sering mengalami kelelahan fisik dan nyeri, terutama pada leher, bahu, punggung, lengan, dan kaki, dengan skor keluhan maksimal 9. Evaluasi *Cardiovascular Load* (%CVL) menunjukkan bahwa 66% pekerja berada dalam kategori "Diperlukan Perbaikan," dengan %CVL sebesar 32,7% hingga 34,4%, mengindikasikan perlunya intervensi untuk mengurangi risiko kelelahan kardiovaskular. Dalam perancangan alat bantu menggunakan *value engineering*, dipilih besi *hollow* ketebalan 0,8 mm sebagai alternatif terbaik untuk kerangka dengan performa 3,05864 *ul* dan total biaya Rp. 338.000. Untuk alas *egg tray*, dipilih triplek ketebalan 3 mm dengan performa 0,02847 *ul* dan total biaya Rp. 120.000. Sedangkan untuk penahan pundak, *padding (shoulder pad)* dipilih dengan performa 16 *ul* dan total biaya Rp. 75.000. Pengujian *safety factor* pada alat pengangkut telur menunjukkan bahwa alat aman digunakan dengan nilai minimum sebesar 4,56 *ul* pada beban 30 kg.

Alat pengangkut telur ergonomis meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi keluhan fisik pekerja, menurunkan risiko cedera, dan menjaga kualitas telur selama pengangkutan, sehingga mendukung produktivitas dan kesejahteraan pekerja secara keseluruhan. Penelitian ini memperkuat teori ergonomi yang menghubungkan desain alat kerja dengan peningkatan efisiensi dan kesejahteraan pekerja, serta menambah literatur tentang dampak ergonomi pada kesehatan fisik dan produktivitas. Hasil penelitian ini menawarkan solusi praktis berupa alat pengangkut telur yang ergonomis, yang dapat diimplementasikan langsung dalam industri untuk meningkatkan kinerja, mengurangi risiko cedera, dan menjaga kualitas produk.

Daftar Pustaka

- [1] D. T. Soong *et al.*, “Reproducing age variability in grass carp egg samples from the lower Sandusky River, Ohio, USA, using an egg-drift model,” *J. Great Lakes Res.*, vol. 50, no. 4, 2024, doi: 10.1016/j.jglr.2024.102376.
- [2] L. Xuan and J. Zheng, “Translucent eggs of laying hens: a review,” *Poult. Sci.*, vol. 103, no. 9, p. 103983, 2024, doi: 10.1016/j.psj.2024.103983.
- [3] T. S. Ogedengbe *et al.*, “Ergonomics Postural Risk Assessment and Observational Techniques in the 21st Century,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 217, pp. 1335–1344, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.331.
- [4] J. Hutabarat, “Desain Kompetitif Beban Kerja Fisik Menggunakan Cardiovascular Load,” *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 2, pp. 116–125, 2023, doi: 10.36040/industri.v13i2.7681.
- [5] B. Das, “Prevalence of work-related occupational injuries and its risk factors among brickfield workers in West Bengal, India,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 80, no. December 2018, p. 103052, 2020, doi: 10.1016/j.ergon.2020.103052.
- [6] S. K. Mänttari, J. A. H. Oksa, J. Virkkala, and J. A. K. Pietilä, “Activity Level and Body Mass Index as Predictors of Physical Workload During Working Career,” *Saf. Health Work*, vol. 10, no. 4, pp. 527–530, 2019, doi: 10.1016/j.shaw.2019.09.002.
- [7] R. Putra, W. Wahyudin, and D. Herwanto, “Analisis Sistem Kerja Untuk Meningkatkan Produktivitas Pegawai Negeri Sipil Dengan Pendekatan Macroergonomic Analysis And Design,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 1, p. 50, 2022, doi: 10.30737/jurmatis.v4i1.1969.
- [8] W. B. Santoso, “Pengukuran Beban Kerja Mental Dan Fisik Operator Metode Defense Research Agency Workload Scale (Draws) Dan Cardiovascular Load (Cvl),” *KAIZEN Manag. Syst. Ind. Eng. J.*, vol. 04, no. 02, pp. 1–8, 2021.
- [9] M. Dias *et al.*, “Cardiovascular load assessment in the workplace: A systematic review,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 96, no. July, 2023, doi: 10.1016/j.ergon.2023.103476.
- [10] R. Gandhi, A. Chougule, A. Jadhav, and S. Patel, “Furniture Product optimization by using creative phase of *Value engineering* (VE),” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 5030–5033, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [11] J. Maljaars, D. Leonetti, B. Hashemi, and H. H. (Bert. Snijder, “Systematic derivation of safety factors for the fatigue design of steel bridges,” *Struct. Saf.*, vol. 97, no. September 2021, p. 102229, 2022, doi: 10.1016/j.strusafe.2022.102229.
- [12] S. Awad, K. Amon, A. Baillie, T. Loveday, and M. T. Baysari, “Human factors and safety analysis methods used in the design and redesign of electronic medication management systems: A systematic review,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 172, no. August 2022, p. 105017, 2023, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2023.105017.
- [13] C. Pilbeam and N. Karanikas, “Safety training in context: technical, cultural and political factors affecting its design, delivery and transfer,” *J. Safety Res.*, vol. 85, pp. 308–320, 2023, doi: 10.1016/j.jsr.2023.03.004.
- [14] E. Abramuszkinová Pavlíková, W. Robb, and J. Šácha, “An ergonomic study of arborist work activities,” *Heliyon*, vol. 10, no. 4, 2024, doi:

- 10.1016/j.heliyon.2024.e26264.
- [15] J. A. Pradana, “Improving Performance Through Rest Time System Design: Physiological Integration and Quality Function Development,” *AJIM (Airlangga J. Innov. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [16] J. Hutabarat, J. A. Pradana, F. Achmadi, and D. W. L. Basuki, “Risk of *Musculoskeletal* Disorder in the Working Posture of Online Motorcycle Drivers (Case Study: Drivers at Malang District),” *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics*, vol. 17, no. 6, pp. 843–851, 2022, doi: 10.18280/ijdne.170604.
- [17] A. S. Kurniawan, S. Rahayuningsih, and I. Safi’i, “Pendekatan Ergonomi Makro pada Pengaruh Lingkungan Kerja,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.*, vol. 3, no. 1, p. 63, 2021, doi: 10.30737/jurmatis.v3i1.1408.
- [18] J. Hutabarat, F. Achmadi, J. Alfian Pradana, and D. Wilis Lestarinings Basuki, “Intervention of *Musculoskeletal* Discomfort Risk: A Cross-Sectional Study,” *KnE Soc. Sci.*, vol. 2024, pp. 236–247, 2024, doi: 10.18502/kss.v9i10.15730.
- [19] J. A. Pradana, I. F. Fahmi, E. P. S. Indiarjo, and S. N. M. Haristanti, “Fuzzy Sugeno-Biomekanika-NIOSH- NBM: Penilaian Risiko Aktvitas Penyaringan Bubur Kedelai,” *J. Taguchi J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–36, 2022.
- [20] J. A. Pradana, R. P. Dewanti, C. Harsito, S. Rowi, and V. K. Salsabila, “Integrasi Fuzzy Mamdani Biomekanika Dan Niosh : Manual *Material handling* Penyaringan Bubur Kedelai,” *KAIZEN Manag. Syst. Ind. Eng. J.*, vol. 05, no. 01, pp. 8–14, 2022.
- [21] J. Oakman, K. A. Lambert, S. Rogerson, and A. Bell, “We know it doesn’t work: Why do we still use how to lift training for the prevention of *musculoskeletal* disorders?,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 100, no. February, 2024, doi: 10.1016/j.ergon.2023.103542.
- [22] O. R. Almanan and F. Nisa Ulinuha, “Kajian Ergonomi Sikap Kerja Pengrajin Gerabah di Sentra Gerabah, Klipoh, Borobudur,” *Borobudur Eng. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 39–52, 2023, doi: 10.31603/benr.9087.
- [23] M. Dias *et al.*, “Cardiovascular load assessment in the workplace: A systematic review,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 96, no. May, 2023, doi: 10.1016/j.ergon.2023.103476.
- [24] F. Febrianti and L. Theresia, “Identifikasi Beban kerja Guna Meningkatkan Produktivitas Operator Pada Proses Packing Dengan Metode NASA-TLX dan CVL,” *TECHNOPEX*, pp. 445–452, 2021.
- [25] D. Maya Susiladewi, M. Yusuf, and N. Rahmawati, “Perancangan Ulang Meja Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode Rekayasa Nilai dan Pendekatan Ergonomi,” *J. Teknol.*, vol. 14, no. 2, pp. 186–191, 2021, doi: 10.34151/jurtek.v14i2.3629.
- [26] D. N. R. Simanjuntak, Y. Manik, and B. A. H. Siboro, “Perancangan Rak Sepatu Untuk Laboratorium Desain Produk Dan Inovasi Institut Teknologi Del Dengan Metode *Value engineering* Dan Quality Function Deployment (Qfd),” *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 26, no. 2, pp. 122–138, 2021, doi: 10.35760/tr.2021.v26i2.4469.
- [27] P. Jadhav and N. Ekbote, “Implementation of lean techniques in the packaging machine to optimize the cycle time of the machine,” *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp.

- 10275–10281, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.162.
- [28] J. Hutabarat, J. A. Pradana, F. Achmadi, and D. W. Lestaring Basuki, “Micro Ergonomics: the Influence of Human Characteristics Towards Mental Workload Among Online Motorcycle Ojek Drivers,” *Int. J. Manuf. Econ. Manag.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–16, 2023, doi: 10.54684/ijmem.2023.3.1.6.
- [29] M. Brillinger *et al.*, “Physiological workload assessment for highly flexible fine-motory assembly tasks using machine learning,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 188, no. January, p. 109859, 2024, doi: 10.1016/j.cie.2023.109859.
- [30] S. Awad, K. Amon, A. Baillie, T. Loveday, and M. T. Baysari, “Human factors and safety analysis methods used in the design and redesign of electronic medication management systems: A systematic review,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 172, no. February, p. 105017, 2023, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2023.105017.