

ANALISIS PENERAPAN METODE NIOSH DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT TERHADAP RISIKO MUSKULOSKELETAL DI UNIT LIQUID PT. XYZ

ANALYSIS OF THE APPLICATION NIOSH METHOD AND QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT ON MUSCULOSKELETAL RISK IN THE LIQUID UNIT OF PT. XYZ

M. Asrafi Rivaldi¹, Deny Andesta², Moch. Nuruddin³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik^{1,2,3}

asrafrivaldi07@gmail.com¹

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the application of the NIOSH Lifting Equation and Quality Function Deployment (QFD) methods to assess and reduce the risk of musculoskeletal disorders (MSDs) in the liquid handling unit of PT. XYZ. MSD risks often arise from work activities involving repetitive manual lifting of heavy loads, posing a serious threat to employee health and company productivity. The NIOSH method was used to calculate the Lifting Index (LI) as an indicator of ergonomic risk, while QFD was used to translate employee needs into engineering improvement measures. The results showed that lifting activities exceeded the safety threshold ($LI > 1$), thus potentially causing MSD risks. QFD identified improvement priorities, including the design of ergonomic lifting aids, improved workstation design, and training in safe lifting techniques. This integrated approach aims to reduce MSD risk while simultaneously enhancing workplace productivity.

Keywords: NIOSH, QFD, Ergonomics, Musculoskeletal Disorders, Manual Materil Handling

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penerapan metode NIOSH Lifting Equation dan Quality Function Deployment (QFD) untuk menilai dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs) di unit Liquid PT. XYZ. Risiko MSD sering muncul dari aktivitas kerja yang melibatkan pengangkatan beban berat secara manual secara berulang, sehingga menimbulkan ancaman serius bagi kesehatan karyawan dan produktivitas perusahaan. Metode NIOSH digunakan untuk menghitung Lifting Index (LI) sebagai indikator risiko ergonomi, sedangkan QFD digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan karyawan menjadi langkah-langkah perbaikan rekayasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan melebihi ambang batas keselamatan ($LI > 1$), sehingga berpotensi menimbulkan risiko MSD. QFD mengidentifikasi prioritas perbaikan, termasuk perancangan alat bantu pengangkatan yang ergonomis, perbaikan desain stasiun kerja, dan pelatihan teknik pengangkatan yang aman. Pendekatan terpadu ini bertujuan untuk mengurangi risiko MSD sekaligus meningkatkan produktivitas tempat kerja.

Kata Kunci: Niosh, QFD, Ergonomi, Musculoskeletal Disorders, Manual Materil Handling.

PENDAHULUAN

Gangguan muskuloskeletal (MSDs) merupakan masalah kesehatan umum di kalangan pekerja industri khususnya pada aktivitas Manual Material Handling (MMH). Menurut penelitian terbaru, seringnya mengangkat beban manual tanpa alat bantu ergonomis merupakan faktor risiko signifikan MSDs di berbagai industri manufaktur di Indonesia Harini, T. (2022).

Di PT. XYZ khususnya di unit Liquid, pekerja masih mengangkat karung seberat 25 kg secara manual. Tugas berulang ini dilakukan di setiap shift dan menyebabkan keluhan seperti nyeri

punggung bawah, kelelahan otot bahu, dan nyeri lengan. Observasi awal menunjukkan bahwa pekerja cenderung membungkuk dan memutar tubuh saat mengangkat, yang dapat meningkatkan risiko cedera muskuloskeletal. Temuan ini sejalan dengan penelitian Raichaanah, N., & Susanto, N. (2024). yang menyatakan bahwa mengangkat beban yang melebihi rekomendasi ergonomis dapat meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs) secara signifikan.

Metode NIOSH digunakan sebagai alat analisis untuk menilai tingkat risiko. Metode ini menghitung recommended

weight limit (RWL) dan *Lifting Index (LI)* berdasarkan jarak *horizontal* dan *vertikal*, sudut, dan frekuensi angkat. Nilai $LI > 1$ menunjukkan potensi bahaya ergonomis yang memerlukan perhatian segera. Studi oleh Raichanah, N., & Susanto, N. (2024) menegaskan bahwa metode NIOSH merupakan pendekatan yang tepat untuk mengevaluasi tingkat risiko pekerjaan manual di industri manufaktur.

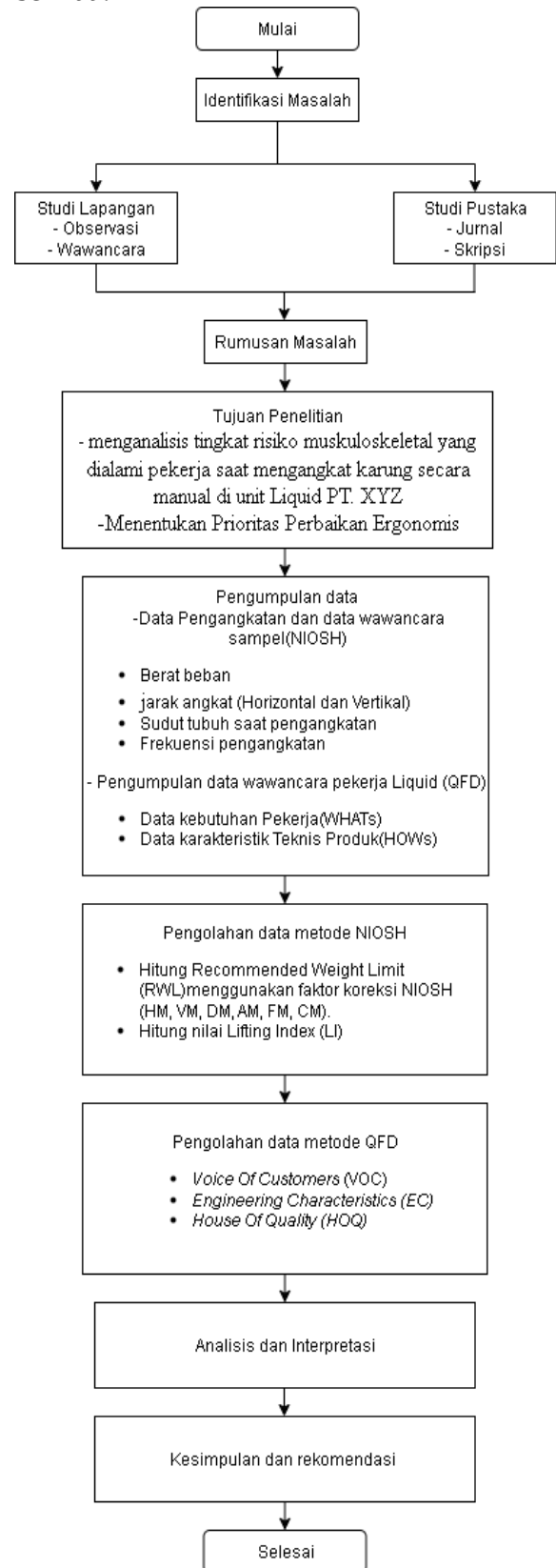
Namun, mengetahui tingkat risiko saja tidak cukup untuk mengembangkan solusi praktis. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu menjawab kebutuhan karyawan sekaligus mengembangkan langkah-langkah perbaikan yang tepat. *Quality Function Deployment (QFD)* digunakan *Voice of Customer (VoC)* dan umpan balik karyawan menjadi solusi teknis. Dengan QFD, kebutuhan karyawan seperti ketersediaan alat angkat, Pengaturan tata letak material, dan pelatihan postur kerja yang aman dapat diprioritaskan. Penelitian Putri, S. L., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. (2020) menunjukkan bahwa QFD efektif dalam mengembangkan perbaikan sistem kerja ergonomis pada usaha industri kecil dan menengah di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko muskuloskeletal pada pekerja yang melakukan pengangkatan karung secara manual di unit Liquid PT. XYZ dengan metode NIOSH untuk menentukan *Recommended Weight Limit (RWL)* dan *Lifting Index (LI)* sebagai indikator ergonomi. Selanjutnya, *Quality Function Deployment (QFD)* digunakan untuk menyusun prioritas perbaikan berbasis kebutuhan pekerja. Meskipun metode NIOSH banyak digunakan dalam penilaian ergonomi, penelitian yang mengombinasikannya dengan QFD masih terbatas, khususnya pada industri pengolahan cairan di Indonesia.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan NIOSH untuk mengukur risiko pengangkatan

manual dan *Quality Function Deployment (QFD)* untuk merancang prioritas perbaikan, yang alurnya ditunjukkan pada *flowchart* berikut :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

NIOSH Lifting Equation

Metode *NIOSH Lifting Equation* digunakan untuk menilai tingkat risiko ergonomi pada aktivitas pengangkatan manual dengan cara menghitung batas beban yang direkomendasikan *RWL* (*Recommended Weight Limit*). Rumus perhitungannya adalah:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (1)$$

Keterangan :

1. *LC* (*Load Constant*) sebesar 23 kg (nilai dasar)
2. *HM* (*Horizontal Multiplier*) berdasarkan jarak horizontal beban dari tubuh
3. *VM* (*Vertical Multiplier*) berdasarkan jarak vertikal pengangkatan
4. *DM* (*Distance Multiplier*) berdasarkan perpindahan vertikal
5. *AM* (*Asymmetry Multiplier*) berdasarkan sudut rotasi tubuh
6. *CM* (*Coupling Multiplier*) berdasarkan kualitas pegangan beban

Mayangsari, D. P. (2020). Perhitungan ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui beban maksimum yang masih aman diangkat oleh pekerja pada kondisi tertentu.

Setelah nilai *RWL* diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung *Lifting Index* (*LI*) dengan persamaan:

$$LI = \frac{Load}{RWL} \quad (2)$$

Di sini, "beban" mengacu pada berat aktual beban yang diangkat oleh pekerja. Hasilnya dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

$LI \leq 1$ menunjukkan kondisi aman, $1 < LI \leq 3$ menunjukkan risiko sedang yang perlu ditingkatkan, sementara $LI > 3$ menunjukkan risiko tinggi yang menimbulkan ancaman signifikan terhadap kesehatan pekerja (Setiawan, Utami & Handoko, 2023; Lestari & Ramadhan, 2024)

QFD (QualityFunction Deployment)

QFD (*Quality Function Deployment*) adalah metode sistematis yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan konsumen *VOC* (*voice of customer*) ke dalam bentuk karakteristik teknis yang

dapat diukur *EC* (*engineering characteristics*). Metode ini umumnya digambarkan dalam bentuk *House of Quality* (*HoQ*) yang menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan respon teknis perusahaan, sehingga menghasilkan prioritas pengembangan produk atau perbaikan sistem kerja (Nurhayati, E. 2022). Dalam konteks ergonomi, *QFD* bermanfaat untuk mengidentifikasi kebutuhan pekerja terkait beban kerja dan menerjemahkannya ke dalam rancangan teknis alat bantu, tata letak kerja, maupun pelatihan, sehingga risiko *musculoskeletal disorder* dapat dikurangi Agustin, E., Valentino, M., Anggrayani, C., Napitu, R. B. E., & Setiawan, H. (2024)

Secara matematis, *QFD* menggunakan beberapa tahapan perhitungan. Pertama, bobot kepentingan kebutuhan pelanggan dihitung menggunakan skala penilaian atau hasil wawancara. Selanjutnya, dibuat matriks hubungan antara kebutuhan (*VOC*) dan karakteristik teknis (*EC*) dengan skala hubungan 0, 1, 3, dan 9. Nilai prioritas teknis dihitung dengan rumus:

$$TP_j = \sum (I_i \times R_{ij}) \quad (3)$$

Dengan TP_j = Technical Priority Karakteristik teknik ke-j,

I_i = Bobot kepentingan kebutuhan ke-i, dan R_{ij} = Nilai hubungan antara *VOC* ke-i dan *EC* ke-j (Wibowo & Lestari, 2023).

Setelah itu, Persentase prioritas diperoleh dengan normalisasi :

$$Priority\% = \frac{TP_j}{\sum TP_j} \times 100\% \quad (4)$$

Rumus ini menghasilkan urutan prioritas teknis yang akan menjadi acuan dalam pengambilan keputusan perbaikan (Andriani & Kurniawan, 2024). Dengan demikian, *QFD* tidak hanya memetakan kebutuhan pekerja, tetapi juga memberikan dasar kuantitatif dalam menentukan prioritas perbaikan sistem kerja.

PEMBAHASAN

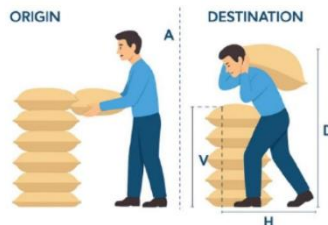
Dimulai dengan penerapan metode persamaan pengangkatan *NIOSH*. Hal ini meliputi identifikasi aktivitas pengangkatan, pengukuran variabel

ergonomis (HM, VM, DM, AM, FM, dan CM), perhitungan *recommended weight limit* (RWL), dan penentuan *Lifting Indeks* (LI) untuk menilai risiko di tempat kerja. Hasil analisis NIOSH kemudian menjadi dasar penerapan metode *Quality Function Deployment* (QFD) lebih lanjut. Metode ini mengidentifikasi kekhawatiran karyawan (*Voice of Customer*) dan merangkumnya dalam matriks *House of Quality* (HoQ) untuk menetapkan prioritas peningkatan ergonomis yang memenuhi kebutuhan spesifik tempat kerja.

Rekapitulasi Data Pengukuran

Di Unit Liquid PT XYZ, tugas pengangkatan manual sering dilakukan, yang melibatkan penanganan beban berat tanpa bantuan mekanis. Postur kerja yang dibutuhkan melibatkan membungkuk dan memutar, yang menimbulkan risiko ergonomis. Metode Persamaan Pengangkatan NIOSH digunakan untuk menilai tingkat risiko, dengan menghitung *recommended weight limit* (RWL) dan *Lifting indeks* (LI).

Gambar 2. mengilustrasikan kondisi kerja dengan lebih jelas



Gambar 2. Visual Pengangkatan Barang

Seperti yang terlihat pada Gambar 2 di atas, hasil pengukuran meliputi jarak beban dari badan (H), jarak beban dari posisi awal (V1), jarak beban dari posisi akhir (V2), selisih jarak beban antara titik awal dan titik akhir (D), sudut angkat antara pekerja dengan posisi beban (A), bentuk kemasan atau kualitas pegangan (C), dan frekuensi angkat per jam (F). Adapun sebelum dilakukan pengolahan data, berikut ini adalah data yang diperoleh melalui observasi langsung di lapangan terhadap aktivitas pengangkatan yang dilakukan oleh pekerja gudang PT XYZ,

data pengukuran tersebut akan dipaparkan pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Pengukuran Sampel (cm)

No	H	V1	V2	D	A (°)	FM	CM	LC (kg)
1	34	20	78	58	32	0,85	0,9	25
2	38	20	84	64	25	0,85	0,9	25
3	40	20	86	66	25	0,85	0,9	25

Berdasarkan Tabel 1, pengukuran yang dilakukan terhadap 3 pekerja menunjukkan bahwa semua pekerja menangani beban aktual sebesar 25 kg, dengan jarak horizontal (H) antara 34–40 cm, jarak vertikal awal yang signifikan (V1) sebesar 20 cm, jarak vertikal akhir (V2) sebesar 78–86 cm, dan jarak angkat (D) sebesar 58–66 cm. Hingga 5–6 operasi pengangkatan dilakukan per jam, dengan kualitas cengkeraman yang buruk (*coupling*) dan posisi kerja yang mengharuskan rotasi tubuh (*asimetri/A*).

Perhitungan Faktor Konversi Indeks Risiko Pengangkatan NIOSH

Setelah Variabel-variabel aktivitas pengangkatan karung di ukur, dilakukan perhitungan *NIOSH Lifting Equation*.

Tabel 2. Konversi Indeks Risiko Pengangkatan

LC (Load Constant)	25 kg
HM (Horizontal Multiplier)	$HM = (25/H)$, $H=34$ $HM = (25/34) = 0,735$
VM (Vertical Multiplier)	$VM = 1 - (0,003 V - 75)$ $V = V1 + V2 / 2 = 20 + 78 / 2 = 59$, $VM = 1 - (0,003 59 - 75) = 0,952$
DM (Distance Multiplier)	$DM = 0,82 + (4,5/D)$ $D = (78 - 20) = 58$ cm $DM = 0,82 + (4,5/58) = 0,897$
AM (Asymmetric Multiplier)	$AM = 1 - (0,0067 \times A)$ $A = 32$

							$1-(0.0067 \times 32) = 0,785$
<i>FM (Frequency Multiplier)</i>							0,85
<i>CM (Coupling Multiplier)</i>							0,90
Berikut rekapitulasi hasil Perhitungan Faktor <i>Konversi Indeks Risiko</i> Pengangkatan NIOSH pada semua pekerja:							
Tabel 3. Rekapitulasi Data <i>Konversi Indeks Risiko Pengangkatan</i>							
NO	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM
1	25	0,735	0,952	0,897	0,785	0,85	0,90
2	25	0,657	0,961	0,890	0,832	0,85	0,90
3	25	0,625	0,964	0,888	0,832	0,85	0,90

Perhitungan *recommended weight limit (RWL)* dan *Lifting Index (LI)*

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (3)$$

$$RWL = 25 \times 0,735 \times 0,952 \times 0,897 \times 0,785 \times 0,85 \times 0,90 = 9,42 \text{ kg}$$

$$LI = \frac{Load}{RWL} = \frac{25}{9,42} = 2,65$$

Berdasarkan hasil perhitungan, *recommended weight limit (RWL)* adalah 9,42 kg dan *Lifting Index (LI)* adalah 2,65. Hal ini menunjukkan bahwa berat aktual yang diangkat (25 kg) jauh melebihi batas angkat yang direkomendasikan secara ergonomis. Nilai LI di atas 1, terutama nilai 2,65, menunjukkan risiko tinggi gangguan muskuloskeletal bagi pekerja. Oleh karena itu, melakukan tugas mengangkat ini berulang kali tidak aman, dan diperlukan tindakan ergonomis, seperti menggunakan alat bantu angkat, dan Perbaikan posisi kerja untuk meminimalkan risiko cedera.

Berikut Rekapitulasi hasil perhitungan RWL dan LI pada semua pekerja :

Tabel 4. Rekapitulasi hasil perhitungan RWL dan LI

NO	RWL	LI
1	9,42	2,65
2	8,94	2,79
3	8,51	2,93

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pekerja 1 memiliki *recommended weight limit (RWL)* sebesar 9,42 kg *Lifting Index (LI)* sebesar 2,65, pekerja 2 memiliki RWL sebesar 8,94 kg dengan LI sebesar 2,79, dan pekerja 3 memiliki RWL sebesar 8,51 kg dengan LI sebesar 2,93. Semua nilai LI berada di atas 1, bahkan ada yang mendekati 3, yang berarti beban angkat 25 kg tersebut jauh melebihi batas yang direkomendasikan dan berisiko tinggi terhadap gangguan muskuloskeletal. Oleh karena itu, diperlukan tindakan ergonomis, seperti menggunakan alat bantu angkat, dan Perbaikan posisi kerja untuk meminimalkan risiko cedera.

Perhitungan Metode QFD VOC (voice of customer)

Penentuan bobot kepentingan VOC (*voice of customer*) dilakukan melalui wawancara kepada seluruh pekerja di unit Liquid PT.XYZ sebanyak 8 orang.

Setiap pekerja memberikan penilaian terhadap 5 kebutuhan utama dengan menggunakan skala **Likert 1-5** berikut penjelasan nya :

Tabel 5. Skala Penilaian

Angka	Penjelasan
1	Sangat tidak penting
2	Tidak penting
3	Cukup penting
4	Penting
5	Sangat penting

Selanjutnya, Skor dari 8 pekerja di jumlahkan untuk memperoleh total skor pada masing-masing VOC. Hasil perhitungan di tampilkan pada tabel 6. Berikut :

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Perhitungan VOC

No	VOC	Total Skor	Bobot kepentingan (%)
1	Penggunaan alat bantu angkat	34	30,36
2	Pelatihan teknik mengangkat yang benar	20	17,86
3	Tata letak area kerja yang lebih baik	18	16,07
4	Pengurangan berat beban angkat	24	21,43
5	Pengaturan waktu istirahat	16	14,29
Total		112	100

Tabel 6. menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu angkat beban memiliki peringkat kepentingan tertinggi (30,36%), yang menunjukkan bahwa alat tersebut merupakan prioritas utama bagi karyawan dalam mengurangi risiko muskuloskeletal. Sebaliknya, penjadwalan waktu istirahat memiliki peringkat kepentingan terendah (14,29%), meskipun karyawan tetap menganggapnya penting. Temuan ini konsisten dengan studi Sari dan Nugroho (2021), yang menyatakan bahwa persyaratan dengan kepentingan tertinggi dalam hal kebutuhan pelanggan (VOC) harus diprioritaskan ketika memetakannya ke fitur teknis dalam matriks QFD.

EC(engineering characteristics)

Berdasarkan hasil Penilaian VOC (*voice of customer*) dan tinjauan pustaka ergonomi, enam EC(*Engineering Characteristics*) diidentifikasi sebagai yang paling relevan untuk mengurangi risiko muskuloskeletal bagi pekerja di unit Liquid PT XYZ. Pemilihan kelima faktor ini didasarkan pada premis bahwa mereka cukup mewakili aspek-aspek utama, yaitu beban kerja fisik, penggunaan alat bantu, kondisi lingkungan kerja, tingkat mekanisasi, dan faktor manusia. Menurut Nurmianto (2020), mengendalikan beban kerja fisik adalah variabel teknis yang paling signifikan dalam merancang pekerjaan manual, sementara Wibowo dkk. (2023) menekankan bahwa penggunaan

alat bantu dan mekanisasi dapat secara signifikan mengurangi indeks angkat.

Tabel 7. Engineering Characteristics Relationship Matrix (House Of Quality/HOQ)

No	EC(<i>engineering characteristics</i>)
1	Kapasitas dan dimensi alat bantu
2	Jarak perpindahan yang efektif
3	Berat beban maksimum yang diizinkan
4	Kepatuhan terhadap pelatihan dan SOP
5	Rasio waktu istirahat terhadap jam kerja

House of Quality (HOQ) yang digunakan dalam studi ini dirancang untuk menghubungkan kebutuhan pengguna (*Voice of Customer/VOC*) dengan *Engineering Characteristics (EC)* yang relevan dalam konteks pencegahan risiko muskuloskeletal. VOC yang teridentifikasi meliputi: penggunaan alat bantu angkat, pelatihan teknik mengangkat yang benar, perbaikan desain tempat kerja, pengurangan beban angkat, dan pengaturan waktu istirahat. Kelima VOC ini kemudian dipetakan ke lima EC yang sesuai: kapasitas dan dimensi alat bantu angkat, jangkauan gerak efektif, berat beban maksimum yang diizinkan, kepatuhan terhadap pelatihan dan prosedur operasi standar (SOP), serta rasio waktu istirahat terhadap waktu kerja.

Dalam *matriks House of Quality (HOQ)*, setiap simbol hubungan antara *Voice of Customer (VOC)* dan *Engineering Characteristics (EC)* diberi bobot numerik untuk memudahkan perhitungan. Simbol lingkaran biru penuh bernilai 9 (hubungan sangat kuat), lingkaran putih bernilai 3 (hubungan sedang), segitiga bernilai 1 (hubungan lemah), dan persegi bernilai 0 (tidak ada hubungan)

Engineering Characteristics Voice of Customer	Bobot kepentingan (%)	Kapasitas dan dimensi alat bantu	Jarak perpindahan yang efektif	Berat beban maksimum yang diizinkan	Kepatuhan terhadap pelatihan dan SOP	Rasio waktu istirahat terhadap jam kerja
Penggunaan alat bantu angkat	30,36	●	○	△	□	○
Pelatihan teknik mengangkat yang benar	17,86	△	□	○	●	□
Tata letak area kerja yang lebih baik	16,07	○	●	□	□	□
Pengurangan berat beban angkat	21,43	○	△	●	○	□
Pengaturan waktu istirahat	14,29	□	□	△	□	●
Contribution		403,60	257,14	291,10	225,03	219,69
Relative Contribution (%)		28,90%	18,41%	20,84%	16,11%	15,73%
Ranking Technical Response Priority		1	3	2	4	5

Gambar 3. Relationship Matrix (House Of Quality/HOQ)

Berdasarkan hasil perhitungan matriks House of Quality (HOQ), prioritas utama dengan kontribusi sebesar 28,90% terletak pada **kapasitas dan dimensi peralatan**, yang menunjukkan bahwa faktor ini memiliki dampak terbesar dalam memenuhi kebutuhan karyawan. Prioritas berikutnya adalah berat beban maksimum yang diizinkan (20,84%) dan jarak tempuh efektif (18,41%), yang keduanya berperan penting dalam mengurangi risiko muskuloskeletal. Meskipun kepatuhan terhadap pelatihan dan prosedur operasi standar (SOP), serta rasio waktu istirahat terhadap waktu kerja, memiliki kontribusi yang lebih rendah (masing-masing 16,11% dan 15,73%), hal ini tetap menjadi faktor pendukung penting yang tidak boleh diabaikan dalam upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan tempat kerja.

ANALISIS DAN INTERPRETASI

Metode NIOSH

Hasil perhitungan *NIOSH Lifting Equation* menunjukkan bahwa nilai *Recommended Weight Limit (RWL)* berturut-turut adalah 9,42 kg, 8,94 kg, dan

8,51 kg, dengan nilai *Lifting Index (LI)* masing-masing 2,65; 2,79; dan 2,93. Seluruh nilai LI tersebut berada di atas ambang batas aman ($>1,0$), sehingga aktivitas pengangkatan pada unit Liquid PT XYZ termasuk kategori berisiko tinggi. Hal ini mengindikasikan perlunya intervensi berupa perbaikan metode kerja maupun penggunaan alat bantu untuk menurunkan risiko muskuloskeletal.

Metode QFD

Berdasarkan *matriks House of Quality (HOQ)*, diperoleh prioritas teknis yang perlu dikembangkan untuk menanggulangi permasalahan ergonomi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kontribusi tertinggi terdapat pada kapasitas dan dimensi alat bantu (28,90%), disusul oleh berat beban maksimum (20,84%), jarak perpindahan efektif (18,41%), kepatuhan terhadap SOP (16,11%), dan rasio waktu istirahat (15,73%). Hasil ini mempertegas bahwa solusi teknis paling penting adalah pengembangan alat bantu yang ergonomis.

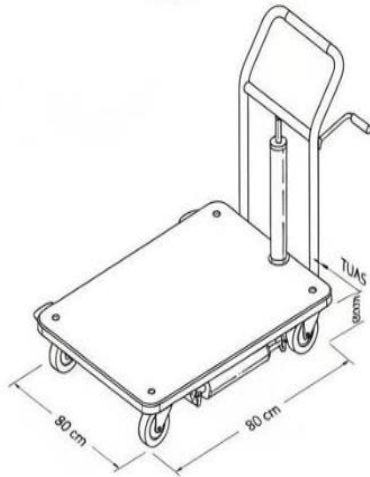
Integrasi Hasil NIOSH dan QFD

Integrasi kedua metode memperlihatkan bahwa tingginya nilai LI pada aktivitas pengangkatan dapat diatasi melalui faktor teknis yang diprioritaskan oleh QFD, yaitu perbaikan kapasitas dan dimensi alat bantu. Dengan demikian, penggunaan alat bantu angkat menjadi solusi paling relevan, karena tidak hanya menurunkan beban kerja fisik pekerja, tetapi juga menjawab kebutuhan utama yang diidentifikasi dalam analisis VoC.

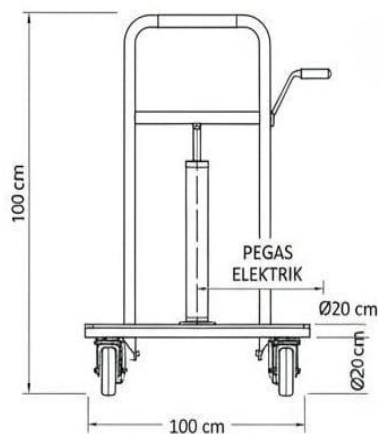
Desain Troli Ergonomis

Sebagai keluaran dari integrasi NIOSH dan QFD, penelitian ini menghasilkan rancangan troli *ergonomis*. Troli ini dirancang dengan kapasitas angkut sesuai kebutuhan material, dimensi yang mempertimbangkan postur alami pekerja, serta desain yang mempermudah proses perpindahan. Penempatan desain troli dalam bagian ini bertujuan untuk

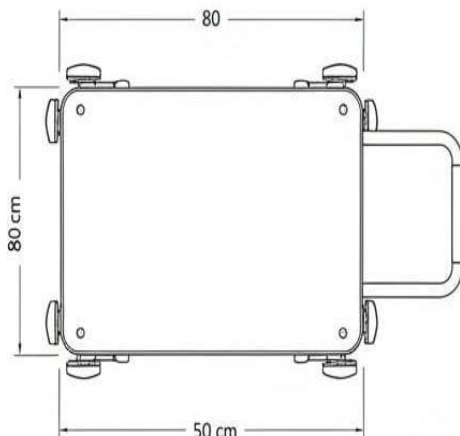
menunjukkan bagaimana hasil analisis kuantitatif diterjemahkan ke dalam solusi nyata yang aplikatif di lapangan. Dengan implementasi desain ini, diharapkan nilai LI dapat diturunkan, risiko muskuloskeletal berkurang, serta produktivitas kerja meningkat.



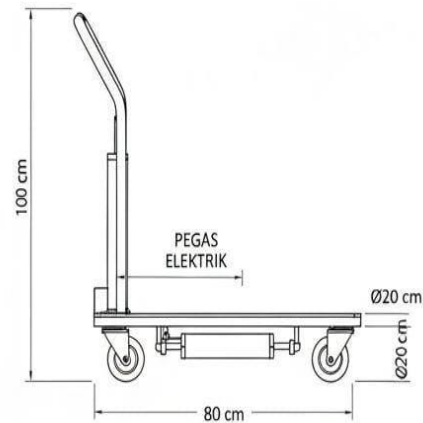
Gambar 4. Desain Troli Ergonomis 3D



Gambar 5. Tampak depan Troli



Gambar 6. Tampak atas Troli



Gambar 7. Tampak samping Troli

KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian, hasil perhitungan *NIOSH Lifting Equation* menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan karung di unit Liquid PT. XYZ memiliki risiko ergonomi yang tinggi. Nilai *Recommended Weight Limit (RWL)* yang diperoleh adalah 9,42 kg, 8,94 kg, dan 8,51 kg, dengan *Lifting Index (LI)* masing-masing sebesar 2,65 ; 2,79 ; dan 2,93. Seluruh nilai LI berada di atas ambang batas aman ($>1,0$), yang mengindikasikan potensi gangguan *muskuloskeletal* pada pekerja. Analisis QFD menghasilkan prioritas perbaikan teknis dengan kontribusi terbesar pada kapasitas dan dimensi alat bantu (28,90%), diikuti berat beban maksimum (20,84%), jarak perpindahan efektif (18,41%), kepatuhan terhadap SOP (16,11%), dan rasio waktu istirahat (15,73%). Integrasi kedua metode tersebut menghasilkan rancangan troli ergonomis yang ditujukan untuk menurunkan nilai LI, meningkatkan efisiensi pengangkatan, serta memperbaiki kondisi kerja.

Meskipun demikian, metode NIOSH memiliki keterbatasan karena hanya menilai aktivitas pengangkatan manual tanpa mempertimbangkan faktor kelelahan jangka panjang, variasi kondisi fisik individu, maupun faktor psikososial. Sementara itu, metode QFD bergantung pada persepsi pekerja dan manajemen sehingga rentan terhadap bias subjektif. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk menguji efektivitas

penerapan troli ergonomis dalam jangka panjang serta menilai dampaknya terhadap produktivitas dan penurunan keluhan MSD pada pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Harini, T. (2022). Analisis Perbaikan Prosedur Kerja Menggunakan Metode Nordic Body Map, Niosh Lifting Equation dan Job Safety Analysis di Pt Sahabat Mewah dan Makmur. *SIJIE Scientific Journal of Industrial Engineering*, 3(1), 1-7.
- Raichaanah, N., & Susanto, N. (2024). Analisis Beban Kerja Manual Handling Pekerjaan Pengangkatan Kayu dengan Metode NIOSH dan Cardiovascular Load (CVL). *Industrial Engineering Online Journal*, 13(1).
- Putri, S. L., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. (2020). Penerapan Metode Quality Function Deployment Untuk Pengembangan Desain Produk. *Jurnal Poros Teknik Mesin UNSRAT*, 9(1).
- Nurhayati, E. (2022). *Pendekatan Quality Function Deployment (QFD) dalam proses pengembangan desain produk Whiteboard Eraser V2*. Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan Dan Perancangan Produk), 5 (2), 75–82.
- Mayangsari, D. P. (2020). Analisis Risiko Ergonomi Pada Pekerjaan Mengangkat di Bagian Gudang Bahan Baku PT. AAP dengan Metode Niosh Lifting Equation. *JUMINTEN*, 1(3), 91-103.
- Pradita, A., Zikri, K., Waruwu, T., Rahman, A. N., & Situmeang, S. C. N. (2024, October). Analisis dan Perbaikan Manual material handling Mengangkat Beban Galon dengan Metode Recommended Weight Limit dan Lifting Index (NIOSH) di Depot Sri Water. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 7, No. 1, pp. 1064-1072).
- Lilianti, A., & Safuan, S. (2024). Optimasi Kualitas Pelayanan dan Jasa: Tinjauan Implementasi Quality Function Deployment. *AKADEMIK: Jurnal Mahasiswa Ekonomi & Bisnis*, 4(3), 1242-1253.
- Zetli, S., Tarigan, E. P. L., & Fajrah, N. (2024). Perancangan Desain Kemasan Keripik dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Jurnal Surya Teknik*, 11(1), 19-28.
- Choirunnisa, H., & Etika Muslimah, S. T. (2025). *Integrasi Quality Function Deployment (QFD) Dan Analisa Postur Kerja Ergonomi Untuk Merancang Ulang Meja Pewarnaan Pada Batik Mahkota Laweyan* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Agustin, E., Valentino, M., Anggrayani, C., Napitu, R. B. E., & Setiawan, H. (2024). Studi Perancangan Kursi Dingklik Ergonomis untuk Montir Bengkel Resmi" X". *Journal of Internet and Software Engineering*, 1(2), 15-15
- Pardede, R. S. T. (2025). *Perancangan Produk Troli Pengangkut dengan Metode Quality Function Deployment dan Theory Inventive Problem Solving Pada CV. Pinterwood* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Rahmah, S., & Herbawani, C. K. (2022). Faktor Resiko Penyebab Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja: Tinjauan Literatur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 6-11.
- Ishak, A., Ginting, R., Suwandira, B., & Malik, A. F. (2020, December). Integration of kano model and quality function deployment (QFD) to improve product quality: a literature review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1003, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.

- Aprianto, B., Hidayatulloh, A. F., Zuchri, F. N., Seviana, I., & Amalia, R. (2021). Faktor risiko penyebab Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada pekerja: A systematic review. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 2(2), 16-25.
- Rapelo, B., Priyatama, K. A., Baihaqi, M. B., Darmawan, M. R., Setiawan, R., & Setiawan, I. (2023). Tinjauan Pustaka Sistematis Penerapan Quality Function Deployment di Industri Manufaktur. *Jurnal Optimalisasi*, 9(1), 54-64