

ANALISIS PERANCANGAN TROLI PERPUSTAKAAN BERDASARKAN STUDI KASUS DI UNIVERSITAS XYZ

(Analysis Of Library Trolley Design Based on A Case Study at XYZ University)

Khalisa Aurelia Listyafaiza¹, Atyanti Dyah Prabaswari²

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Sleman, Yogyakarta Indonesia

E-mail: atyanti.dyah@uii.ac.id

ABSTRAK

Mengangkat beban dalam intensitas dan jangka waktu yang lama dapat menimbulkan risiko cedera. Aktivitas manual dapat terjadi pada lingkup pendidikan, salah satunya di perpustakaan sebuah Universitas. Pada perpustakaan terjadi aktivitas manual seperti pemindahan buku, penyusunan buku pada rak, membawa buku, dan lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko cedera pada aktivitas kerja pegawai perpustakaan Universitas XYZ. Selain itu, troli yang tersedia tidak sesuai dengan penggunaannya di perpustakaan. Nordic Body Map (NBM), Manual Material Handling dan Antropometri merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui rasa sakit pada tubuh pekerja. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada subjek menggunakan metode NBM, rasa sakit yang dirasakan dominan pada bagian kanan. Penggunaan metode Manual Material Handling dalam menganalisis beban pekerja serta risiko yang kemudian dapat disesuaikan dengan rancangan produk troli sesuai kebutuhan. Selanjutnya, didapatkan nilai RWL origin sebesar 5,13kg dan RWL destination sebesar 5,98kg. Nilai Lifting Index sebesar $1,012 > 1$ yang artinya dapat menimbulkan risiko cedera, sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan. Perhitungan persentil yang didapat menggunakan P5, P50, dan P95 menjadi acuan dalam pengukuran desain troli. Kesimpulan yang didapat, aktivitas manual yang terjadi pada perpustakaan Universitas XYZ dapat menimbulkan risiko dan diperlukannya perbaikan terhadap aktivitas tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini menyediakan rancangan desain troli ergonomis untuk perpustakaan berdasarkan metode antropometri serta melalui hasil aktivitas kerja manual. Menggunakan analisis NBM setelah rancangan produk, terdapat penurunan bagian tubuh yang terasa sakit dari 10 bagian menjadi 5 bagian tubuh.

Kata kunci: *Manual Material Handling, Antropometri, Musculoskeletal Disorder, Troli.*

ABSTRACT

Lifting weights at high intensity and for long periods of time can pose a risk of injury. Manual activities can occur in the educational sphere, one of which is in a university library. In libraries, manual activities occur such as moving books, arranging books on shelves, carrying books, and so on. This study aims to determine the level of injury risk in the work activities of XYZ University library employees. In addition, the available trolleys are not suitable for use in libraries. Nordic Body Map (NBM), Material Handling Manual and Anthropometry are methods used to determine pain in workers' bodies. Based on interviews conducted with subjects using the NBM method, the pain felt was dominant on the right side. Using the Manual Material Handling method to analyze worker loads and risks which can then be adjusted to the trolley product design according to needs. Furthermore, the origin RWL value was 5.13kg and the destination RWL was 5.98kg. The Lifting Index value is $1.012 > 1$, which means it can cause a risk of injury, so recommendations for improvement are needed. The percentile calculations obtained using P5, P50, and P95 become a reference in measuring trolley designs. The conclusion obtained is that manual activities that occur in the XYZ University library can pose risks and require improvements to these activities. Therefore, this research provides an ergonomic trolley design for libraries based on anthropometric methods and through the results of manual work activities. Using NBM analysis after product design, there was a decrease in body parts experiencing pain from 10 parts to 5 parts of the body.

Keywords: *Manual Material Handling, Anthropometry, Musculoskeletal Disorder, Trolley.*

PENDAHULUAN

Memasuki era industri 4.0, menuntut ilmu sangat penting dalam menunjang pendidikan. Dalam berbagai opsi sumber ilmu, buku menjadi opsi pilihan sumber ilmu contohnya seperti di sekolah, universitas, perkantoran, dan lain-lain. Buku dapat menjadi pilihan disebabkan karena dapat dipinjam secara gratis, dapat ditemukan dimana saja, lebih nyaman untuk dibaca, dan lain-lain. Manfaat membaca buku antara lain dapat meningkatkan memori dan pemahaman, meningkatkan kemampuan berpikir, serta menambah pengetahuan (Wisuda Lubis 2020). Opsi untuk mendapatkan buku tanpa dengan membeli, yaitu dengan meminjamnya di perpustakaan.

Perpustakaan merupakan pusat informasi yang memiliki berbagai jenis buku dalam berbagai bidang ilmu. Perpustakaan memiliki peranan dalam meningkatkan gemar membaca untuk mendukung tingkat literasi agar siswa dapat belajar secara mandiri (Iztihana, A. and Arfa 2020). Selain itu, perpustakaan menjadi fasilitas yang dapat ditemukan dimana saja seperti di kampus, sekolah, ataupun perpustakaan kota. Pekerja dan pengunjung perpustakaan harus menyusun buku-buku dengan baik agar memudahkan pengunjung selanjutnya dalam pencarian buku. Perpustakaan yang teratur dan sistematis dapat membantu dalam proses belajar mengajar di perpustakaan tersebut (Mangnga 2015). Beban umumnya tidak berat, namun aktivitas yang dilakukan membutuhkan pengulangan yang berdampak pada postur kerja yang kaku (ASSOCIATION 1998).

Risiko cedera dapat terjadi atau menyebabkan gangguan sistem pada *Musculoskeletal*, khususnya pinggang apabila masih melakukan aktivitas secara manual (Ulfa and Handayani 2018). Membawa dan mengangkat buku secara manual dapat menyebabkan risiko kecelakaan kerja seperti jatuh, nyeri otot, salah posisi pengangkatan, dan lain-lain. Apabila hal tersebut sering terjadi maka dapat menimbulkan penyakit, contohnya MSDs. *Musculoskeletal Disorders* (MSD) adalah penyakit yang gejalanya dapat memengaruhi otot, saraf, tendon, ligamen sendi, tulang rawan, dan sumsum tulang belakang (Shobur, Maksuk, and Sari 2019). Menurut penelitian yang dilakukan di Jerman, gangguan muskuloskeletal menyumbang sebanyak 20% ketidakhadiran dan turut menyebabkan pensiun dini sebanyak 50% (Grandjean, 1993). MSDs timbul dari beberapa faktor seperti tempat, pekerjaan yang berulang, postur yang janggal dan statis, serta diidentifikasi berhubungan dengan nyeri bagian tubuh atas dan ketidaknyamanan yang ekstrem (Meenaxi and Sci, B Sudha - Int Res J Soc 2012). Hampir 75% cedera punggung terjadi saat mengangkat beban, seperti dalam pergudangan, pertanian dan konstruksi, misalnya pekerjaan terus-menerus dalam menangani beban secara manual (Pistolesi and Lazzerini 2020). Pada perpustakaan dalam memindahkan buku masih dengan aktivitas secara manual serta berulang, contohnya perpustakaan yang terdapat di Universitas XYZ.

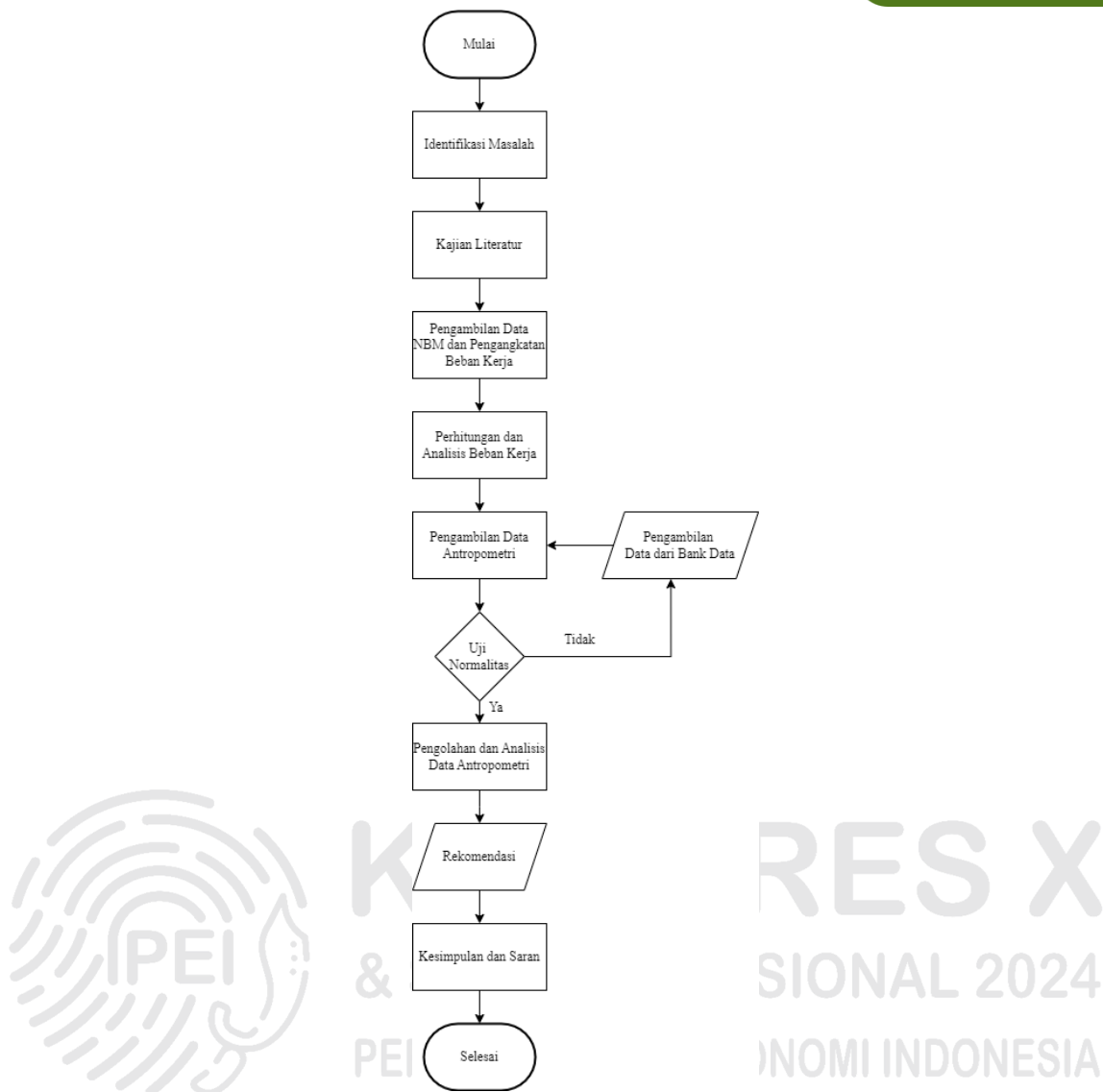
Hal yang dapat membantu untuk mengurangi risiko cedera dapat dengan menggunakan alat bantu saat melakukan aktivitas membawa atau pengangkatan, alat bantu tersebut dapat berupa misalnya troli. Troli adalah alat bantu yang diperuntukan dalam memindahkan barang dengan tujuan meringankan beban bagi pembawa barang (Zyahri and Purnomo 2020). Troli dapat meringankan pekerja perpustakaan dalam penataan buku, seperti ketika membawa buku dalam jumlah banyak. Pembuatan desain troli yang baik perlu memerhatikan aspek ergonomi. Ergonomi merupakan pemikiran seseorang dalam menciptakan suatu model kerja yang sehat, aman dan nyaman bagi penggunanya (Purwo Saputro and Suryati 2023). Lingkup ergonomi memerlukan studi tentang sistem yang melibatkan manusia, ruang kerja, dan lingkungannya berinteraksi satu dengan yang lainnya, dan memiliki tujuan utama untuk menyesuaikan lingkungan kerja dengan orang tersebut (Rochman, Astuti, and Setyawan 2012). Kegiatan tersebut melibatkan aktivitas pengangkatan dan penurunan secara manual. Hal tersebut dapat menimbulkan risiko cedera apabila dilakukan secara berulang.

Perpustakaan Universitas XYZ menyediakan troli yang dapat digunakan oleh pekerja maupun pengunjung. Namun, troli yang disediakan bukan troli yang khusus digunakan untuk mengangkut buku melainkan troli belanja. Berdasarkan hal itu, troli yang tersedia kurang ergonomis dan mengakibatkan pekerja kesulitan mengambil buku ketika menyusunnya pada rak buku. Pengukuran *Nordic Body Map* (NBM) pada responden perpustakaan Universitas XYZ dilakukan untuk mengetahui bagian sakit pada tubuh responden. Didapatkan hasil bahwa terdapat 10 bagian tubuh yang dirasakan, antara lain bahu kanan, lengan kiri atas, lengan kanan atas, pinggang, lengan kiri bawah, lengan kanan bawah, pergelangan tangan kanan, tangan kiri, tangan kanan, dan lutut kiri.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mengukur risiko *Manual Material Handling* disesuaikan dengan hasil NBM yang didapatkan dalam perancangan troli. Troli akan dibuat sesuai dengan kebutuhan pegawai perpustakaan Universitas XYZ. Untuk itu, perlunya inovasi yang sesuai untuk memudahkan pengelola dalam penataan buku atau dalam membawa buku untuk meningkatkan keefektivitasan dan keefisienan. Produk troli akan dibuat bersekat agar memudahkan pekerja serta ketinggiannya dapat disesuaikan.

METODE

Berikut merupakan alur penelitian dimana pengambilan data dilakukan di perpustakaan Universitas XYZ:



Gambar 1. Metode Penelitian.

Nordic Body Map

Kuesioner NBM adalah jenis kuesioner spesifikasi ergonomi yang digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan para pekerja dengan menggunakan kuesioner untuk mengetahui ketidaknyamanan yang dilakukan pihak pekerja (Adiyanto et al. 2022). Pada penelitian ini, operator diminta untuk mengisi kuesioner untuk mengetahui tingkat kesakitan pada bagian tubuh yang dirasakan ketika melakukan aktivitas di perpustakaan Universitas XYZ.

Manual Material Handling

Manual Material Handling (MMH) merupakan sebuah aktivitas yang melibatkan pemindahan beban oleh pekerja secara manual dalam durasi tertentu (Supri Adi, Suhardi, and Dwi Astuti 2010). MMH meliputi beberapa kegiatan seperti mendorong (*pushing*), mengangkat (*lifting*), membawa (*carrying*), menarik (*pulling*), memindahkan (*moving*), atau memegang (*holding*) suatu benda (Mindhayani and Purnomo 2016). Pada penelitian ini operator melakukan dua aktivitas, yaitu mengangkat (*lifting*) dan menurunkan (*lowering*). Hasil yang didapat kemudian dianalisis menggunakan *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI). Metode RWL menganalisis usaha seseorang dalam mengangkat atau memindahkan beban, serta memberikan saran batas beban yang dapat diangkat tanpa menimbulkan cedera meskipun dilakukan secara repetisi dalam durasi yang lama (Anggraini and Daus 2016). Penulisan rumus RWL adalah sebagai berikut:

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

dimana:

LC (*Load Constant*) = Kontanta beban (maksimal 23 kg)

HM (*Horizontal Multiplier*) = Faktor pengali horizontal (25/H)

VM (*Vertical Multiplier*) = Faktor pengali vertikal [$1 - (0,00326 \times V - 75)$]

DM (*Distance Multiplier*) = Faktor pengali perpindahan yang dilihat dari jarak beban terhadap lantai [$0,82 + (4,5/D)$]

AM (*Asymmetric Multiplier*) = Faktor pengali asimetrik dilihat dari sudut simetri putaran yang dibentuk tubuh [$1 - (0,00326 \times A (^{\circ}))$].

FM (*Frequency Multiplier*) = Rata-rata frekuensi pengangkatan

CM (*Coupling Multiplier*) = Faktor pengali kopling, pegangan pada suatu produk termasuk dalam kategori *good* atau *fair* atau *poor*

Berikut merupakan tabel *Frequency Multiplier*:

Tabel 1. *Frequency Multiplier*.

<i>Frequency Lift/min</i> (F)	Lama Kerja Mengangkat					
	≤ 1 jam		> 1 jam dan ≤ 2 jam		> 2 Jam dan ≤ 8 jam	
	V < 30 inch	V \geq 30 inch	V < 30 inch	V \geq 30 inch	V < 30 inch	V \geq 30 inch
$\geq 0,2$	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0,5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Berikut merupakan tabel *Coupling Multiplier*:

Tabel 2. *Coupling Multiplier*.

<i>Coupling Type</i>	<i>Coupling Multiplier</i>	
	V < 30 inch	V \geq 30 inch
<i>Good</i>	1.00	1.00
<i>Fair</i>	0.95	1.00
<i>Poor</i>	0.90	0.90

Lifting Index (LI) merupakan indeks yang dapat mengetahui tingkat atau level pengangkatan yang berbahaya (Salim 2020). Apabila nilai LI yang didapatkan melebihi ketentuan aman, maka perlu dilakukannya perbaikan pada pengangkatan tersebut. Penulisan rumus LI adalah sebagai berikut:

$$\text{Lifting Index} = \frac{\text{Berat Objek (kg)}}{\text{Recommended Weight Limit}} \dots\dots\dots(2)$$

Setelah perhitungan LI didapatkan, melakukan analisis berdasarkan beberapa klasifikasi risiko cedera tulang. Berikut merupakan klasifikasi LI:

Tabel 3. Klasifikasi *Lifting Index*.

Klasifikasi	Analisis
$LI \leq 1$	Aktivitas tidak mengandung risiko cedera tulang belakang
$1 < LI \leq 3$	Aktivitas memiliki kemungkinan risiko cedera tulang belakang
$LI > 3$	Aktivitas mengandung risiko cedera tulang belakang

Antropometri

Antropometri adalah serangkaian pengukuran jumlah otot, tulang, dan jaringan adiposa yang digunakan untuk menilai komposisi tubuh (Rusdiarti, 2019). Antropometri merupakan cabang ilmu ergonomi yang memiliki hubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia yang digunakan dalam merancang fasilitas ergonomis (Iskandar and Janari 2021). Data operator pada penelitian ini berisikan informasi mengenai responden yang mencakup nama, umur, jenis kelamin, dan ukuran dimensi tubuh yang diambil untuk penelitian. Pengambilan data responden 30 dengan 1 responden primer (sebagai responden 1) dan 29 responden sekunder dengan rentan usia 18-22 tahun. Berikut adalah dimensi perancangan troli yang digunakan:

Tabel 4. Data Dimensi Antropometri.

Dimensi Antropometri	Bagian Troli
Lebar Bahu (LB)	Lebar troli
Lebar Maksimum (LBMax)	Panjang pegangan troli (untuk karet pelapis) pada setiap tangan
Tinggi Badan Tegak (TBT)	Tinggi troli
Tinggi Siku Berdiri (TSB)	Tinggi pegangan troli
Panjang Tangan (PT)	Jarak pegangan dan keranjang troli dengan acuan pada diameter pegangan

Berikut tabel berisi data operator yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 5. Data Operator.

Responden	Umur	Dimensi Tubuh				
		Lebar Bahu (LB)	Lebar Maksimum (LBMax)	Tinggi Badan Tegak (TBT)	Tinggi Siku Berdiri (TSB)	Panjang Tangan (PT)
Responden 1	21	41	14	156	103	17
Responden 2	21	36	19,8	159	105	15,8
Responden 3	20	47	17	165	99	15,5
Responden 4	20	40	19,5	166,5	106	18
Responden 5	20	41	20,1	165,5	109	17,6
Responden 6	22	37	18,8	156,5	100,5	18
Responden 7	20	30,5	16,5	157,5	106	18
Responden 8	20	28,5	19,4	165	93,5	17
Responden 9	21	32,8	20	156	100,5	17,7
Responden 10	21	36,8	19,2	158,5	102	17
Responden 11	21	33,2	20,5	162,3	100,5	18
Responden 12	20	39,2	19,2	160,5	100	16,3
Responden 13	20	34	19,2	157,5	105,5	18,5
Responden 14	22	39	20	163,5	100,5	17,8
Responden 15	20	36	17,8	160	86,5	16,6
Responden 16	20	35,1	19	156,5	99,5	16,9
Responden 17	20	31,4	18	157,5	95,9	17,3
Responden 18	21	43,7	21,3	154	110,5	18,5
Responden 19	19	37	15	172	105,7	17
Responden 20	18	36,6	18,5	166	104,5	16
Responden 21	19	36,7	19,2	160,5	100,5	17,4
Responden 22	20	36,5	18	154,5	100	16
Responden 23	20	41	16	161	101,5	19
Responden 24	21	25	18,4	154	94	17,5
Responden 25	21	36	19	164	95,5	17,8
Responden 26	21	37,8	18,5	160	98	18,3
Responden 27	20	37,9	21,3	157,5	97	18
Responden 28	21	36,6	19,1	153	96	16,9
Responden 29	21	42,5	17,4	161	98	17,7
Responden 30	21	32,7	19	157,5	97	16,7

Sumber: Bank Data Laboratorium DSK&E Universitas XYZ

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nordic Body Map

Berikut merupakan data kuesioner pada operator:

Tabel 6. NBM Operator Sebelum Redesain Trolis.

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher	✓			
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher	✓			
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu	✓			
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu		✓		
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan		✓		
5	<i>Back</i> /Punggung	✓			
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan		✓		
7	<i>Waist</i> /Pinggang		✓		
8	<i>Buttock</i> /Pantat	✓			
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat	✓			
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku	✓			
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku	✓			
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah		✓		
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah		✓		
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri	✓			
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan		✓		
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri		✓		
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan		✓		
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri	✓			
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan	✓			
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri				✓
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan	✓			
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri	✓			
23	<i>Right Calf</i> / Betis Kanan	✓			
24	<i>Left Ankle</i> / Pergelangan Kaki Kiri	✓			
25	<i>Right Ankle</i> / Pergelangan Kaki Kanan	✓			
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri	✓			
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan	✓			

Pengukuran *Manual Material Handling* dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko cedera ketika melakukan aktivitas pengangkatan. Berikut merupakan data pengukuran operator pada *layout*:

Tabel 7. Pengukuran Operator pada *Layout*.

Tabel 7: Pengukuran Operator pada Layar.										
Berat Objek (kg)	Lokasi Tangan (cm)				Selisih Jarak Perpindahan (cm)	Sudut Asimetris (°)		Tingkat Frekuensi Lifts/min	Durasi (jam)	Jenis Kopling
	Awal		Tujuan			Awal	Tujuan			
L	H	V	H	V	D	A	A	F		C
5,3	67	0	44	72	72	0	0	5	2	Fair

Dapat dilihat pada tabel (**Tabel 6.**) berat objek adalah 5,3 kg, selisih jarak perpindahan sebesar 72cm, tingkat frekuensi sebesar 5, durasi selama 2 jam, dan jenis kopling adalah *fair*. Pada *layout* awal H didapatkan 67cm, V didapatkan 0cm, dan sudut asimetris sebesar 0°. Pada *layout* tujuan H didapatkan 44cm, V didapatkan 0cm, dan sudut asimetris sebesar 0°.

Recommended Weight Limit (RWL)

Berikut merupakan hasil perhitungan perhitungan RWL *origin* dan *destination* pada operator:

Tabel 8. Pengukuran Operator pada *Layout*.

Faktor Pengali	RWL <i>Origin</i>	RWL <i>Destination</i>
LC	23	23
HM	0,373	0,568
VM	0,755	0,990
DM	0,866	0,866
AM	1	1
FM	0,72	0,72
CM	0,95	0,95
TOTAL	5,1378 kg	5,9858 kg

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapatkan pada tabel (lihat **Tabel 7.**) Hasil perhitungan pada RWL *origin* adalah 5,13kg dan RWL *destination* adalah 5,98kg. Dalam melakukan kegiatan, operator tidak mengalami *twist*, sehingga sudut asimetris pada awal dan tujuan adalah 0°. Hasil perhitungan RWL *origin* lebih buruk dibandingkan RWL *destination* karena pada awal kegiatan operator mengambil beban dari lantai yang membuat posisi operator sangat membungkuk dan memberikan beban yang lebih besar dibandingkan ketika peletakan buku, dimana posisi tujuan berada lebih tinggi dibandingkan posisi awal. RWL yang terpilih untuk dilanjutkan dalam perhitungan LI adalah RWL terkecil, yaitu RWL *origin*. Pemilihan RWL terkecil digunakan untuk mengetahui risiko cedera yang lebih besar pada perhitungan.

Lifting Index (LI)

Berikut merupakan hasil perhitungan perhitungan LI pada operator:

$$\text{Lifting Index} = \frac{\text{Berat Objek (kg)}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{3,3}{3,1378} = 1,012$$

Berdasarkan hasil perhitungan LI yang didapat, 1,012 (LI) > 1. Maka nilai LI termasuk dalam kategori yang dapat menimbulkan risiko cedera, sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan pada pegawai perpustakaan Universitas XYZ.

Antropometri

Perhitungan antropometri dilakukan untuk menyesuaikan kebutuhan redesain dari produk troli yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan pemilihan dimensi yang telah ditentukan (lihat **Tabel 4.**), selanjutnya dilakukan perhitungan persentil yang sesuai dengan kebutuhan produk troli. Berikut merupakan hasil perhitungan persentil:

Tabel 9. Perhitungan Persentil.

Antropometri	Rata-Rata	Standar Deviasi	P5	P50	P95
LB	36,61	4,52	29,16	36,16	44,06
LBMax	18,62	1,66	15,88	18,62	21,35
TBT	160,4	5,34	151,61	160,4	169,18
TSB	100,37	4,99	92,14	100,37	108,59
PT	17,32	0,86	15,90	17,32	18,74

Berdasarkan perhitungan persentil yang telah dilakukan (lihat **Tabel 8.**), selanjutnya dilakukan pemilihan persentil yang sesuai untuk desain troli. Pada LB digunakan P95 untuk menentukan lebar troli menjadi 44,06 cm. penggunaan P95 agar fitur dapat digunakan oleh orang dengan dimensi terbesar secara optimal serta memuat berbagai buku dengan bermacam ukuran. Pada LBMax digunakan P95 untuk menentukan panjang pegangan troli dimana akan diinovasikan diberi karet pelindung pada pegangan untuk setiap tangan menjadi 21,35 cm. Pada TBT

digunakan P5 untuk menentukan penyesuaian tinggi troli yang dapat di *adjust* hingga 151 cm. Pada TSB digunakan P50 untuk menentukan tinggi pegangan troli menjadi 100,37 cm. Pada PT digunakan P50 untuk menentukan jarak antara pegangan troli dengan keranjang troli dengan acuan pada diameter pegangan menjadi 17,32 cm. Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah didapatkan, maka dilakukan redesain produk troli yang ada di perpustakaan Universitas XYZ. Berikut merupakan desain troli sebelum dan sesudah perbaikan:



Gambar 2. Produk Troli Perpustakaan Sebelumnya.



Gambar 3. Redesain Produk Troli Perpustakaan.

Produk dibuat dengan memerhatikan dimensi tubuh yang telah didapatkan. Fitur tambahan pada produk antara lain pada bagian roda belakang terdapat tiga roda dimana troli dapat digunakan melewati tangga, terdapat delapan tempat rak buku pada sisi kanan dan kiri yang dapat digunakan untuk meletakkan buku sesuai dengan jenisnya, terdapat tablet kecil pada produk yang berfungsi sebagai alat untuk mengetahui letak rak buku sesuai dengan jenisnya dan data dapat diperbarui secara berkala. Selain itu, gagang troli *adjustable* sehingga dapat disesuaikan dengan pengguna.

Tabel 10. Tabel NBM Setelah Redesain Troli.

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher	✓			
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher	✓			
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu	✓			
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu		✓		
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan		✓		
5	<i>Back</i> /Punggung	✓			
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan		✓		
7	<i>Waist</i> /Pinggang		✓		
8	<i>Buttock</i> /Pantat	✓			
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat	✓			
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku	✓			

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku	✓			
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah	✓			
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah	✓			
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri	✓			
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan	✓			
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri	✓			
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan	✓			
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri	✓			
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan	✓			
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri		✓		
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan	✓			
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri	✓			
23	<i>Right Calf</i> / Betis Kanan	✓			
24	<i>Left Ankle</i> / Pergelangan Kaki Kiri	✓			
25	<i>Right Ankle</i> / Pergelangan Kaki Kanan	✓			
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri	✓			
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan	✓			

Berdasarkan perbandingan kuesioner NBM sebelum dilakukannya redesain produk troli (lihat **Tabel 6.**) dengan kuesioner NBM setelah dilakukannya redesain produk troli (lihat **Tabel 10.**) terlihat terdapat pengurangan letak titik rasa sakit yang dialami oleh operator. Sebelum dilakukan redesain, responden mengalami rasa sakit sebanyak 10 bagian tubuh, setelah perancangan ulang desain troli responden mengalami penurunan letak bagian tubuh menjadi 5 bagian tubuh antara lain kanan bahu, lengan kiri atas, lengan kanan atas, pinggang, dan lutut kiri.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, risiko *Manual Material Handling* yang didapatkan berdasarkan perhitungan *Lifting Index* (LI) sebesar 1,03 yang artinya nilai $LI > 1$. Apabila nilai $LI > 1$ maka aktivitas yang dilakukan pegawai perpustakaan dapat menimbulkan risiko cedera, sehingga diperlukan rekomendasi segera untuk meminimalisir timbulnya risiko yang lebih berbahaya. Rekomendasi yang dapat diberikan berupa perubahan dari desain troli sebelumnya, yaitu ukuran pada lebar troli, tinggi troli, pemberian karet pelapis pada pegangan troli, dan tinggi pegangan troli yang dapat disesuaikan. Penyesuaian pada dimensi troli tersebut bertujuan agar ukuran troli dapat digunakan oleh sebagian besar masyarakat. Pada desain produk sebelumnya tinggi troli menjadi bagian dimensi troli yang paling memberikan perbedaan karena tinggi troli disesuaikan dengan rata-rata tinggi berdasarkan hasil antropometri. Pemberian karet pelapis pada pegangan troli bertujuan agar pegangan tidak licin serta pegangan troli akan terasa lebih empuk ketika digunakan. Rekomendasi tersebut dapat menurunkan risiko dan meningkatkan produktivitas. Untuk perbandingan *Manual Material Handling*, belum dapat dilakukan karena produk masih berupa prototipe sehingga perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut menggunakan produk dalam ukuran normal dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti yang terlibat mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan artikel penelitian ini. Terhusus kepada panitia Kongres dan Seminar Perhimpunan Ergonomi Indonesia Tahun 2024 yang telah memberikan wadah dan kesempatan bagi peneliti untuk menyalurkan dan berkolaborasi melalui artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyanto, Okka, Effendi Mohamad, Rosidah Jaafar, Farid Ma'ruf, Muhammad Faishal, and Anggi Anggraeni. 2022. "Application of Nordic Body Map and Rapid Upper Limb Assessment for Assessing Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Case Study in Small and Medium Enterprises." *International Journal of Integrated Engineering* 14(4):10–19. doi: 10.30880/ijie.2022.14.04.002.
- Anggraini, Denny Astrie, and Riko Ahmad Daus. 2016. "Analisis Beban Kerja Dengan Menggunakan Metode Recommended Weight Limit (RWL) Di PT. Indah Kiat Pulp and Paper. Tbk." *Jurnal Surya Teknika* 2(04):49–55. doi: 10.37859/jst.v2i04.208.
- ASSOCIATION, UNIVERSITIES SAFETY. 1998. "Manual Handling in Libraries A Guide to Reducing Injuries from Manual Handling in Libraries." 1–11.
- Iskandar, Mukhamad Nur, and Dian Janari. 2021. "Usulan Desain Troli Barang Menggunakan Pendekatan Antropometri Dan Ergonomi Partisipatori (Studi Kasus PT. Mataram Tunggal Garment)." *Industry Xplore* 6(2):57–66. doi: 10.36805/teknikindustri.v6i2.1745.
- Iztihana, A., &, and M. Arfa. 2020. "Peran Pustakawan MTSN 1 Jepara Dalam Upaya Mengembangkan Minat Kunjungan Siswa Pada Perpustakaan." *Ilmu Perpustakaan* 9(1):93–103.
- Mangnga, Alias. 2015. "Peran Perpustakaan Sekolah Terhadap Proses Belajar Mengajar Di Sekolah." *Jupiter* 14(1):38–42.
- Meenaxi, T., and Undefined Sci, B Sudha - Int Res J Soc. 2012. "Causes of Musculoskeletal Disorder in Textile Industry." *Isca.MeT Meenaxi, B SudhaInt Res J Soc Sci, Isca.Me* 1(4):48–50.
- Mindhayani, Iva, and Hari Purnomo. 2016. "Perancangan Sistem Kerja Berkelanjutan: Pendekatan Holistik Untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja." *Jurnal PASTI* 10(1):98–107.
- Pistolesi, Francesco, and Beatrice Lazzarini. 2020. "Assessing the Risk of Low Back Pain and Injury via Inertial and Barometric Sensors." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 16(11):7199–7208. doi: 10.1109/TII.2020.2992984.
- Purwo Saputro, Aziz, and Adelina Suryati. 2023. "Peran Ilmu Ergonomi Terhadap Keselamatan Kerja Di Sebuah Perusahaan." *MUFAKAT: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Dan Akuntansi* 2(2):1–11.
- Rochman, Taufiq, Rahmadiyah Dwi Astuti, and Fuad Dwi Setyawan. 2012. "Perancangan Ulang Fasilitas Fisik Kerja Operator Di Stasiun Penjilidan Pada Industri Percetakan Berdasarkan Prinsip Ergonomi." *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri* 11(1):1–8.
- Salim, Regina Fortunata. 2020. "Evaluasi Aktivitas Manual Lifting Pada Stasiun Kerja Viscose Pendekatan Biomekanika(Studi Kasus : PT. X)." *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC* (November):A05.1-A05.9.
- Shobur, Sherli, Maksuk Maksuk, and Fenti Indah Sari. 2019. "FAKTOR RISIKO MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSDs) PADA PEKERJA TENUN IKAT DI KELURAHAN TUAN KENTANG KOTA PALEMBANG." *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)* 6(2):113–22. doi: 10.36743/medikes.v6i2.188.
- Supri Adi, Puthut, Bambang Suhardi, and Rahmadiyah Dwi Astuti. 2010. "Analisis Manual Material Handling Berdasarkan Prinsip Biomekanika (Studi Kasus CV. Titian Mandiri)." 4(2):93–106.
- Ulfa, Farissa, and Oktia. Woro Kasmini Handayani. 2018. "Indeks Massa Tubuh, Kelelahan Kerja, Beban Kerja Fisik Dengan Keluhan Gangguan Muskuloskeletal." *Higeia Journal of Public Health Research and Development* 2(2):227–38.
- Wisuda Lubis, Silvia Sandi. 2020. "Membangun Budaya Literasi Membaca Dengan Pemanfaatan Media Jurnal Baca Harian." *Pionir: Jurnal Pendidikan* 9(1). doi: 10.22373/pjp.v9i1.7167.
- Zyahri, Moh, and Hari Purnomo. 2020. "Pengembangan Desain Produk Trolley Menggunakan Metode Kano." *Journal Penelitian* 122–29.