

Perancangan *Lift Table* Dalam Aktivitas Penuangan Larutan *Softener* Dengan Pendekatan Antropometri Untuk Mengurangi Risiko *Musculoskeletal Disorders* Pada *After Treatment Line 2* di PT. South Pacific Viscose

Lift Table Design in Softener Solution Pouring Activities With Anthropometric Approach To Reduce The Risk Of Musculoskeletal Disorders In After Treatment Line 2at PT. South Pacific Viscose

Muhammad Ali Akbar¹, Priyo Ari Wibowo², Arif Sarjianto³

¹²⁾Dosen Tetap Teknik Industri STT. Wastukencana, ³⁾Mahasiswa Teknik Industri STT Wastukencana
maliakbar@stt-wastukencana.ac.id, priyo@stt-wastukencana.ac.id, sarjianto69@gmail.com

Corresponding : maliakbar@stt-wastukencana.ac.id

Abstrak. Dalam proses persiapan larutan *softener*, yang dimulai dengan aktivitas menimbang larutan sampai dengan penuangan larutan ke bak penampungan, seluruhnya masih dengan tenaga pekerja (*manual*). Aktivitas *manual material handling* ini salah satunya adalah penuangan larutan *softener* pada *after treatment line 2* di PT. South Pacific Viscose dilakukan tanpa menggunakan alat bantu dengan cara 2 pekerja mengangkat tong larutan seberat 114 kilogram dalam posisi punggung membungkuk. Kegiatan yang berulang dengan beban yang berat berpotensi menyebabkan timbulnya keluhan muskuloskeletal. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan mengetahui level risiko adalah metode RWL (*Recommended Weight Limit*) dan LI (*Lifting Index*). Tahapan dalam perancangan alat bantu aktivitas penuangan ini terdiri dari penjabaran kebutuhan perancangan (*need*), pengembangan ide (*idea*) perancangan yang mengadopsi dan memodifikasi beberapa tahapan metode rasional, memutuskan spesifikasi perancangan (*decision*), penentuan dimensi alat bantu berdasarkan antropometri, pembuatan prototipe rancangan (*action*). Berdasarkan pengolahan data antropometri pekerja, diperoleh dimensi lebar pegangan *lift table* sebesar 560 mm, ketinggian pegangan *lift table* sebesar 1050 mm, panjang dan lebar papan landasan sebesar 800 mm, dan ketinggian maksimum papan landasan 750 mm. Dengan adanya *lift table* ini, mampu mengurangi risiko muskuloskeletal. Nilai LI sebelum perancangan yang dihasilkan pada *hand action origin* dan *destination* kesemuanya lebih dari 3 yang artinya memiliki tingkat risiko tinggi, sedangkan nilai LI sesudah perancangan berkurang menjadi 1- < 3 yang artinya memiliki tingkat risiko sedang.

Kata kunci : antropometri, musculoskeletal disorders (MSDs), Recommended Weight Limit (RWL), Lifting Index (LI), NIDA (Need, Idea, Decision, Action).

Abstract. In the process of preparing the softener solution, which begins with the activity of weighing the solution until the solution is poured into the reservoir, all of them are still manual labor. One of the manual material handling activities is pouring softener solution on after treatment line 2 at PT. South Pacific Viscose was carried out without the use of assistive devices by means of two workers lifting a 114 kilogram barrel of solution in a bent back position. Repetitive activities with heavy loads have the potential to cause musculoskeletal complaints. The method used to evaluate the condition and determine the level of risk is the RWL (Recommended Weight Limit) and LI (Lifting Index) method. The stages in the design of this pouring activity tool consist of elaborating the design requirements (needs), developing design ideas that adopt and modifying several stages of the rational method, deciding on design specifications (decision), determining the dimensions of the tool based on anthropometry, making a design prototype (actions). Based on the anthropometric data processing of workers, the dimensions of the lift table handle width are 560 mm, the lift table handle height is 1050 mm, the length and width of the baseboard are 800 mm, and the maximum height of the baseboard is 750 mm. With this lift table, it can reduce the musculoskeletal risk. The LI values before the design generated at the origin and destination hand actions are all more than 3 which means they have a high level of risk, while the LI value after the design is reduced to 1- < 3, which mean they have a moderate level of risk.

Keywords: anthropometry, musculoskeletal disodes (MSDs), Recommended Weight Limit (RWL), Lifting Index (LI), NIDA (Need, Idea, Decision, Action)

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi pada industri di Indonesia mempunyai tingkat keragaman yang tinggi, dari teknologi yang sederhana sampai dengan teknologi yang canggih. Dalam setiap aktivitas produksi, penggunaan tenaga manusia masih dominan, terutama kegiatan penanganan material secara manual. Tanpa disadari aktivitas pengangkatan barang yang dilakukan pekerja berpengaruh terhadap timbulnya risiko keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) terlebih jika pekerjaan tersebut tidak dilakukan dengan

benar dan dengan sikap kerja yang tidak alamiah. Namun jika pekerjaan berulang tersebut dilakukan dengan sikap kerja yang alamiah, maka tidak akan menyebabkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs).

PT. South Pacific Viscose adalah sebuah perusahaan yang bergerak pada bidang industri kimia, yang memproduksi serat rayon viskosa sebagai produk utama (*textile and non woven*) dan natrium sulfat anhidrat kristal sebagai produk samping, akan tetapi kini PT South Pacific Viscose juga memproduksi karbon disulfida (CS_2) cair dan asam sulfat (H_2SO_4) untuk keperluan produksi sendiri.

Dalam proses persiapan larutan *softener*, yang dimulai dengan aktivitas menimbang larutan sampai dengan penuangan larutan ke bak penampungan, seluruhnya masih dengan tenaga pekerja (*manual*). Aktivitas *manual material handling* ini, salah satunya adalah penuangan larutan *softener*, seberat 114 kg ke bak penampungan (*collecting trough*) setinggi 1 m tanpa alat bantu, hanya menggunakan tangan operator secara langsung. Menurut *National Occupational Health and Safety Commission* batas normal pengangkatan yang dianjurkan sebesar 34 - 50 kg tanpa menggunakan alat bantu, dan pengangkatan beban diatas 50 kg dianjurkan menggunakan alat bantu mekanis (Nurmianto, 2008). Sedangkan kondisi aktual pengangkatan beban yang dilakukan oleh pekerja di *after treatment* 114 kg, diangkat oleh 2 orang pekerja, dimana berat tong terbagi menjadi 57 kg, tanpa menggunakan alat bantu pengangkatan. Dengan adanya intensitas pekerjaan secara rutin, beban yang terlalu berat, dan dengan sikap kerja yang tidak alamiah, ini akan menyebabkan timbulnya risiko keluhan muskuloskeletal.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *lift table* yang ergonomis sebagai alat bantu kerja dalam aktivitas penuangan larutan *softener* pada *after treatment line 2* di PT. South Pacific Viscose?
2. Apakah terdapat pengurangan risiko keluhan muskuloskeletal dalam aktivitas penuangan larutan *softener* pada *after treatment line 2* di PT. South Pacific Viscose sesudah menggunakan *lift table* sebagai alat bantu kerja?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan rancangan *lift table* yang ergonomis sebagai alat bantu kerja dalam aktivitas penuangan larutan *softener* pada *after treatment line 2* di PT. South Pacific Viscose.
2. Mengetahui pengurangan risiko keluhan muskuloskeletal dalam aktivitas penuangan larutan *softener* pada *after treatment line 2* di PT. South Pacific Viscose sesudah menggunakan alat bantu kerja.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengaplikasikan ilmu ergonomi secara nyata di dunia kerja, khususnya mengenai perancangan fasilitas kerja, dan pengukuran antropometri, sehingga mahasiswa dapat membandingkan teori yang diperoleh didalam perkuliahan dengan praktik sebenarnya yang diteliti di lapangan.
2. Perusahaan dapat memanfaatkan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang ergonomi dan perancangan sistem kerja, sehingga pekerja dapat bekerja secara efektif, aman, sehat, nyaman dan efisien.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Ergonomi

Ergonomi atau *ergonomics* (dalam bahasa Inggris) berasal dari kata Yunani, yaitu *Ergo* yang berarti kerja dan *Nomos* yang berarti hukum. Dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya. Istilah ergonomi lebih populer digunakan oleh beberapa negara Eropa Barat. Di Amerika istilah ini lebih dikenal dengan *Human Factors Engineering* atau *Human Engineering*. Demikian pula ada banyak istilah lainnya yang secara praktis mempunyai maksud yang sama, seperti *Biomechanics*, *Bio-technology*, *Engineering Psychology* atau *Arbeitswissenschaft* (Jerman).

Berikut ini adalah berbagai definisi dari ergonomi yang diungkapkan oleh para ahli, diantaranya:

1. Menurut Nurmianto (2008), ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen, dan desain perancangan.
2. Menurut Tarwaka (2015), ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyerasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan segala kemampuan, dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga dicapai kualitas hidup secara keseluruhan yang lebih baik.

2.2 Manual Material Handling

Aktivitas *manual material handling* merupakan sebuah aktivitas memindahkan beban oleh tubuh secara manual dalam rentang waktu tertentu. *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA)

mengklasifikasikan kegiatan *manual material handling* menjadi lima (Suhardi dkk, 2008 dikutip Romadhan, 2010), yaitu:

1. Mengangkat/menurunkan (*lifting/lowering*).
2. Mendorong/menarik (*push/pull*).
3. Memutar (*twisting*).
4. Membawa (*carrying*).
5. Menahan (*holding*).

Sikap kerja merupakan salah satu faktor resiko penyebab akan terjadinya gangguan *muscoloskeletal*. Keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit disebut dengan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (Lemasters, 1996 dikutip Tarwaka, 2004). Sikap kerja yang sering dilakukan oleh manusia antara lain berdiri, duduk, membungkuk, jongkok, berjalan, dan lain-lain. Sikap kerja dilakukan tergantung kepada jenis pekerjaan dan sistem kerja yang ada.

2.3 NIOSH Lifting Equation

NIOSH tahun 1991 merekomendasikan formulasi persamaan pembebanan atau *lifting equation*, outputnya berupa *Recommended Weight Limit* (RWL). *Recommended weight limit* (RWL) adalah nilai beban angkat teoritis yang disarankan tanpa menimbulkan risiko cedera terutama cedera *back pain*. Ada 2 macam perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) yaitu *single task lifting job analysis* dan *multi task lifting job analysis*. Kedua kondisi tersebut dipakai tergantung pada kondisi kerjanya.

1. *Single task lifting job analysis*

Single task lifting job analysis adalah metode yang digunakan untuk perhitungan RWL pada kondisi pengangkatan yang tidak berulang atau berulang dan jarak pengangkatannya tidak berubah-ubah baik vertikal maupun horisontal. Persamaan yang digunakan dalam metode *single task lifting job analysis* adalah sebagai berikut:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Keterangan:

RWL : Batas beban yang direkomendasikan

LC (*Lifting Costanta*) : Konstanta pembebanan = 23 Kg

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

VM (*Vertical Multiplier*) : Faktor pengali vertikal = $1 - (0,003 | V - 75|)$

DM (*Distance Multiplier*) : Faktor pengali perpindahan
= $0,82 + 4,5/D$

AM (*Asymmetric Multiplier*) : Faktor pengali asimetrik
= $1 - 0,00032 A$

FM (*Frequency Multiplier*) : Faktor pengali frekuensi

CM (*Coupling Multiplier*) : Faktor pengali kopling

Lifting Index (LI) adalah nilai yang digunakan untuk menganalisis seberapa besar penyimpangan beban yang digunakan terhadap rekomendasi beban berdasarkan perhitungan RWL. *Lifting index* memberikan nilai estimasi dari tingkatan beban kerja yang diterima oleh operator yang diakibatkan oleh pekerjaan mengangkat. Berdasarkan berat beban dan nilai RWL, dapat ditentukan besarnya LI dengan rumus sebagai berikut.

$$LI = \frac{\text{Berat Beban}}{RWL}$$

Apabila hasil perhitungan *lifting index* > 1 maka kegiatan pengangkatan tidak direkomendasikan untuk dilakukan, karena hal tersebut dapat mengakibatkan risiko cedera, sehingga diperlukan pengecekan dan perbaikan agar $LI \leq 1$ (Tarwaka, 2015).

2. *Multi task lifting job analysis*

Multi task lifting job analysis adalah metode yang digunakan untuk perhitungan RWL dan LI pada kondisi pengangkatan yang berulang-ulang (*repetitive*) dan jarak pengangkatannya berubah-ubah baik vertikal maupun horisontal. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung RWL dengan metode *multi task lifting job analysis*:

$$FIRWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM$$

$$STRWL = FIRWL \times FM$$

$$FILI = \frac{L}{FIRWL}$$

$$STLI = \frac{L}{STRWL}$$

$$CLI = STLI + \sum \Delta LI$$

$$\sum \Delta LI = \left(FILI_2 \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) \right) + \left(FILI_3 \left(\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right) \right) + \left(FILI_n \left(\frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,n}} - \frac{1}{FM_{1,2,\dots,(n-1)}} \right) \right)$$

Keterangan:

FIRWL : *Frequency Independent Recommended Weight Limit*

LC : Konstantan pembebanan = 23 Kg

HM : Faktor pengali horisontal = 25/H

VM : Faktor pengali vertikal = 1-(0,003|V-75|)

DM : Faktor pengali perpindahan = 0,82 + 4,5/D

AM : Faktor pengali asimetrik = 1 - 0,00032A

CM : Faktor pengali kopling

STRWL : *Single Task Recommended Weight Limit*

FM : Faktor pengali frekuensi

FILI : *Frequency Independent Lifting Index*

L : Beban yang diangkat (Load)

STLI : *Single Task Lifting Index*

Apabila hasil perhitungan CLI lebih dari 1 maka kegiatan pengangkatan tidak direkomendasikan untuk dilakukan, karena hal tersebut dapat mengakibatkan cedera kerja.

2.4 Antropometri

Menurut Wignjosoebroto (2006) istilah antropometri berasal dari kata *antro* yang berarti manusia dan *metri* yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Sedangkan menurut Eko Nurmianto (2008), antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data antropometri dibedakan menjadi dua kategori, yaitu dimensi struktural (statis) dan dimensi fungsional (dinamis).

Untuk penetapan data antropometri yang telah diukur, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (*mean*, $\bar{X}$) dan simpangan standarnya (*standard deviation*, σx) dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka konsep persentil dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Menurut Wignjosoebroto (2006), persentil adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut.

2.5 Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan dikenal dengan sebutan *NIDA*, yang merupakan kepanjangan dari *Need, Idea, Decision, dan Action*. Artinya, tahap pertama seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*need*) sebagai dasar perancangan alat atau produk yang akan dirancang. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan ide-ide (*idea*) yang akan melahirkan berbagai alternatif, untuk memenuhi kebutuhan tadi dilakukan suatu penilaian dan penganalisaan terhadap berbagai alternatif yang ada, sehingga perancang akan dapat memutuskan (*decision*) suatu alternatif yang terbaik. Dan pada akhirnya dilakukan suatu proses pembuatan (*action*). Perancangan suatu peralatan kerja dengan berdasarkan data antropometri pemakainya bertujuan untuk mengurangi tingkat kelelahan kerja, meningkatkan performansi kerja dan meminimasi potensi kecelakaan kerja” (Pulat, *Industrial ergonomics case studies*, 1992 dikutip Baktiar, 2013).

Metode rasional menggunakan pendekatan yang sistematis dalam perancangan. Metode ini banyak digunakan dalam perancangan karena memiliki tahapan yang jelas sehingga dapat memberikan hasil rancangan dan produk akhir yang berkualitas (Cross, 1994 dikutip Ginting, 2009). Adapun langkah-langkah metode rasional antara lain:

1. Klasifikasi Tujuan
Tahap pertama bertujuan untuk mengklasifikasi tujuan-tujuan dari sub perancangan serta hubungannya satu dengan yang lain.
2. Penetapan Fungsi
Bertujuan untuk menentukan fungsi-fungsi yang dibutuhkan dan batasan sistem dari perancangan yang akan dilakukan.
3. Penetapan Kebutuhan
bertujuan untuk membuat spesifikasi yang akurat dari kebutuhan perancangan.

4. Penentuan Karakteristik
Tahapan ini bertujuan untuk menentukan target yang akan dicapai oleh karakteristik teknik produk sehingga dapat memuaskan kebutuhan konsumen.
5. Pembangkitan Alternatif
Merupakan suatu proses perancangan yang berguna untuk membangkitkan alternatif – alternatif yang dapat mencapai solusi terhadap permasalahan perancangan.
6. Evaluasi Alternatif
Tahap ini merupakan suatu proses penentuan alternatif terbaik dari berbagai macam alternatif yang muncul, sehingga diperoleh suatu rancangan yang baik dan dapat memenuhi keinginan konsumen.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi mengenai kondisi umum *manual material handling* di *After Treatment* departemen pemintalan PT. South Pacific Viscose serta merumuskan masalah yang terjadi di *After Treatment* dan upaya dalam memecahkan masalah tersebut dengan menentukan metode pemecahan masalah untuk mencapai tujuan penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan. Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Dokumentasi
Data dokumentasi ini berupa foto-foto postur kerja pada saat melakukan penuangan larutan.
2. Wawancara secara langsung
Wawancara ini merupakan tanya jawab secara langsung dengan operator, untuk mengetahui keluhan dan kesulitan yang dialami pada saat melakukan penuangan.
Adapun data yang dikumpulkan meliputi:
 1. Data aktivitas penuangan larutan *softener* yang berupa variabel dalam menghitung RWL dan LI yaitu jarak horisontal, jarak vertikal, jarak perpindahan, sudut asimetrik, frekuensi angkat dan jenis kopling.
 2. Data antropometri yaitu lebar bahu dan tinggi siku berdiri pekerja.

3.3 Pengolahan Data

Metode yang digunakan untuk menganalisis data adalah sebagai berikut:

1. NIOSH *Lifting Equation*
Metode yang digunakan adalah *single task lifting job analysis*. Data aktivitas penuangan larutan yang terkumpul selanjutnya diolah kemudian menjadi nilai RWL dan LI.
2. Antropometri
Data tinggi siku berdiri dan lebar bahu dari 20 data pekerja diolah dengan melalui beberapa tahapan pengujian, yaitu:
 - a) Uji Normalitas Data, dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak, pengujian normalitas data dilakukan dengan menggunakan *software IBM SPSS Statistic 21*. Uji normalitas data antropometri tersebut dilakukan dengan uji kolmogorov smirnov.
 - b) Uji Kecukupan Data, dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut cukup atau tidak.
 - c) Uji Keseragaman Data, dilakukan dengan cara membuang data-data ekstrim diluar Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB), hal ini dilakukan agar semua data didalam batas kontrol atau dikatakan data seragam. Pada pengujian keseragaman data menggunakan tingkat kepercayaan 95% dengan tingkat ketelitian 5%.
 - d) Persentil, nilai persentil yang digunakan untuk lebar bahu dan tinggi siku berdiri adalah persentil ke-95.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perhitungan RWL dan LI

Perhitungan nilai RWL dan LI dalam aktivitas penuangan larutan *softener* dilakukan pada 2 pekerja dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan RWL dan LI

OP	Variabel Origin								RWL	LI
	L	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM		
1	50	23	0.50	0.78	0.87	1	1	0.90	7	8.1
2	50	23	0.63	0.93	0.87	1	1	0.90	8.8	6.5
OP	Variabel Destination								RWL	LI
	L	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM		
1	50	23	1	0.93	0.87	0.86	1	0.90	14.4	3.9
2	50	23	1	0.93	0.87	0.86	1	0.90	14.4	3.9

Nilai LI kedua pekerja lebih besar dari pada 3 hal ini dikategorikan sangat berbahaya bagi operator dan dapat menimbulkan risiko *musculoskeletal disorders*.

4.2 Analisis Data Antropometri

1. Uji Normalitas Data

Hasil pengujian data antropometri lebar bahu dan tinggi siku berdiri dinyatakan berdistribusi normal dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil uji normalitas

No.	Dimensi	Nilai Signifikansi	Keterangan
1.	Lebar bahu	0.541	Normal
2.	Tinggi siku berdiri	0.729	Normal

2. Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data ini menggunakan tingkat ketelitian 5% dengan nilai indeks untuk tingkat ketelitian (S) adalah sebesar 0,05 dan tingkat keyakinan 95% dengan nilai indeks untuk tingkat keyakinan (K) adalah sebesar 2.

a. Lebar Bahu

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{20.39215.3 - 783756.09}}{885.3} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{784306.6 - 786236.89}}{885.3} \right)^2$$

$$N' = 1.12$$

b. Tinggi Siku Berdiri

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{20.203969.2 - 4077976.4}}{2019.4} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{4079384.8 - 786236.89}}{2019.4} \right)^2$$

$$N' = 0.55$$

Berdasarkan hasil dari uji kecukupan data diperoleh nilai $N' < N$, maka data cukup.

3. Uji Keseragaman Data

Pengujian data antropometri lebar bahu dan tinggi siku berdiri dinyatakan seragam, dengan hasil sebagai berikut:

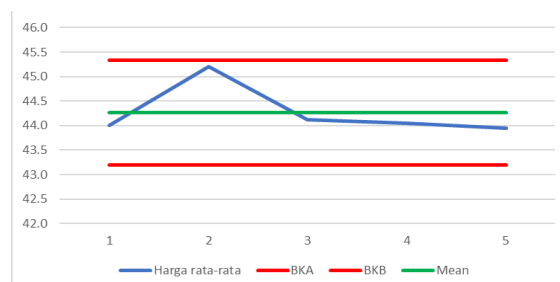
a. Lebar Bahu

Dari hasil pengolahan data diketahui $\bar{x} = 44.27$ dengan standar deviasi $\sigma_{\bar{x}} = 0.54$.

$$BKA = \bar{x} + K \sigma_{\bar{x}} \quad BKB = \bar{x} - K \sigma_{\bar{x}}$$

$$BKA = 44.27 + 2 \times 0.5383 \quad BKB = 44.27 - 2 \times 0.5383$$

$$BKA = 45.34 \quad BKB = 43.19$$



Gambar 1. Control Chart Lebar Bahu

b. Tinggi Siku Berdiri

Dari hasil pengolahan data diketahui $\bar{x} = 100.97$ dengan standar deviasi $\sigma_{\bar{x}} = 0.86$.

$$BKA = \bar{x} + K \sigma_{\bar{x}}$$

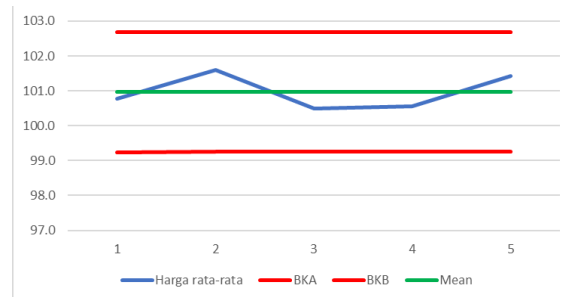
$$BKB = \bar{x} - K \sigma_{\bar{x}}$$

$$BKA = 100.97 + 2 \times 0.8610$$

$$BKB = 100.97 - 2 \times 0.8610$$

$$BKA = 102.69$$

$$BKB = 99.25$$



Gambar 2. Control Chart Tinggi Siku Berdiri

4. Persentil

Perhitungan persentil dilakukan untuk mendapatkan batas ukuran yang diperlukan dalam perancangan *lift table*. Persentil yang digunakan dalam perancangan *lift table* ini yaitu persentil ke-95th. Penentuan persentil ini ditentukan dengan pertimbangan bahwa persentil ini dapat mengakomodasi sebagian besar penggunaanya, sehingga populasi dapat terlayani. Perhitungan persentil lebar bahu dan tinggi siku berdiri ini selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi lebar pegangan (*handle*) *lift table* dan ketinggian pegangan (*handle*) *lift table* yang dibuat. Perhitungan persentil lebar bahu dan tinggi siku berdiri sebagai berikut.

1. Perhitungan lebar pegangan *lift table*

$$\text{Persentil } 95^{\text{th}} = \bar{X} + 1,645 \sigma_x$$

$$= 44.27 + (1.645 \times 0.54)$$

$$= 451.6 \text{ mm}$$

2. Perhitungan tinggi pegangan *lift table*

$$\text{Persentil } 95^{\text{th}} = \bar{X} + 1,645 \sigma_x$$

$$= 100.97 + (1.645 \times 0.86)$$

$$= 1023.8 \text{ mm}$$

4.3 Tahap Perancangan

1. Penyusunan Konsep Perancangan

Penyusunan konsep perancangan dilakukan dengan cara menjabarkan keluhan dan keinginan pekerja menjadi kebutuhan perancangan yang dilanjutkan dengan pengembangan ide perancangan sesuai dengan kebutuhan, sebagai berikut.

A. Penjabaran kebutuhan perancangan (*need*)

Informasi yang diperoleh dari studi pendahuluan yang dilakukan dengan wawancara menunjukkan bahwa pekerja belum menemukan kenyamanan dalam melakukan aktivitas pemuatan. Hubungan antara timbulnya keluhan dengan penyebabnya dan hasil keinginan pekerja yang kemudian menjadi kebutuhan perancangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 3 Ringkasan keluhan dan faktor penyebab

No.	Keluhan Pekerja	Faktor Penyebab
1.	Keluhan rasa pegal pada lengan, kaki, punggung dan pinggang setelah menuangkan.	Pekerja masih menggunakan pemuatan secara manual. Dengan posisi awal mengangkat dengan membungkuk
2.	Kesulitan ketika mengangkat tong larutan.	Beban yang diangkat oleh pekerja terlalu berat, yakni 114 kg, dan ukuran tong yang besar sehingga sulit dipegang.
3.	Kesulitan saat membawa larutan dari gudang ke tempat pemuatan.	Troli tidak bisa dinaikkan ke lantai 1 bersama tong larutan.

Tabel 4. Penjabaran kebutuhan perancangan

Keinginan Pekerja	Penjabaran Kebutuhan
Pekerja menginginkan alat bantu yang memungkinkan aktivitas penuangan larutan dalam posisi yang nyaman, tidak lagi melakukan aktivitas penuangan yang mengakibatkan kelelahan karena menggunakan tenaga berlebih dan bisa mengurangi risiko cedera.	Alat bantu yang memungkinkan proses pengangkatan larutan tanpa membungkuk.
	Alat bantu dibuat dengan mekanisme sederhana namun dapat memperingan dalam aktivitas penuangan dan mengurangi risiko cedera.
Perlunya alat bantu kerja yang memudahkan aktivitas penuangan.	Adanya landasan untuk menopang tong larutan.
	Ketinggian landasan bisa disesuaikan dengan tinggi bak penampungan.
Pekerja menginginkan alat bantu yang memudahkan saat membawa tong larutan dari gudang ke tempat penuangan.	Alat bantu dapat dioperasikan hanya dengan satu orang pekerja.
	Mobilitas alat bantu yang baik.
	Alat bantu stabil saat dijalankan.

B. Pembangkitan gagasan dalam perancangan (*idea*)

Gagasan atau ide yang dikembangkan haruslah berorientasi pada pemenuhan kebutuhan perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pembangkitan ide perancangan dengan mengadopsi dan memodifikasi beberapa tahapan metode perancangan dari *Nigel Cross* yang terdiri dari klasifikasi tujuan, penetapan fungsi, dan penetapan kebutuhan untuk menggambarkan konsep perancangan yang akan dilakukan.

1. Klasifikasi tujuan, bertujuan untuk menjelaskan tujuan dan subtujuan dari perancangan, serta hubungan diantara keduanya. Berikut adalah susunan daftar tujuan perancangan dari *higher-level* kepada *lower-level*.

A. Level 0

- Alat bantu kerja pada aktivitas penuangan larutan *softener*

B. Level 1

- Kemudahan menggunakan alat bantu untuk penuangan
- Kemudahan memposisikan tong larutan untuk dituangkan
- Landasan untuk menopang tong larutan
- Alat bantu stabil saat digunakan

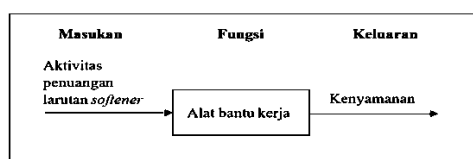
C. Level 2

- Nyaman
- Aman
- Mudah
- Efisien

D. Level 3

- Mengurangi keluhan, kelelahan bagian tubuh tertentu, memperbaiki postur kerja, dan mengurangi risiko kerja.
- Memberi kemudahan pada saat menempatkan tong larutan
- Mampu mengangkat beban tong seberat 114 kg
- Memberi kemudahan mobilitas pekerja pada saat mengoperasikan alat bantu
- Mempercepat waktu membawa larutan

2. Penetapan fungsi, bertujuan untuk menentukan fungsi-fungsi yang dibutuhkan dan batasan sistem dari perancangan yang akan dilakukan. Langkah pertama yang dilakukan adalah menunjukkan fungsi perancangan secara umum dalam perubahan masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*) yang diinginkan.



Gambar 3. Fungsi umum perancangan

3. Penetapan kebutuhan, bertujuan untuk membuat spesifikasi yang akurat dari kebutuhan perancangan *lift table* yang akan dilakukan.

Tabel 5. Penetapan kebutuhan *lift table*

No.	Tujuan	Kriteria	Spesifikasi
1	Nyaman	Dimensi pegangan sesuai dengan antropometri pekerja.	Lebar bahu
			Tinggi siku berdiri
		Memberi kenyamanan pada saat mendorong <i>lift table</i> .	Pada bagian pegangan dilengkapi dengan busa atau karet.
No.	Tujuan	Kriteria	Spesifikasi
2	Mudah	Memposisikan tong larutan secara mudah.	Posisi ketinggian landasan dapat disesuaikan dengan tinggi bak penampungan.
		Operasional akses mobilitas yang mudah.	Pemilihan roda dinamis pada bagian depan dan roda statis pada bagian belakang.
3	Aman	Kuat menopang tong larutan dengan berat 114 kg.	Penggunaan material yang kuat dalam perancangan.
4	Efisien	Mempercepat mobilitas pemindahan tong larutan.	Pemberian roda depan dan belakang masing-masing dua buah pada <i>lift table</i> .
			Pemberian 4 pengait tali pada rangka <i>lift table</i> .

C. Memutuskan spesifikasi perancangan (*decision*)

Perhitungan dimensi dilakukan untuk menentukan ukuran rancangan yang akan dibuat sehingga alat bantu sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Perhitungan dimensi ini mengacu pada hasil perhitungan persentil dari antropometri pekerja, dimensi material yang akan diangkat, dan tinggi bak penampungan serta memberikan nilai *allowance* yang merupakan nilai asumsi *design*. Perhitungan dimensi yang dilakukan meliputi.

1. Perhitungan lebar pegangan *lift table*

$$\begin{aligned}\text{Lebar pegangan} &= \text{lebar bahu (P95)} \\ &= 45,16 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm} = 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Perhitungan ketinggian pegangan *lift table*

$$\begin{aligned}\text{Ketinggian pegangan} &= \text{tinggi siku berdiri (P95)} + \text{allowance} \\ &= 102,38 \text{ cm} + 3 \text{ cm} \\ &= 105,38 \text{ cm} \approx 105 \text{ cm} = 1050 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Perhitungan dimensi papan landasan *lift table*

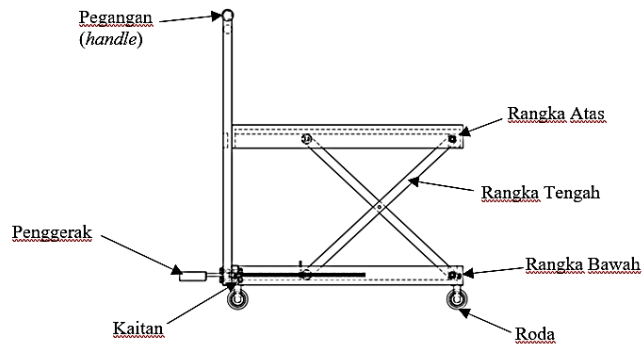
$$\begin{aligned}\text{Perhitungan landasan} &= \text{diameter tong} + \text{allowance} \\ &= 60 \text{ cm} + 20 \text{ cm} \\ &= 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Perhitungan ketinggian maksimum papan landasan

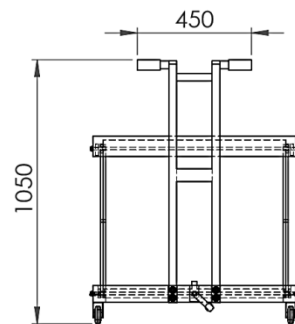
$$\begin{aligned}\text{Perhitungan ketinggian maksimum} &= \text{tinggi bak} - \text{pengaman} \\ &= 100 \text{ cm} - 25 \text{ cm} \\ &= 75 \text{ cm} = 750 \text{ mm}\end{aligned}$$

D. Pembuatan rancangan (*action*)

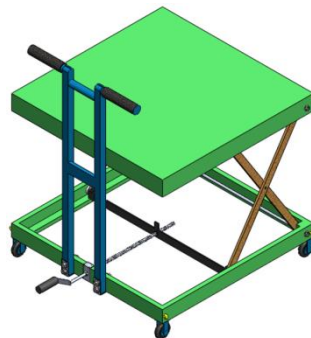
Pada tahap dilakukan pembuatan gambar 2D dan 3D rancangan *lift table* dengan nama bagian dan dimensi *lift table* yang telah ditentukan.



Gambar 4. Bagian *lift table*



Gambar 5. Gambar 2D tampak depan



Gambar 6. Gambar 3D dengan *adjustment* ketinggian

2. Pembuatan *Prototype*

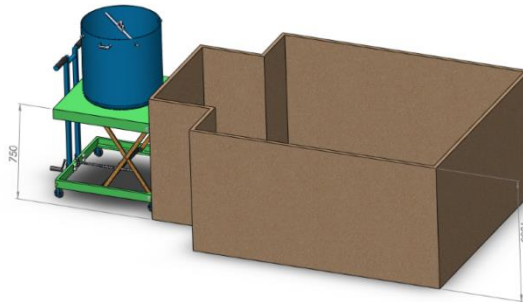
Prototype lift table dibuat untuk mewujudkan hasil rancangan ke dalam wujud nyata. *Prototype* ini dibuat dengan bahan kayu dan beberapa komponen yang disesuaikan hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan nilai ekonomis pembuatan. Pembuatan *prototype* dilakukan untuk mengetahui mekanisme kerja dari *lift table* serta memastikan semua fungsi dari semua bagian bisa berfungsi.



Gambar 6. *Prototype lift table*

4.4 Validasi Hasil Perancangan

Penilaian risiko aktivitas penuangan larutan *softener* sesudah menggunakan *lift table* hasil rancangan dilakukan dengan menghitung kembali RWL dan LI. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah aktivitas penuangan menggunakan alat bantu hasil rancangan lebih baik dari metode penuangan awal. Berikut adalah ilustrasi sesudah menggunakan alat bantu.



Gambar 7. Gambar ilustrasi sesudah adanya alat bantu

Berdasarkan perubahan yang ada maka nilai *lifting index* dihitung kembali, berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan sebelum dan sesudah perancangan.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan

Pekerja	Sebelum alat bantu				Sesudah alat bantu			
	Origin		Destination		Origin		Destination	
	RWL	LI	RWL	LI	RWL	LI	RWL	LI
1	7	8.1	14.4	3.9	2.3	2.5	21.4	2.7
2	8.8	6.5	14.4	3.9	2.3	2.5	21.4	2.7

Dari tabel diatas terlihat adanya kenaikan nilai RWL dan penurunan nilai LI. Ini mengindikasikan bahwa setelah adanya alat bantu dapat mengurangi terjadinya risiko *muculoskeletal disorders* pekerja akibat aktivitas penuangan larutan *softener*.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini menghasilkan *lift table* sebagai alat bantu aktivitas penuangan larutan *softener* berdasarkan antropometri tubuh pekerja, dengan dimensi lebar pegangan *lift table* sebesar 450 mm, ketinggian pegangan *lift table* sebesar 1050 mm, panjang dan lebar papan landasan sebesar 800 mm, dan ketinggian maksimum papan landasan 750 mm.
2. *Lift table* hasil rancangan mampu mengurangi risiko keluhan muskuloskeletal pada aktivitas penuangan larutan *softener*. Nilai LI sebelum perancangan yang dihasilkan pada *hand action origin* dan *destination* kesemuanya lebih dari 3 yang artinya memiliki tingkat risiko tinggi, sedangkan nilai LI sesudah perancangan berkurang menjadi 1- < 3. Dengan adanya pengurangan risiko keluhan muskuloskeletal, hal ini tentunya semakin memberikan kenyamanan pekerja, khususnya dalam aktivitas penuangan larutan *softener*.

Daftar Pustaka

- Baktiar, A. A. 2013. *Pengembangan Produk Sit-Up Bench Yang Ergonomis Di Mentari Sport Centre Surabaya*. Jawa Timur. Skripsi Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Ginting, Rosnani. 2010. *Perancangan Produk, Edisi Pertama*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Kuswana, W. S. 2014. *Ergonomi dan K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)*. Bandung. PT Remaja Rosdakarya.
- Mahmudah, Fitria. 2011. *Perancangan Alat Bantu Aktivitas Bongkar Pupuk Berdasarkan Kajian Ergonomi (Studi Kasus: UD. Karya Tani, Pedan, Klaten)*. Surakarta. Skripsi Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Nurmianto, Eko. 2008. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, Edisi Kedua*. Surabaya. Guna Widya.
- Purnomo, Hari. 2013. *Antropometri dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

- Sunarso. 2010. *Perancangan Troli Sebagai Alat Bantu Angkut Gallon Air Mineral Dengan Pendekatan Anthropometri*. Surakarta. Skripsi Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, J.H. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja, Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tarwaka. 2015. *Ergonomi Industri Dasar Dasar Pengetahuan Ergonomi Dan Aplikasi Di Tempat Kerja, Edisi Kedua dengan Revisi*. Surakarta. Harapan Press.
- Waters, T.R., dkk. 1994. *Applications Manual for The Revised NIOSH Lifting Equation*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2006. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya. Guna Widya.