

PERBAIKAN RANCANGAN *MATERIAL HANDLING EQUIPMENT* YANG ERGONOMIS MENGGUNAKAN PENDEKATAN *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT* PADA PT XYZ

¹Inda Putri Heni, ²Agus Kusnayat, ³Mira Rahayu

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University
¹indapeha@gmail.com, ²aguskusnayat17@gmail.com, ³mirarahayu@telkomuniversity.com

Abstrak—Salah satu aktivitas yang merupakan interaksi langsung antara alat bantu kerja dengan manusia adalah aktivitas *material handling*. Akibat yang dapat terjadi jika aktivitas *material handling* dilakukan tidak benar salah satunya adalah keluhan *musculoskeletal disorders*. Maka dari itu dilakukan evaluasi terhadap aktivitas *material handling* untuk memberikan penilaian kemampuan pekerja (*C, capacity of worker*) terhadap tuntutan kerja yang diberikan (*D, demand of task*). Penilaian kemampuan pekerja dilakukan menggunakan metode *Posture Evaluation Index* dan *Manual Handling Limits*. Hasil dari penilaian menunjukkan bahwa dua dari tiga pekerja mendapatkan nilai *Posture Evaluation Index* dan *Manual Handling Limits* yang tidak aman (beresiko). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kondisi saat ini membutuhkan perubahan sesegera mungkin. Karakteristik produk troli yang digunakan sangat berpengaruh besar terhadap nilai yang akan didapatkan oleh metode *Posture Evaluation Index* dan *Manual Handling Limits*, maka diberi solusi berupa perbaikan produk troli menggunakan metode *Ergonomic Functional Deployment* (EFD), memasukkan konsep sistem kerja EASNE kedalam *ergonomic statement*. Hasil dari penelitian adalah sebuah rancangan usulan produk troli yang sudah memenuhi kebutuhan user terhadap aspek ergonomi dengan nilai *Posture Evaluation Index* adalah 1,25 (di bawah standar aman yaitu 2) dan nilai *Manual Handling Limits* adalah 75% (tepat pada standar aman yaitu 75%). Nilai kemampuan pekerja yang sudah berada pada batas aman akan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya risiko cedera.

Kata kunci: Ergonomi, *Material Handling*, *Musculoskeletal Disorders*, *Posture Evaluation Index*, *Manual Handling Limits*, *Ergonomic Functional Deployment*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan produsen teh terbesar di Indonesia. Produk teh yang dihasilkan harus berkualitas tinggi guna memenuhi kepuasan konsumen sehingga setiap proses produksinya harus sesuai dengan persyaratan dan peraturan yang berlaku. Proses produksi yang terus berjalan cepat untuk memenuhi permintaan konsumen menyebabkan operator dituntut untuk melakukan kegiatan secara cepat agar target dari permintaan konsumen tercapai. Salah satu aktivitas yang merupakan interaksi langsung antara alat bantu kerja dengan manusia adalah aktivitas *material handling*. Pekerjaan penanganan material secara manual (*manual material handling*) yang terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa merupakan sumber utama *complain* karyawan di industri [1]. Salah satu divisi yang melibatkan banyak kegiatan *material handling* adalah divisi pengeringan, maka dilakukan penilaian sikap kerja pada postur tubuh pekerja. Pendekatan yang sesuai dilakukan

untuk menilai sikap kerja ini adalah dengan *Posture Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI didapatkan dari integrasi nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Dalam satu siklus mendorong troli, jumlah pekerja yang bertugas untuk mendorong adalah 3 orang pekerja. Oleh karena itu dilakukan pemberian skor *Posture Evaluation Index* dan *Manual Handling Limits* terhadap ketiga pekerja.

TABEL I
REKAPITULASI SKOR PEI PEKERJA

Pe- kerja ke-	Skor LBA (N)		Skor OWAS		Skor RULA		Nilai PEI	
	Nilai	Batas Aman	Nilai	Batas Aman	Nilai	Batas Aman	Nilai	Batas Aman
1	1.80 9	3.400	3	2	7	4	2,7	2
2	1.10 5		3		6		2,29	
3	629		2		3		1,29	

Pada Tabel I dapat dilihat bahwa skor *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) pada dua pekerja berada di bawah batas aman sehingga menyebabkan nilai *Posture Evaluation Index* yang beresiko. Setelah itu dilakukan evaluasi terhadap kemampuan pekerja pada aktivitas mendorong troli. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Manual Handling Limits* (MHL).

TABEL II
REKAPITULASI SKOR MHL PEKERJA

Pekerja ke-	Batas Aman Skor MHL	Skor MHL Kondisi Saat Ini	
		Initial	Sustained
1	≥ 75%	88%	50%
2		88%	50%
3		90%	90%

Dari seluruh evaluasi yang dilakukan terhadap aktivitas tuntutan kerja oleh perusahaan kepada pekerja, didapatkan nilai diluar dari batas aman menurut masing-masing pendekatan. Diketahui bahwa tuntutan pekerjaan dari perusahaan lebih dari kapasitas kemampuan pekerja sehingga kondisi saat ini membutuhkan perbaikan. Oleh karena itu, dilakukan perbaikan dengan menggunakan metode *Ergonomic Functional*

Deployment (EFD) dengan mengintegrasikan *ergonomic statement* bersama konsep sistem kerja EASNE yang menghasilkan sebuah produk usulan. Perbaikan desain *material handling equipment* dilakukan sesuai dengan keluhan teknis saat pengujian [9]. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan sikap kerja yang mempunyai nilai tuntutan beban kerja (*D, demand of task*) lebih kecil dari kapasitas pekerja (*C, capacity of the worker*) dimana nilai PEI lebih kecil dari 2 dan nilai MHL lebih besar atau sama dengan 75%. Kemudian memperbaiki kondisi saat ini dengan memasukkan konsep EASNE (efektif, aman, nyaman, sehat dan efisien) terhadap atribut produk troli dengan pendekatan *Ergonomic Function Deployment* (EFD).

II. LANDASAN TEORI

A. Lower Back Analysis (LBA)

Metode LBA digunakan untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu. Kondisi beban yang dianalisis ini terutama adalah beban yang diterima oleh bagian Lumbal 4 dan Lumbal 5 dari ruas tulang belakang manusia, dengan batas aman maksimal yaitu 3400 N [11].

B. Ovako Working Posture Analysis System

Metode OWAS mengkodekan sikap kerja pada bagian punggung, tangan, kaki dan berat badan. Hasil pengamatan melalui metode OWAS ditentukan dengan skor risiko 1 sampai 4. Penilaian tiap skor adalah “*normal posture*” (skor 1), “*slightly harmful*” (skor 2), “*distinctly harmful*” (skor 3), dan “*extremely harmful*” (skor 4) [7].

C. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Metode RULA dikembangkan untuk menginvestigas secara ergonomi keadaan di tempat kerja dimana terdapat adanya keluhan-keluhan cedera yang disebabkan oleh beban kerja pada tubuh bagian atas [8].

D. Posture Evaluation Index (PEI)

PEI merupakan integrasi nilai dari tiga analisis metode ergonomi di atas yaitu LBA (*Lower Back Analysis*), OWAS (*Ovako Working Posture Analysis*), dan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) [5]. Nilai PEI didapatkan dengan persamaan berikut.

$$PEI = I_1 + I_2 + I_3 \cdot mr \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400 N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42 \quad (2)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengembangan Produk Troli dengan Pendekatan *Ergonomic Functional Deployment* (EFD).

Tahap awal yang dilakukan pada pendekatan ini adalah menentukan kebutuhan ergonomi terhadap *user*. Kebutuhan ditentukan berdasarkan konsep ergonomi yaitu EASNE (Efektif, Aman, Sehat, Nyaman dan Efisien) yang kemudian masing-masing kategori diubah ke dalam bahasa ‘apa yang harus dilakukan produk’

untuk mencapai kategori. Tahap ini disebut dengan *Hierarchy of Needs*.

TABEL III
HIERARCHY OF NEEDS

No.	Requirements Ergonomics	Need Statement	Perincian Atribut Produk (bila ada)
1.	Efektif (Tercapainya sasaran atau target yang telah ditentukan)	Produk dapat memenuhi target produksi teh pucuk	Kapasitas tampung produk dapat memenuhi target produksi
2.	Aman (Kondisi dimana seseorang berada dalam kondisi bebas dari risiko bahaya)	Produk kuat menahan kayu yang diangkat	Material produk kuat
3.	Sehat (Menghilangkan hal-hal yang bisa mengakibatkan gangguan kesehatan atau sakit)	Produk aman bagi postur tubuh pekerja	-
		Muatan produk mudah untuk dibongkar muat	-
4.	Nyaman (Suatu kondisi dimana seseorang berada dalam kondisi tanpa kecemasan)	Dimensi produk sesuai dengan data antropometri	Tinggi pegangan dari lantai sesuai dengan data antropometri Ukuran pegangan sesuai dengan data antropometri Ukuran lebar produk sesuai data antropometri
		Produk nyaman didorong	Ukuran roda disesuaikan dengan kebutuhan
5.	Efisien (Sasaran yang dapat dicapai dengan upaya atau pengorbanan yang rendah)	Produk aman untuk didorong	Total berat troli yang didorong memenuhi batas rekomendasi

Dari Tabel III didapatkan kebutuhan ergonomi (*requirements ergonomics*) oleh produk yang diterjemahkan ke dalam bahasa *need statement* dengan pemikiran apa yang harus dilakukan produk untuk tercapainya kebutuhan ergonomi tersebut. Seluruh *need statement* harus dipenuhi dari seluruh spesifikasi rancangan produk troli yang menjadi usulan.

Dalam rangka memenuhi konsep produk troli yang memenuhi konsep EASNE (Efektif, Aman, Sehat, Nyaman dan Efisien) yang telah ditetapkan berdasarkan *Hierarchy of Need* maka didapatkanlah rekapitulasi *need statement* oleh produk. Rekapitulasi *need statement* dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
REKAPITULASI NEED STATEMENT

No.	Need Statement
1.	Produk dapat memenuhi target produksi teh pucuk
2.	Produk kuat menahan kayu yang diangkat
3.	Produk aman bagi postur tubuh pekerja
4.	Muatan produk aman untuk dibongkar muat
5.	Dimensi produk sesuai dengan data antropometri
6.	Produk nyaman didorong
7.	Produk aman untuk didorong

Pembuatan karakteristik teknis dilakukan untuk menerjemahkan atribut produk yang sudah didapatkan menjadi suatu nilai yang bisa terukur dan dapat direalisasikan.

TABEL V
KARAKTERISTIK TEKNIS ATRIBUT KEBUTUHAN

No.	Need Statement	Metric	Satuan
1.	Produk dapat memenuhi target produksi teh pucuk	Volume Muatan Troli	cm ³
2.	Produk kuat menahan kayu yang diangkut	Minimal Kekuatan Material Troli	MPa
3.	Produk aman bagi postur tubuh pekerja	Maksimal Skor <i>Posture Evaluation Index</i>	Skor/Nilai
4.	Muatan produk aman untuk dibongkar muat	Minimal Skor <i>Lifting Index</i>	Skor/Nilai
5.	Dimensi produk sesuai dengan data antropometri orang Indonesia	Dimensi Panjang Troli	cm
		Dimensi Lebar Troli	cm
		Dimensi Tinggi Troli	cm
		Dimensi Lebar Pegangan Troli	cm
		Dimensi Diameter Pegangan Troli	cm
		Dimensi Tinggi Pegangan Troli Dari Lantai	cm
6.	Produk nyaman didorong	Dimensi Diameter Ban	cm
7.	Produk aman untuk didorong	Berat Maksimal Muatan Troli	kg
		Minimal Skor <i>Manual Handling Limits</i>	Skor/Nilai
		Maksimal Gaya yang Dikeluarkan	N

Dari Tabel V didapatkan *metric*, yang lebih dapat terukur dari masing-masing *need statement* yang telah ditentukan sebelumnya. Jenis satuan disesuaikan dengan masing-masing *metric*. Kemudian dicari nilai pasti dari masing-masing *metric* yang kemudian akan menjadi target nilai. Target nilai ini harus dipastikan tidak menentang *need statement* yang telah dirancang sebelumnya. Salah satu contohnya, jika *need statement* mengharuskan sebuah produk troli yang aman bagi postur pekerja, maka skor *Posture Evaluation Index* dari produk troli usulan tidak boleh melebihi batas aman.

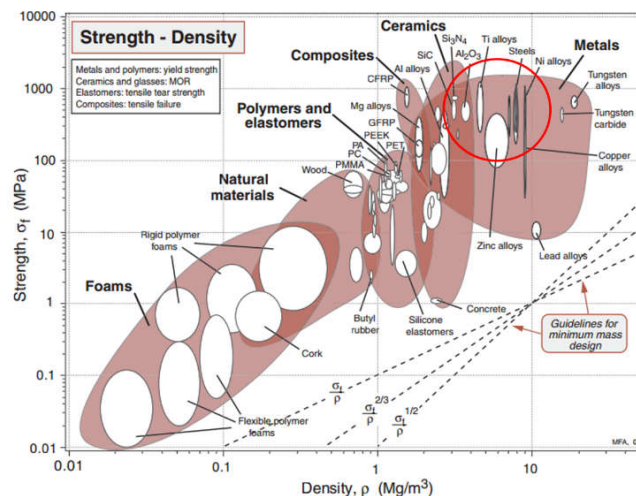
A. Volume Muatan Troli

Perkalian panjang, lebar, dan tinggi dari rangka besi sebagai tempat memuat kayu harus menghasilkan volume sesuai dengan target muatan troli yang telah ditentukan. Jika diketahui *density* dari kayu karet adalah 0,60 g/cm³ dan target muatan troli dalam *range* 557,65 kg - 593 kg maka akan didapatkan target volume troli sebesar 929.426,5 cm³ - 988.383 cm³.

B. Minimal dari Kekuatan Material Troli

Pemilihan material troli dilakukan dengan menggunakan pendekatan *material property charts*. Dua variabel yang menjadi konstrain untuk pemilihan material tergantung pada kebutuhan utama produk. Konsep troli yang baik membutuhkan material yang kuat untuk dapat menampung dan menahan kayu sehingga memperkecil risiko kayu jatuh menimpa pekerja. Selain itu untuk memperkecil total berat yang harus didorong

oleh pekerja, lebih baik jika material produk ringan (densitas kecil). Grafik pemilihan material dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pemilihan Material Berdasarkan Kekuatan dan Densitas Material [2]

Dari Gambar 1 didapatkan bahwa target kekuatan material troli adalah lebih besar dari 100 MPa.

C. Maksimal Skor *Posture Evaluation Index*

Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) didapatkan dari integrasi nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Okavo Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Luaran dari nilai PEI berkisar antara 0,47 sampai dengan 3,42. Semakin rendah nilai PEI maka akan mendapatkan tingkat *injury* yang semakin rendah. Target dari nilai PEI usulan adalah lebih kecil dari 2 (tingkat *middle-low injury*) [5].

D. Minimal Skor *Lifting Index*

Nilai *Lifting Index* (LI) didapatkan dari nilai *Recommended Weight Limit* (RWL) awal atau akhir. Nilai dari perhitungan ini fokus kepada beban kayu yang diangkut oleh pekerja apakah masuk dalam batas aman atau tidak. Jika $LI \leq 1$, maka pekerjaan tersebut aman. Maka untuk nilai LI akan ditargetkan kurang dari atau sama dengan 1 [6].

E. Dimensi Panjang Troli

Untuk menentukan panjang troli sangat berkaitan dengan target muatan untuk troli. Panjang troli ditargetkan sesuai dengan *space* penyimpanan troli saat tidak digunakan yaitu 500 cm. Oleh karena itu untuk panjang troli usulan harus kurang dari 500 cm.

F. Dimensi Lebar Troli

Konstrain untuk menentukan lebar maksimal troli adalah lebar pintu masuk, lebar jalur pendorongan troli dan lebar *space* penyimpanan troli. Ukuran lebar pintu masuk dan lebar jalur pendorongan troli adalah 170 cm, lebar *space* penyimpanan troli adalah 270 cm maka untuk lebar troli harus lebih kecil dari

270 cm. Untuk menentukan dimensi lebar troli yang lebih spesifik, ditentukan dengan menggunakan data antropometri dari lebar sisi bahu dari persentil 95th. Karena pada perhitungan sebelumnya troli dapat didorong hanya dengan 2 orang, maka setiap lebar sisi bahu dikalikan dengan dua agar pekerja tidak berdempetan saat mendorong. Lebar sisi bahu untuk persentil 95th adalah 51,63. Jika masing-masing lebar dikalikan 2, maka target lebar troli adalah lebih dari 103,26 cm. Target lebar troli tidak boleh bertentangan dengan konstrain dalam penentuan lebar maksimal troli yaitu 270 cm.

G. Dimensi Tinggi Troli

Konstrain yang membatasi tinggi troli adalah pintu masuk pabrik dengan dimensi 200 cm. Oleh karena itu tinggi troli tidak boleh melebihi 200 cm.

H. Dimensi Lebar Pegangan Troli

Untuk lebar pegangan troli sama seperti lebar dari ukuran troli usulan, diambil data antropometri dari lebar sisi bahu dari persentil 95th dikali dengan 2 karena pekerja yang mendorong diusulkan 2 orang. Target lebar pegangan troli harus lebih besar dari 103,26 cm dan tidak boleh lebih dari 270 cm (lebar pintu masuk pabrik).

I. Dimensi Diameter Pegangan Troli

Diameter pegangan troli ditentukan mengikuti rekomendasi dari *Canadian Centre of Occupational Health and Safety*, yaitu 3 – 5 cm.

J. Dimensi Tinggi Pegangan Troli Dari Lantai

Dalam menentukan tinggi pegangan troli dari lantai digunakan data anthropometry tinggi siku dalam posisi berdiri dari persentil 5th sampai 95th. Target tinggi pegangan troli adalah 102,23 cm – 105,52 cm.

K. Dimensi Diameter Ban

Konstrain untuk menentukan diameter ban adalah jalur pendorongan troli. Karena pada jalur terdapat lubang-lubang berbentuk setengah lingkaran cekung kebawah dan jalur tidak memungkinkan diperbaiki dengan alasan *maintenance*, satu-satunya atribut yang dapat diubah adalah ukuran ban. Jari-jari lubang hampir serupa dengan ukuran jari-jari eksisting ban yaitu 8,5 cm. Oleh karena itu harus dilakukan pergantian ban dengan jari-jari yang lebih besar dari 8,5 cm atau lebih besar dari diameter 18 cm. Untuk memilih ukuran ban usulan, ukuran harus tersedia di pasaran.

L. Berat Maksimal Muatan Troli

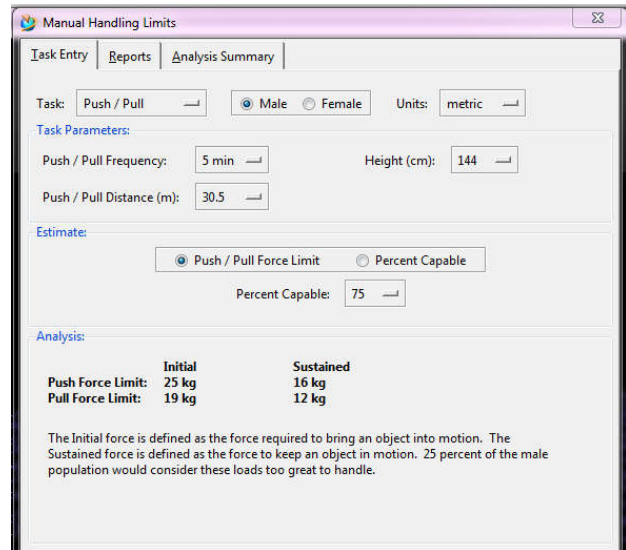
Menurut target pencapaian pemesanan pucuk, rata-rata kebutuhan kayu bakar dalam satu hari adalah 29.555 kg. Dengan frekuensi bolak-balik maksimal troli adalah 53 kali maka didapatkan kapasitas troli dengan cara membagi target kebutuhan kayu bakar dengan frekuensi bolak-balik troli. Maka dapat disimpulkan bahwa untuk dapat memenuhi proses pengeringan dalam satu hari, kapasitas muatan troli ditargetkan paling sedikit adalah 557,65 kg.

M. Minimal Skor *Manual Handling Limits*

Semakin sedikit beban yang dibawa maka akan mengakibatkan frekuensi bolak-balik troli semakin tinggi sehingga waktu yang digunakan semakin lama dalam prosesnya. Oleh karena itu untuk nilai *Manual Handling Limits* akan ditargetkan pada hasil kapabilitas mendorong troli kurang dari atau sama dengan 75% (masih dalam batas aman) [10].

N. Maksimal Gaya yang Dikeluarkan

Dilakukan simulasi *Manual Handling Limits* untuk mencari gaya maksimal yang dapat dikeluarkan oleh pekerja dengan kapabilitas 75%. Didapatkan tenaga yang harus dikeluarkan oleh satu pekerja untuk mendorong troli tidak boleh lebih dari 16 kg atau 160 N. Hasil dari simulasi *Manual Handling Limits* dari kondisi saat ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Simulasi *Manual Handling Limits*

Gambar 2 menunjukkan dari kondisi saat ini dengan pekerjaan adalah mendorong, berjenis kelamin laki-laki, frekuensi pendorongan adalah 5 menit, jarak tempuh pendorongan adalah 30,5 meter, dan dengan ketinggian pegangan dari lantai adalah 144 cm didapatkan bahwa untuk mendapatkan kapabilitas kemampuan sebesar 75% maka total tenaga yang harus dikeluarkan untuk memulai maksimal 25 kg dan untuk bertahan adalah 16 kg. Dari seluruh target nilai yang sudah didapatkan melalui perhitungan atau simulasi masing-masing maka didapatkan nilai spesifikasi akhir yang dapat dilihat pada Tabel VI.

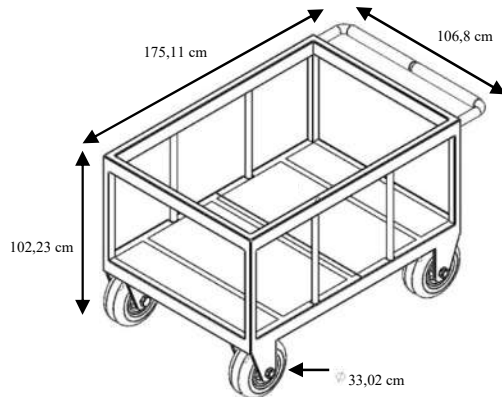
TABEL VI
NILAI SPESIFIKASI AKHIR

No.	Metric	Satuan	Target Nilai
1.	Volume Muatan Troli	cm ³	989.383
2.	Minimal dari Kekuatan Material Troli	MPa	100
3.	Maksimal Skor <i>Posture Evaluation Index</i>	Skor/Nilai	1,46

TABEL VI
NILAI SPESIFIKASI AKHIR (LANJUTAN)

No.	Metric	Satuan	Target Nilai
4.	Minimal Skor <i>Lifting Index</i>	Skor/Nilai	0,92
5.	Dimensi Panjang Troli	cm	175,11
6.	Dimensi Lebar Troli	cm	106,8
7.	Dimensi Tinggi Troli	cm	107,96
8.	Dimensi Lebar Pegangan Troli	cm	106,8
9.	Dimensi Diameter Pegangan Troli	cm	4,79
10.	Dimensi Tinggi Pegangan Troli Dari Lantai	cm	102,23
11.	Dimensi Minimal Diameter Ban	Inch	13
12.	Berat Maksimal Muatan Troli	kg	593
13.	Minimal Skor <i>Manual Handling Limits</i>	Skor/Nilai	75%
14.	Maksimal Gaya yang Dikeluarkan	N	160

Kemudian karakteristik produk troli yang sudah didapatkan target nilai diwujudkan menjadi sebuah rancangan *material handling equipment* usulan yang ergonomis yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rancangan Usulan Produk Troli

IV. HASIL DAN ANALISIS

TABEL VII
HASIL DAN ANALISIS

Konten Evaluasi	Produk Troli Saat Ini	Produk Troli Usulan	Penjelasan
Postur Tubuh Pekerja 1	Nilai PEI 2,7	Nilai PEI 1,25	Risiko terjadinya MSDs, cedera pada tulang punggung belakang dan ketidaknyamanan dalam bekerja semakin berkurang dengan mengecilnya nilai PEI. Tingkat <i>injury</i> berubah menjadi <i>low injury</i> (memiliki risiko cedera yang kecil).
Postur Tubuh Pekerja 2	Nilai PEI 2,29	Nilai PEI 1,25	Risiko terjadinya MSDs, cedera pada tulang punggung belakang dan ketidaknyamanan dalam bekerja semakin berkurang dengan mengecilnya nilai PEI. Tingkat <i>injury</i> berubah menjadi <i>low injury</i> (memiliki risiko cedera yang kecil).
Berat yang Didorong	Postur tidak seragam, Nilai MHL 50%	Nilai MHL 75%	Kemampuan pekerja untuk mendorong troli sudah masuk dalam batas aman

Tujuan tercapai dengan metode *Posture Evaluation Index* yang didapatkan dari simulasi dan *Manual Handling Limits* yang digunakan untuk mengukur kapasitas kerja dan membuat suatu usulan konsep produk troli yang tidak berlawanan tuntutan kerja dari perusahaan. Tabel VII menunjukkan hasil rekapitulasi nilai keseluruhan dari perbandingan menggunakan produk troli saat ini dengan rancangan produk troli usulan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari pengolahan data yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Tuntutan kerja yang diberi oleh perusahaan lebih kecil dari kapasitas kemampuan pekerja dengan rincian:

- 1) Untuk dapat memperbaiki kondisi saat ini dengan nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) yang baik, sebaiknya produk harus memiliki dimensi sesuai dengan data antropometri, terutama pada dimensi bagian yang mengalami interaksi langsung dengan tubuh manusia.
- 2) Untuk mendapatkan nilai *Manual Handling Limits* yang baik, sebaiknya kapasitas muatan troli dikurangi sampai mencapai batas aman kemampuan pekerja untuk mendorongnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayoub, M. M. and Dempsey, P. G. (1999). The Psychophysical Approach to Manual Material Handling Task Design. *Ergonomic* Vol. 42. No. 1, pp: 17 – 31.
- [2] Ashby, M. F. (2005). Materials Selection in Mechanical Design. *Design*, 624. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-663-7.00011-4>
- [3] Damayanti, K.A. (2000). Ergonomic Function Deployment Sebuah Pengembangan Dari Quality Function Deployment. Jurnal. Surabaya. Lab APK dan Ergonomi Universitas Kristen Petra.
- [4] Darcor & Ergoweb (2001). The Ergonomics of Manual Material Handling Pushing and Pulling Tasks. www.darcor.com.
- [5] Gironimo, G.D., Monacelia, G., Patalano, S.A. (2004). International Design Conference–Design, Dubrovnik, p.4.
- [6] Iridiastadi H., Yassierli. (2014). “Ergonomi: Suatu Pengantar”, Bandung: PT Remaja Rosdakarya Offset.
- [7] Karwowski, W. (2001). International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factor, Taylor and Francis, New York, 2001, p.3299.
- [8] McAtamney L., Corlett, N. (1993). *Appl. Ergonomics*. p.91.
- [9] Pura, I., Anugraha, R., & Yekti, Y. (2016). Pengujian dan Perbaikan Desain Material Handling Equipment Buncis di PT ABOFARM untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Menggunakan Metode Pengembangan Produk Ulrich Eppinger. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(01), 40-46.
- [10] Task Analysis Toolkit (TAT) for Jack. (2008). Siemens PLM Software. <http://www.siemens.com/plm>.
- [11] Ulrich, K.T. dan Eppinger, S.D. (2001). *Product Design and Development*, 2nd edition. Singapore: Mc Graw Hill.