

Analisis Manual *Material Handling* Berdasarkan Prinsip Biomekanika (Studi Kasus CV. Titian Mandiri)

Puthut Supri Adi, Bambang Suhardi, Rahmaniyah Dwi Astuti*
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

CV. Titian Mandiri is a company that produce bottling water which still use manual lifting method. The advantages of this method are more flexible, effective and low cost. On the other hand, bad manual lifting can generate pain in several operator body segments, such as hand, back, waist and thigh.

Leave from those reality, it is needed to do some working method analysis and improvement based on biomechanical principle. NIOSH method used to know lifting safety limit and Chaffin-Anderson equation used to predictable the force that happened on abdominal segment, L5/S1 and operators hand segment. This study shows that RWL value for lifting to pick up car is 8,223 kg and lifting to the box car is 6,208 kg. The LI value for lifting to pick up car is 2,311 and for lifting to box car is 3,060.

The improvement of working method was done by rearrange the gallon position and add amount of table. The high of the table is 52 cm and the gallon position would be in front of operator sagital line exactly. This improvement changes RWL value for lifting to pick up become 13,820 kg and 11,475 kg for lifting to the box car. LI value for lifting to the pick up descend become 1,374 and LI value for lifting to the box car become 1,6557.

Keywords : manual lifting, biomechanical, RWL, LI, L5/S1 segment.

1. Pendahuluan

Manual material handling (MMH) adalah suatu kegiatan memindahkan beban oleh tubuh secara manual dalam sebuah durasi waktu tertentu. MMH banyak digunakan di dunia industri karena MMH memiliki nilai fleksibilitas yang tinggi, murah dan dapat dilakukan dengan mudah akan tetapi juga memiliki resiko ketika dilakukan pada metode MMH yang salah. Ketika resiko ini terjadi maka dapat berakibat cedera *musculoskeletal* operator, yang merupakan salah satu penyebab utamanya. Cedera ini pada umumnya melibatkan cedera bahu, pinggul dan tulang belakang bagian bawah seperti *disc hernia*, *disc degeneration*, retak tulang belakang dan keseleo (Anil Mital, 1983).

Dalam penelitian mereka untuk menentukan batas aman bagi seorang pekerja (operator) dalam melakukan kegiatan *manual material handling* ataupun memberikan pertimbangan baru untuk meringankan beban kerja yang dialami oleh pekerja tersebut menggunakan prinsip biomekanik yang merupakan salah satu cabang ilmu Ergonomi. Batas aman bagi pekerja untuk melakukan kegiatan pengangkatan didefinisikan sebagai nilai RWL (*Recommended Weight Limit*), sedangkan perbandingan antara beban nyata yang dihadapi dengan nilai RWL ditampilkan dalam nilai LI (*Lifting Index*). Nilai LI sebagai rasio perbandingan, mempermudah untuk mengetahui apakah pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja berada dalam batas kelas

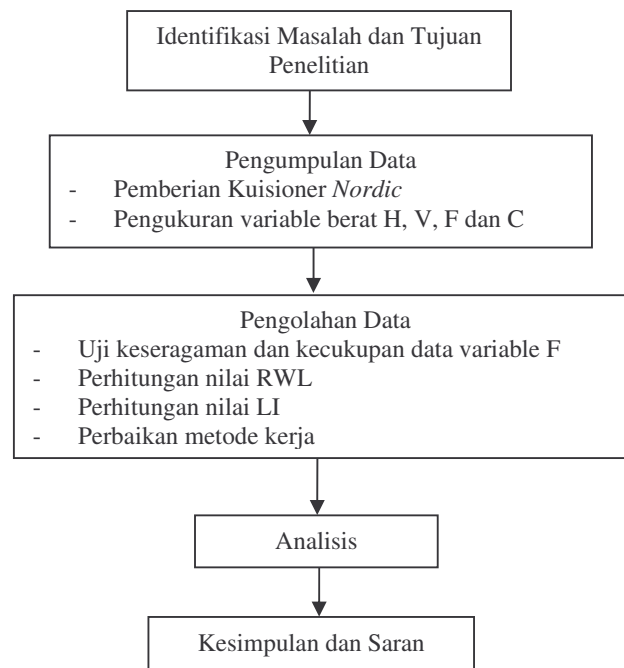
* *Correspondence* : E-mail : bshardi@uns.ac.id, rahmaniyah@uns.ac.id

aman. Sebuah pekerjaan dianggap berada dalam kelas aman apabila rasio perbandingan menunjukkan nilai ≤ 1 .

Studi kasus di CV. Titian Mandiri yang bergerak di dalam produksi air minum dalam kemasan dengan produksi air minum dalam kemasan 600 ml dan air minum dalam kemasan gallon, menekankan pada aktivitas MMH untuk air minum kemasan gallon. Aktivitas MMH yang terjadi pada CV. Titian Mandiri secara garis besar dapat dibagi menjadi dua jenis kegiatan yaitu penataan air minum kemasan galon dari ruang produksi ke bagian gudang dan pengangkutan air minum kemasan galon dari bagian gudang ke mobil pengangkut untuk kemudian siap diedarkan kepada para agen. Berlangsungnya kegiatan penataan air minum kemasan galon menuju gudang biasanya tergantung dari jadwal produksi, sedangkan untuk pengangkutan ke atas mobil dilakukan pada waktu pagi hari dengan memakan waktu kurang lebih 2 jam dan berlangsung terus secara rutin setiap hari. Kondisi ini dikhawatirkan suatu saat akan dapat menimbulkan cedera kepada operator yang melakukan pengangkutan. Berdasarkan berbagai uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai analisa *manual material handling* pada CV. Titian Mandiri dengan mengacu pada ilmu ergonomi dilihat dari prinsip-prinsip biomekanika dengan metode NIOSH *revision model* tahun 1991. Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian mereka adalah uji kecukupan dan keseragaman data dilakukan hanya pada variable frekuensi.

2. Pengembangan Model

Langkah-langkah kerangka pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Mekanisme partial-mapped crossover

3. Pengolahan Data

3.1 Sistem Kerja

Pengangkatan air minum kemasan gallon dari gudang ke mobil pengirim ada dua macam menurut jenis mobil yang digunakan yaitu mobil pick-up dengan daya tampung mencapai 40 gallon dan mobil Box dengan daya tampung mencapai sekitar 110 gallon, maka sistem kerja yang ditampilkan juga dibedakan atas masing-masing mobil. Dalam satu hari mobil ini hanya mengedarkan produk satu kali. Untuk melaksanakan kegiatan pengangkatan operator gudang dibantu oleh dua karyawan bagian pengiriman yang bertugas untuk mengarahkan dan menata gallon yang sudah ada di dalam mobil.

3.2 Kuisisioner *Nordic Body Map*

Pemberian kuisisioner *Nordic Body Map* bertujuan untuk mengetahui pengaruh kegiatan pengangkatan bagi operator. Untuk menghindari bias yang terjadi, kuisisioner ini diberikan dua kali. Pemberian pertama bertujuan untuk mengetahui kondisi operator sebelum kegiatan pengangkatan dilakukan. Sedangkan pemberian kuisisioner kedua bertujuan untuk mengetahui sejauh mana efek yang ditimbulkan dari sistem kerja MMH yang biasa dilakukan sekarang ini. Tabel berikut ini adalah hasil dari kuisisioner yang merupakan keluhan atas rasa tidak nyaman mereka dalam melakukan aktivitas pengangkatan.

Tabel 1. Keluhan pada bagian tubuh akibat kegiatan MMH

No	Bagian Tubuh	Ya/ Tidak	No	Bagian Tubuh	Ya/ Tidak
1	Leher	-	14	Pergelangan tangan kanan	-
2	Bahu kiri	-	15	Tangan bagian kiri	-
3	Bahu kanan	-	16	Tangan bagian kanan	-
4	Lengan atas bagian kiri	-	17	Paha kiri	Ya
5	Bagian punggung	Ya	18	Paha kanan	Ya
6	Lengan atas bagian kanan	Ya	19	Lutut kiri	Ya
7	Pinggang	Ya	20	Lutut kanan	Ya
8	Pantat	-	21	Betis kiri	-
9	Siku kiri	-	22	Betis kanan	-
10	Siku kanan	-	23	Pergelangan kaki kiri	-
11	Lengan bawah bag kiri	-	24	Pergelangan kaki kanan	-
12	Lengan bawah bag kanan	-	25	Kaki kiri	-
13	Pergelangan tangan kiri	-	26	Kaki kanan	-

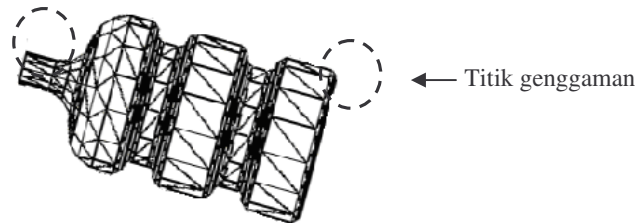
3.3 Pengangkatan ke Mobil Pick Up

Untuk mengevaluasi pelaksanaan pengangkatan manual menuju mobil pick up, diperlukan beberapa data sesuai dengan kebutuhan masing-masing variable yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Data Pengangkatan ke Mobil Pick-up

Posisi awal	Berat Objek	Lokasi tangan				Jarak vertikal	Sudut asymmetric		Frekuensi	Durasi (jam)	Kopling Objek
		Origin		Destination			Origin	Destination			
		L	H	V	H		V	D			
Lantai	19	37,5	23	32,5	83	60	45	0	2,693519	<1	0,95

- Variabel frekuensi pengangkatan yang ditampilkan pada tabel 2 diperoleh berdasarkan rata-rata terhadap 20 kali kegiatan pengangkatan. Hasil pengukuran secara lengkap perhitungan frekuensi akan ditampilkan pada tabel 3.
- Variabel *coupling* atau kualitas genggam tangan pada gallon termasuk dalam kelas poor. Sesuai dengan ciri-cirinya, dimensi galon mempunyai lebar > 40 cm dan tinggi > 30 cm, selain itu kondisi tangan pada saat memegang berada pada permukaan galon yang licin.



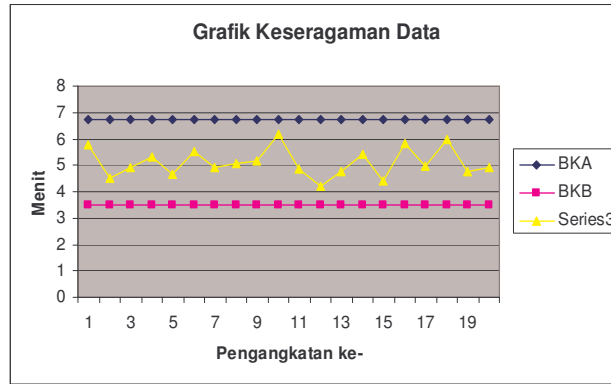
Gambar 2. Titik genggam tangan pada galon

Tabel 3. Frekuensi pengangkatan menuju mobil pick up

No	Jml Angkatan	Menit	Detik	Total	Frekuensi
1	40	6	57	6,95	5,755396
2	40	8	51	8,85	4,519774
3	40	8	7	8,116667	4,928131
4	40	7	32	7,533333	5,309735
5	40	8	33	8,55	4,678363
6	40	7	13	7,216667	5,542725
7	40	8	11	8,183333	4,887984
8	40	7	55	7,916667	5,052632
9	40	7	43	7,716667	5,183585
10	40	6	37	6,45	6,20155
11	40	8	12	8,2	4,878049
12	40	9	34	9,566667	4,181185
13	40	8	26	8,433333	4,743083
14	40	7	22	7,366667	5,429864
15	40	9	5	9,083333	4,40367
16	40	6	51	6,85	5,839416
17	40	8	6	8,1	4,938272
18	40	6	41	6,683333	5,985037
19	40	8	24	8,4	4,761905
20	40	8	11	8,183333	4,887984
			Jumlah	158,5167	101,952128
			Rata-rata	7,925833	5,0976064

3.3.1 Uji Keseragaman Data

Dari data frekuensi pengangkatan menuju mobil pick up diatas kemudian dilakukan uji keseragaman data dan didapatkan bahwa semua data tersebut adalah seragam yang dapat dilihat pada diagram grafik dibawah ini :



Gambar 3. Grafik keseragaman data frekuensi pengangkatan ke mobil pick up

3.3.2 Uji kecukupan Data

Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh besarnya N sebesar 16,289808, sehingga dapat disimpulkan bahwa 20 data frekuensi pengangkatan yang telah terkumpul sudah cukup untuk menentukan nilai rata-ratanya. Untuk menentukan frekuensi rata-rata perlu terlebih dahulu perlu diketahui durasi waktunya.

Karena durasi pengangkatan dengan tujuan mobil pick up kurang dari 15 menit, maka diperlukan prosedur khusus untuk menghitung nilai variabel frekuensi rata-rata. Selanjutnya nilai frekuensi rata-rata diperoleh dengan perhitungan $(5,0976064 \text{ pengangkatan/menit} \times 7,925833333 \text{ menit/periode})/15 \text{ menit}$, atau sama dengan 2,693519 angkatan/menit.

3.3.3 Perhitungan Nilai RWL dan LI

Untuk melakukan perhitungan nilai RWL dan LI menggunakan persamaan NIOSH yaitu :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \tag{1}$$

$$LI = \text{Berat beban} / RWL \leq 1 \tag{2}$$

Agar dapat melakukan perhitungan besar RWL dan LI, nilai variabel yang diperoleh harus dikonversi menjadi bentuk variabel multiplier, Hasil perhitungan variabel multiplier ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Variabel multiplier pengangkatan ke mobil pick up

Posisi awal	Berat Objek	Lokasi tangan				Jarak Vertikal	Sudut asymmetric		Frekuensi	Durasi (jam)	Kopling Objek
		Origin		Destination			Origin	Destination			
		L	HM	VM	HM	VM	DM	AM	AM	FM	CM
Lantai	19	0,667	0,844	0,76923	0,976	0,895	0,86	1	0,8892	< 1	0,9

Hasil perhitungan RWL dan LI adalah sebagai berikut :

$$RWL_{\text{origin}} = 8,22282 \text{ kg}$$

$$RWL_{\text{destination}} = 12,50628749 \text{ kg}$$

$$LI_{\text{origin}} = \frac{19}{8,22282} = 2,31064$$

$$LI_{\text{destination}} = \frac{19}{12,50628} = 1,519235825$$

3.4 Pengangkatan ke Mobil Box

Data dari hasil pengamatan untuk mengevaluasi pengangkatan ke mobil box adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data pengangkatan ke mobil box

Posisi awal	Berat Objek	Lokasi tangan				Jarak Vertikal	Sudut asymmetric		Frekuensi	Durasi (jam)	Kopling Objek
		Origin		Destination			Origin	Destination			
		L	H	V	H		V	D			
Lantai	19	37,5	23	32,5	73	50	60	0	6,46 ≈ 6,5	< 1	0,95

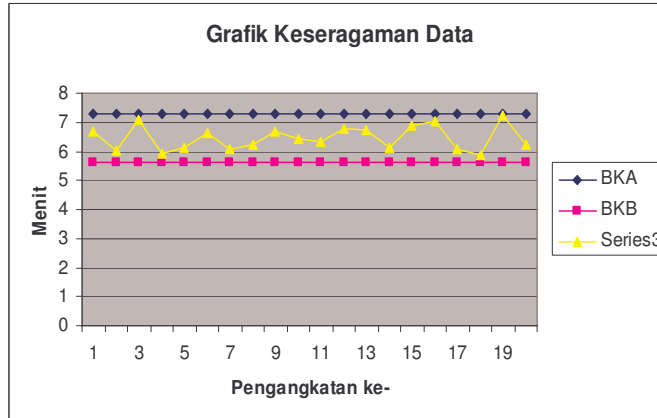
- Variabel frekuensi pengangkatan yang ditampilkan pada tabel 5 diperoleh berdasarkan rata-rata terhadap 20 kali kegiatan pengangkatan. Hasil pengukuran secara lengkap perhitungan frekuensi akan ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Frekuensi pengangkatan menuju mobil box

No	Jumlah Angkat	Menit	Detik	Total	Frek
1	110	16	26	16,43333	6,693712
2	110	18	11	18,18333	6,049496
3	110	15	29	15,48333	7,104413
4	110	18	35	18,58333	5,919283
5	110	17	54	17,9	6,145251
6	110	16	37	16,61667	6,61986
7	110	18	5	18,08333	6,082949
8	100	14	51	14,85	6,734007
9	110	16	27	16,45	6,68693
10	110	17	6	17,1	6,432749
11	110	17	26	17,43333	6,309751
12	110	16	13	16,21667	6,783145
13	110	17	39	17,65	6,232295
14	110	17	53	17,88333	6,150979
15	110	15	56	15,93333	6,903766
16	110	15	38	15,63333	7,036247
17	110	18	10	18,16667	6,055046
18	110	18	39	18,65	5,898123
19	110	15	11	15,18333	7,244786
20	110	17	36	17,6	6,25
			Jml	340,0333	129,3328
			Rata-rata	17,00167	6,46663

3.4.1 Uji Keseragaman data

Dari data frekuensi pengangkatan menuju mobil box kemudian dilakukan uji keseragaman data dan didapatkan bahwa semua data tersebut adalah seragam yang dapat dilihat pada diagram grafik dibawah ini.



Gambar 4. Grafik uji keseragaman frekuensi pengangkatan ke mobil box

3.4.2 Uji kecukupan Data

Jumlah data yang diperlukan berdasarkan uji kecukupan sejumlah 6,25 data, hal ini berarti bahwa data yang terkumpul sudah mencukupi. Setelah data yang terkumpul cukup mewakili selanjutnya dicari nilai frekuensi rata-rata pengangkatan dengan tujuan mobil box. Dari data yang ada diperoleh durasi rata-rata pengangkatan sebesar 17,00167 menit sehingga tidak diperlukan prosedur khusus untuk menentukan frekuensi rata-ratanya. Nilai frekuensi rata-rata diperoleh dari 110 pengangkatan/17,00167 menit atau sebesar 6,46 ≈ 6,5 pengangkatan/menit.

3.4.3 Perhitungan Nilai RWL dan LI

Berikut ini adalah variable multiplier pengangkatan ke mobil box

Tabel 7. Variabel multiplier pengangkatan ke mobil box

Posisi awal	Berat objek	Lokasi tangan				Jarak vertikal	Sudut asymmetric		Frekuensi	Durasi (jam)	Kopling Objek
		Origin		Destination			Origin	Destination			
		L	HM	VM	HM	VM	DM	AM	AM	FM	CM
Lantai	19	0,6667	0,844	0,769231	0,994	0,91	0,81	1	0,725	< 1	0,90

Hasil perhitungan RWL dan LI menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 adalah sebagai berikut :

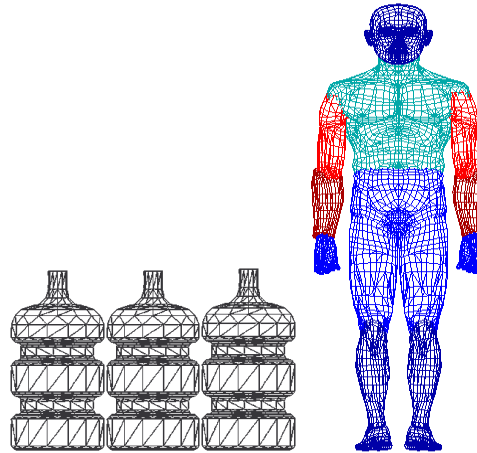
$$\begin{aligned}
 RWL_{origin} &= 6,20887 \text{ kg} \\
 RWL_{destination} &= 10,4422185 \text{ kg} \\
 LI_{origin} &= \frac{19}{6,20887} = 3,06014
 \end{aligned}$$

$$LI_{\text{destination}} = \frac{19}{10,4422185} = 1,81953672$$

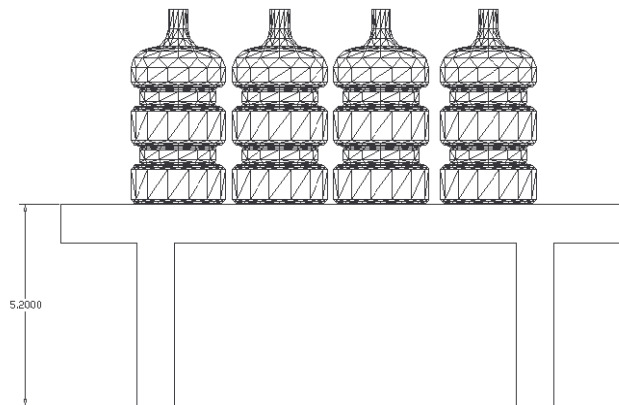
4. Usulan Perbaikan dan Analisis

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pengangkatan manual yang biasa dilakukan sekarang ini berpotensi untuk menimbulkan cedera bagi pekerja karena semua nilai RWL yang diperoleh berada di bawah beban aktual sehingga mengakibatkan nilai $LI > 1$. Untuk mengurangi tingkat resiko yang mungkin muncul dari pekerjaan ini maka diperlukan usulan-usulan perbaikan.

4.1 Perbaikan jarak vertical dan *distance*



Gambar 5. Posisi jarak vertical galon sebelum perbaikan

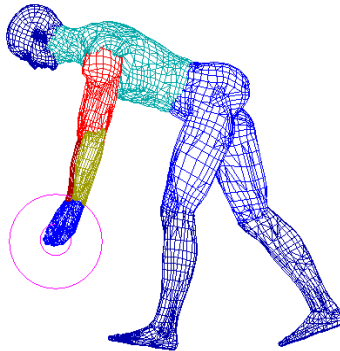


Gambar 6. Posisi jarak vertical galon setelah perbaikan

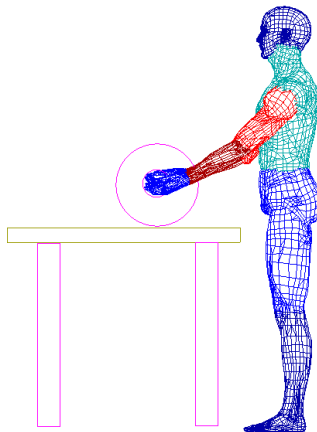
Semakin rendah nilai jarak vertical akan menyebabkan tekanan yang lebih besar pada bagian punggung operator. Kondisi semacam ini mengakibatkan pengangkatan yang dilakukan beresiko untuk menimbulkan cedera pada operator. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan menambah atau meningkatkan jarak vertical yaitu dengan menambah peralatan baru berupa meja untuk tempat penataan galon.

Untuk mendapatkan nilai VM yang maksimal maka tinggi meja yang diperlukan adalah 52 cm. Pada ketinggian ini besar variabel vertikal menjadi 75 cm yang merupakan hasil dari penjumlahan tinggi meja dan tinggi galon pada posisi tidur.

4.2 Perbaikan jarak horizontal



Gambar 7. Posisi mengangkat awal



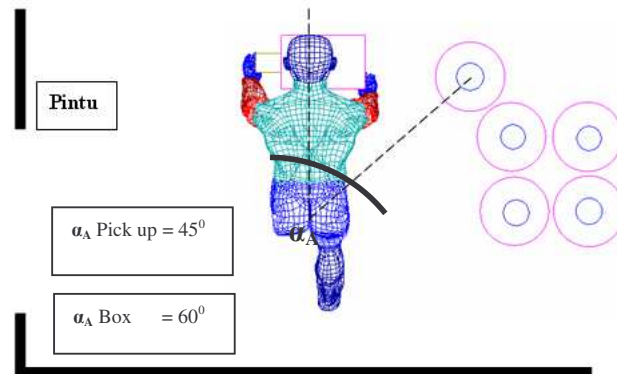
Gambar 8. Posisi mengangkat setelah perbaikan

Posisi mengangkat dengan membungkukkan badan menyebabkan galon berada lebih jauh dari titik tengah tubuh. Hal ini juga menyebabkan tekanan yang diterima punggung menjadi lebih besar sehingga mempunyai resiko menyebabkan cedera lebih besar.

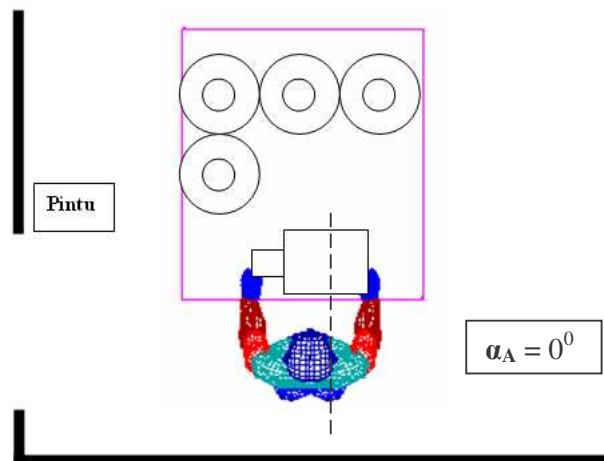
Perbaikan posisi bagi operator dengan penambahan meja mengakibatkan operator tidak perlu lagi membungkuk. Pengangkatan dengan posisi berdiri menyebabkan benda dapat lebih dekat dengan titik tengah tubuh dan tekanan yang diterima oleh punggung khususnya L5/S1 akan menjadi lebih kecil.

4.3 Perbaikan sudut pengangkatan

Semakin besar sudut yang dilakukan pada waktu pengangkatan akan semakin besar pula resiko cedera yang mungkin muncul. Untuk memperbaiki posisi pengangkatan dengan menghilangkan sudut yang muncul, maka langkah yang dilakukan adalah dengan merubah posisi penataan galon sedemikian rupa sehingga operator yang akan mengangkatnya tidak harus berputar terlebih dahulu. Dengan merubah penataan maka sudut awal diusahakan menjadi 0° seperti pada gambar 10.



Gambar 9. Sudut pengangkatan awal



Gambar 10. Sudut pengangkatan setelah perbaikan

4.4 Nilai RWL dan LI baru

Perhitungan nilai RWL dan LI setelah diadakan perbaikan ini juga diawali dengan langkah-langkah seperti pada pengolahan data diatas untuk pengangkatan ke mobil pick up maupun mobil box. Hasil perhitungan RWL dan LI setelah perbaikan sebagai berikut :

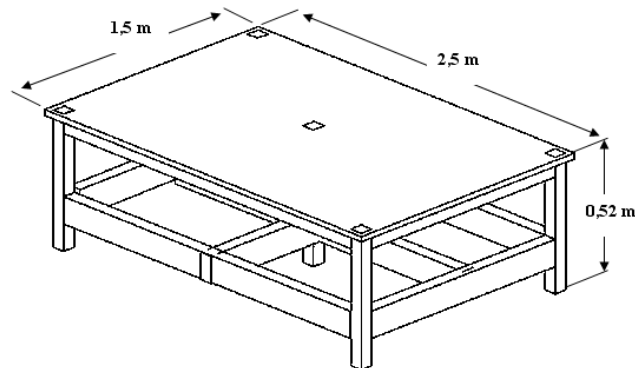
Tabel 8. Nilai RWL dan LI setelah perbaikan

No	Kegiatan	RWL	LI
1a	Pengangkatan ke mobil pick up <i>origin</i>	14,1604	1,34177
1b	Pengangkatan ke mobil pick up <i>destination</i>	13,82054289	1,374765098
2a	Pengangkatan ke mobil box <i>origin</i>	11,5442	1,64584
2b	Pengangkatan ke mobil box <i>destination</i>	11,47496538	1,655778415

Dalam menentukan batas aman tiap pekerjaan maka dipilih nilai RWL paling rendah atau LI paling tinggi sehingga dapat mewakili kondisi kerja yang terjadi. Nilai LI sebagai indikator sebuah kegiatan pengangkatan aman untuk dilakukan, mengalami penurunan dibandingkan

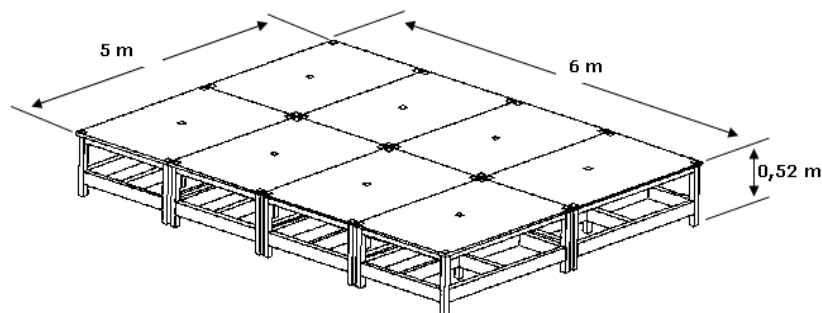
dengan beban kerja yang masih menggunakan metode terdahulu. Akan tetapi nilai LI yang dihasilkan masih berada di atas nilai 1. Hal ini berarti bahwa perbaikan yang dilakukan tidak secara mutlak menghilangkan resiko cedera bagi operator. Perbaikan yang dilakukan hanya bersifat mengurangi resiko cedera yang mungkin muncul atau hanya meringankan beban kerja yang saat ini dihadapi oleh operator.

4.5 Perancangan meja



Gambar 11. Perancangan meja usulan

Perancangan meja usulan perbaikan difokuskan pada ukuran tinggi dan kapasitas untuk menampung stok persediaan dalam satu hari. Dalam satu hari CV. Titian Mandiri mampu menjual air minum kemasan gallon mencapai 150 gallon. akan tetapi persediaan yang disimpan dalam gudang tiap hari rata-rata sejumlah 120 gallon, dimana gallon disusun dengan komposisi 12 gallon memanjang dan 10 gallon melebar. Beban yang harus ditanggung oleh meja dengan jumlah ini kurang lebih mencapai 2280 Kg dengan kebutuhan luas 30 m². Untuk mengurangi beban yang demikian berat maka daerah kebutuhan untuk penataan gallon dibagi menjadi 8 bagian sama besar sehingga beban yang ditanggung oleh masing-masing meja menjadi lebih kecil. Meja yang telah dibagi ini mempunyai dimensi panjang 1,5 meter, lebar 2,5 meter dan tinggi 0,52 meter. Beban yang ditanggung oleh meja dengan dimensi yang lebih kecil ini sekitar 15 gallon per meja, atau sebanding dengan berat 285 Kg per meja.



Gambar 12. Model penataan meja

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisa *manual material handling* berdasarkan prinsip biomekanika studi kasus di CV. Titian Mandiri dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tingkat batas aman terlewati untuk kegiatan pengangkatan ditunjukkan dengan hasil perhitungan nilai RWL dan LI sebagai berikut;

$$\text{RWL}_{\text{pick up}} = 8,22282$$

$$\text{LI}_{\text{pick up}} = 2,31064$$

$$\text{RWL}_{\text{box}} = 6,20887$$

$$\text{LI}_{\text{box}} = 3,06014$$
2. Hasil perbaikan terhadap metode kerja tidak secara mutlak menghilangkan resiko cedera bagi operator, akan tetapi hanya mengurangi atau meringankan beban kerja yang biasa dihadapi oleh operator.

Daftar Pustaka

- Aldowaisan, T. and Allahverdi, A. (1998), "Total flowtime in no-wait flowshops with separated setup times", *Comp. Ops. Res.*, 25(9), pp.757-763.
- Alexander, David C. *The Practice and Management of Industrial Ergonomics*. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.
- Barnes, R.M. *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work* 7nd ed. New York: John and Wiley Sons, Inc, 1968.
- Bridger. *Introduction to Ergonomics*. New YorkMc: Graw-Hill International Editions, 1994.
- Chaffin, D.B and Andersson, G. *Occupational Biomechanics*. New York: John and Wiley Sons, Inc, 1984.
- Dempsey, P.G and Fathallah, F.A. Application Issues and Theoretical Concern Regarding the 1991 NIOSH Equation Asymmetry Multiplier. *International Journal of Industrial Ergonomics* 23 (1999). Page 181-191.
- Dempsey, P.G. Utilizing Criteria for Assesing Multiple-Task Manual Material Handling Jobs. *International Journal of Industrial Ergonomics* 24 (1999). Page 405-416.
- Giatman, M., Ikhsan., A, Yunita, E. Memperbaiki Ergonomi Kerja Melalui Perancangan Meja Bantu Sederhana, *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi*. Yogyakarta, 2004, Hal 78-87.
- Hartomo. Efek Postur Kerja, Berat Beban dan Dimensi Tempat Kerja Terhadap Waktu Pe rgerakan Kerja Pada Aktivitas Penanganan Material, *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi*. Yogyakarta, 2004, Hal 718-727.
- McCormick,EJ and M.S. Sanders. *Human Factor in Engineering and Design*. New York: McGraw Hill Book Company, 1994.
- Nurmianto, Eko. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Guna Widya, 1996.
- Phillips, Chandler A. *Human Factors Engineering*. New York: John and Wiley Sons, Inc, 2000.
- Pribadi, D.P. Analisa dan Perbaikan Posisi Kerja Secara Biomekanik Untuk Menurunkan Beban Kerja dan Keluhan Sistem Muskuloskeletal di PT. Wastra Indah-Malang, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri III*. Surakarta, 2002.
- Pulat, B Mustafa. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. School of Industrial Engineering University of Oklahoma, 1992.
- Randall, S.B. *A Guide to Manual Material Handling and Back Safety*. N.C. Department of Labour Division of Occupational Safety and Health, OSHA, 2003.

- Sritomo, W., Yasien, A., Octaviana, D., Janus W. *Analisa Lifting Index Terhadap Kuli Angkut Sebagai Akibat Terjadinya Faal Kerja*, Prosiding Seminar Nasional Ergonomi, Yogyakarta, 2004, Hal 771-778.
- Suma'mur. *Higiene Perusahaan Dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Gunung Agung, 1984.
- Sutalaksana, Anggawisastra, Tjakraatmaja. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Jurusan Teknik Industri ITB, 1979.
- Tarwaka, Solichul Bakri, Lilik Sudiajeng. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas*. Surakarta: Uniba Press, 2004.
- Waters, T.R and Putz-Anderson, V. Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Task. *Ergonomics* 36. Page 749-776.
- Waters, T.R, Putz-Anderson, Garg, A. *Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. DHHS(NIOSH), Cincinnati, Ohio, 1994.
- Wicaksono, P., Prastawa, H. *Perancangan Gravity Roller Conveyor Untuk Mengeliminasi Proses Pengangkatan Manual di Bandara Ahmad Yani Semarang*, Prosiding Seminar Nasional Ergonomi, Yogyakarta, 2004, Hal 57-63.