

# Evaluasi Aktivitas *Manual Lifting* pada Stasiun Kerja *Viscose* dengan Pendekatan Biomekanika (Studi Kasus : PT. X)

Regina Fortunata Salim<sup>\*1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jl. Raya Cisauk Lapan No.70, Sampora, Cisauk, Tangerang, 15345, Indonesia  
Email: viiia.34.reginafs@gmail.com

## ABSTRAK

*PT. X* merupakan perusahaan manufaktur tekstil yang memproduksi serat rayon. Departemen *Viscose* adalah departemen yang memenuhi kebutuhan cairan *viscose*. Operator melakukan *manual lifting* material *pulp* dari trolley ke atas conveyor. Pengangkatan dilakukan dengan frekuensi tinggi dan waktu yang lama, sehingga menimbulkan beban berat bagi tubuh pekerja. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi aktivitas *manual lifting* dengan pendekatan biomekanika, yaitu Metode *Chaffin Planar Static Model* dan *NIOSH Lifting Equation*. Tujuan evaluasi ialah menganalisis postur tubuh operator pada pengangkatan material *pulp*. Hasil evaluasi *Chaffin* menunjukkan pengangkatan tergolong berbahaya karena nilai *compression force* melebihi batas aman ( $F_c = 4657,662 \text{ N} > 3400 \text{ N}$ ). Sedangkan, hasil evaluasi *NIOSH* menunjukkan nilai *LI* pada posisi start sebesar 9,554 dan posisi end sebesar 13,831 dimana ( $LI > 1$ ), sehingga tergolong berbahaya dan berpotensi mencederai anggota tubuh. Demikian, usulan diberikan dengan mengubah postur tubuh dari postur *stoop lift* menjadi *straddle lift* sehingga memberikan keamanan operator dalam melakukan pengangkatan tersebut.

**Kata kunci:** Biomekanika, *Chaffin Planar Static Model*, *Manual Lifting*, *NIOSH Lifting Equation*.

## 1. Pendahuluan

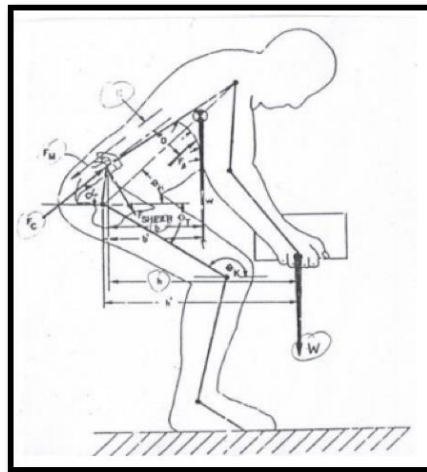
*PT. X* merupakan perusahaan manufaktur tekstil yang memproduksi serat rayon. Departemen *Viscose* adalah departemen yang memenuhi kebutuhan cairan *viscose*. Di dalam stasiun kerja, operator melakukan pengangkatan material *pulp* secara manual dari trolley ke atas conveyor. Beban yang diangkat oleh operator mencapai 30 kg per pengangkatan dan dilakukan dengan repetisi selama 8 jam (1 *shift*). Adanya proses *material handling* berupa pengangkatan material dengan teknis ini menyebabkan keluhan operator dari kelelahan (*fatigue*) hingga sakit di bagian punggung bawah (*low back pain*).

Menurut Chaffin dan Park (1973), keluhan nyeri pada anggota tubuh berkaitan dengan *Compression Force* ( $F_c$ ) atau gaya kompresi yang dibebankan pada titik Lumbar No.5/Sakrum No.1 (L5/S1). Penelitian membuktikan bahwa 85-95% penyebab penyakit hernia terjadi pada L5/S1 area *invertebral disk*. Kejadian ini disimpulkan bahwa hernia pada *invertebral disk* menjadi pemicu munculnya rasa nyeri pada punggung bagian bawah seseorang. Oleh karena itu, perlunya evaluasi dengan pendekatan biomekanika, yaitu dengan Metode *Chaffin Planar Static Model* untuk mengidentifikasi dan menganalisis postur tubuh operator pada saat melakukan pengangkatan dan *NIOSH Lifting Equation* untuk menentukan batas aman beban yang dapat diangkat operator, serta memberikan usulan rekomendasi postur pekerja yang ergonomis dalam kurun waktu dan frekuensi tertentu. Adapun, evaluasi ini juga dilakukan untuk meminimalisir adanya potensi kecelakaan kerja pada cedera jaringan lunak sistem saraf atau *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (Purnawati, 2002).

## 2. Metode

Pengukuran dan penilaian postur tubuh operator dilakukan oleh 1 responden yang melakukan pengangkatan material *pulp* dari trolley ke atas conveyor. Pengukuran dan penilaian ini dilakukan di Stasiun Kerja *Viscose* di PT. X. Pada tahap awal, penilaian postur dilakukan dengan pendekatan biomekanika, yaitu Metode *Chaffin Planar Static Model*. Tujuan penerapan

metode ini ialah mengestimasi proporsi populasi yang akan memiliki kekuatan pada *joint* untuk melakukan pengangkatan (Chaffin dan Anderson; 1991). Metode ini sebagai penilaian postur tubuh kerja berdasarkan panjang anggota tubuh (lengan atas, lengan bawah, dan batang tubuh), segmen tubuh, berat anggota tubuh, beban angkat, berat badan pengangkat, serta sudut yang terbentuk anggota tubuh terhadap garis sumbu horizontal. Pada proses pengambilan data, berat badan operator dan beban material *pulp* diukur dengan timbangan (analog/digital), kemudian dimensi tubuh diukur dengan mistar atau meteran, dan sudut yang terbentuk dengan busur derajat *protactor*. Data kemudian dicatat dan dijadikan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi postur tubuh tersebut. Model *Chaffin* dan rumus perhitungan gaya dan momen gaya L5/S1 diuraikan sebagai berikut.



**Gambar 1.** Model Punggung Bawah (*Low Back*) oleh Chaffin (1984)  
(Sumber : Chaffin, D.B. dan Andersson, 1984)

Model punggung bawah menjadi acuan dasar dalam menghitung gaya eksternal dan internal, berikut momen gaya oleh tubuh. Model ini digambarkan dalam bentuk sketsa (**Dilihat pada Gambar 1.** Model Punggung Bawah (*Low Back*) oleh Chaffin (1984)), untuk menghitung hasil akhir berupa nilai kompresi dari *Chaffin Planar Static Model*. Berikut merupakan rumus Metode *Chaffin Planar Static Model* yang memiliki fokus dalam mengukur gaya tekan L5/S1. Apabila nilai *compression force* ( $F_c$ ) melebihi batas aman 3400 N, maka postur tubuh diindikasikan berbahaya dan berpotensi menyebabkan cedera anggota tubuh.

1. Gaya reaksi siku (*elbow*).  

$$\sum F = 0 \tag{1}$$

$$R_E - W_{FA} - W_{load} = 0 \tag{2}$$
2. Momen reaksi siku (*elbow*).  

$$\sum M = 0 \tag{3}$$

$$M_E - W_{load}(L_{FA})\cos\theta_{FA}^\circ - W_{FA}(\text{COM}_{FA})\cos\theta_{FA}^\circ + R_E(0) = 0 \tag{4}$$
3. Gaya reaksi pundak (*shoulder*).  

$$\sum F = 0 \tag{5}$$

$$R_S - R_E' - W_{UA} = 0 \tag{6}$$
4. Momen reaksi pundak (*shoulder*).  

$$\sum M = 0 \tag{7}$$

$$M_S - M_E' - R_E'(L_{UA})\cos\theta_{UA}^\circ - W_{UA}(\text{COM}_{UA})\cos\theta_{UA}^\circ + R_S(0) = 0 \tag{8}$$

5. Gaya reaksi pinggang (*hip*).  

$$\sum F = 0 \quad (9)$$

$$R_H - 2R_S' - W_T = 0 \quad (10)$$
6. Momen reaksi pinggang (*hip*).  

$$\sum M = 0 \quad (11)$$

$$M_H - 2M_S' - 2R_S'(L_T)\cos\theta_T^\circ - W_T(\text{COM}_T)\cos\theta_T^\circ + R_T(0) = 0 \quad (12)$$
7. *Muscle Force* ( $F_m$ ).  

$$F_m = M_H/L_M \quad (13)$$
8. *Compression Force* ( $F_C$ ).  

$$F_C - F_m - R_H\sin\theta_T^\circ = 0 \quad (14)$$

**Keterangan:**

b	= Jarak Horizontal Lumbar ke Titik Berat Tubuh Bagian Atas (m)
h	= Jarak Horizontal Titik Berat Tubuh Bagian Atas ke Beban (m)
COM	= <i>Center of Mass</i> , Titik Berat (m)
m	= Massa (kg)
g	= Percepatan Gaya Gravitasi (10 m/s <sup>2</sup> )
M <sub>L5/S1 External</sub>	= Momen Gaya Eksternal Lumbar (Nm)
T	= Sudut Punggung terhadap Garis Sumbu Vertikal (°)
K	= Sudut yang Dibentuk Lutut (°)
α	= Sudut Antar Cincin Lumbar Terhadap Garis Horizontal (°)

Selanjutnya, metode yang digunakan untuk mendukung penilaian postur tubuh kerja ialah pengukuran batas aman beban yang diangkat dan mengidentifikasi indeks *manual handling*. MMH (*Manual Material Handling*) atau aktivitas pengangkatan pada proses manual yang dikategorikan sebagai kerja berat. Resiko kerja dapat timbul apabila beban dari aktivitas *manual handling* tidak diperhatikan. Menurut Grandjean, E (1986), dampak yang dapat dirasakan antara lain, otot merasakan beban yang berat hingga berpotensi merobek *invetebral disk* pada punggung pekerja. Di dalam MMH, usulan rekomendasi dari analisa batas aman beban angkat sehingga tidak menimbulkan potensi cedera dalam waktu dan frekuensi tertentu disebut dengan RWL (*Recommended Weight Lifting*). Perhitungan nilai RWL didapat dari persamaan NIOSH (Waters, et al, 1994):

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (15)$$

**Keterangan :**

RWL	= Batas beban yang direkomendasikan
LC	= <i>Load Constant</i> = 51 lbs atau 23 kg
HM	= <i>Horizontal multiplier</i> = 10/H atau 25/H
VM	= <i>Vertical multiplier</i> = 1-(0.0075 v-30 ) atau 1-(0.003 v-75 )
DM	= <i>Distance multiplier</i> = 0.82+1.8/D atau 0.82+(4.5/D)
AM	= <i>Asymetric multiplier</i> = (1-0.0032×A)
FM	= <i>Frequency multiplier</i>
CM	= <i>Coupling multiplier</i>
H	= <i>Horizontal location of the load eg. forward of the midpoint between the ankles</i> 10 ≤ H ≤ 25 inch

- V = Lokasi vertikal beban,  $0 \leq V \leq 70$  inch  
D = Vertical travel distance between the origin and destination of the lift,  $10 \leq D \leq 70$  inch  
F = Lifting Frequency, adalah angka rata-rata pengangkatan per menit.  
A = Angle asymmetry between the hands and feet (degrees)

$$\text{RWL (US)} = 51 \times (10/H) \times [1 - (0.0075|v-30|)] \times (0.82 + 1.8/D) \times (1 - 0.0032 \times A) \times \text{FM} \times \text{CM} \quad (16.a)$$

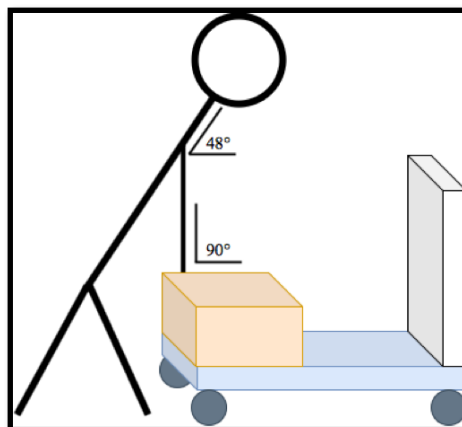
$$\text{RWL (Metric)} = 23 \times (25/H) \times [1 - (0.003|v - 75|)] \times (0.82 + 4.5/D) \times (1 - 0.0032 \times A) \times \text{FM} \times \text{CM} \quad (16.b)$$

$$\text{LI} = \frac{L}{\text{RWL}} \quad (17)$$

- LI = Lifting Index, adalah indeks untuk mengestimasi tingkat atau level pengangkatan yang berbahaya, jika  $\text{LI} > 1$  berarti pengangkatan tidak diizinkan karena berbahaya dan berisiko menyebabkan cedera tulang belakang.  
L = Berat objek yang diangkat (kg)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penilaian postur tubuh operator dengan Metode *Chaffin Planar Static Model* dilakukan secara manual dan tidak memerlukan waktu yang lama. Pada pengangkatan material *pulp* dari *trolley* ke atas *coveyor* memerhatikan postur tubuh awal dimana data-data operator diuraikan sebagai berikut :



Gambar 2. Sketsa Posisi Awal Pekerja pada saat *Manual Lifting*

Pada tahapan awal, posisi lengan bawah, lengan atas, dan batang tubuh digambarkan ke dalam sketsa posisi awal postur *material handling* tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran terhadap posisi pekerja pada saat mengangkat beban material *pulp*, sudut yang terbentuk ialah  $90^\circ$  sudut lengan bawah,  $90^\circ$  sudut lengan atas, dan  $48^\circ$  sudut batang tubuh terhadap sumbu X (horizontal) (**Dilihat pada Gambar 2.** Sketsa Posisi Awal Pekerja pada saat *Manual Lifting*). Pengukuran sudut dan panjang segmen tubuh diperuntukan dalam melakukan perhitungan gaya reaksi dan momen pada setiap anggota segmen tubuh responden. Hal ini

mendukung adanya temuan hasil, apakah gerakan *manual lifting* tergolong berbahaya atau sebaliknya.

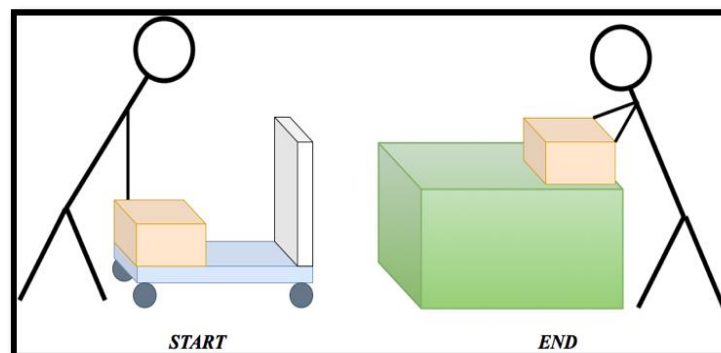
**Tabel 1.** Data Operator pada Pengangkatan Bahan Material *Pulp* di Stasiun Kerja *Viscose*

Data <i>Chaffin</i>	Ukuran (cm)	Sudut (°)
Panjang Lengan Bawah	46	90°
Panjang Lengan Atas	28	90°
Panjang Batang Tubuh	60	48°

Perhitungan dengan Metode *Chaffin Planar Static Model* menghasilkan beban *compression force* ( $F_c$ ) sebesar 4657,662 N. Pengangkatan ini diidentifikasi sebagai metode *stoop lift*. Batasan gaya angkat normal oleh NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) sebesar 3400 N (770 lbs) pada tulang punggung L5/S1. Aktualnya, postur pengangkatan yang dilakukan operator tergolong ke dalam postur yang **berbahaya**, mengingat nilai *compression force* ( $F_c$ ) yang dihasilkan dengan postur *stoop lift* melebihi batas aman pengangkatan beban material tersebut ( $F_c \text{ stoop lift} > 3400 \text{ N}$ ). Demikian, besar gaya tekan yang diterima L5/S1 sangat besar dan berpotensi mencederai anggota tubuh operator.

Nilai *compression force* ( $F_c$ ) yang melebihi batas aman (3400 N) disebabkan oleh besar sudut pada bagian lengan dan batang tubuh pada saat melakukan pengangkatan bahan material *pulp*. Sikap dan postur lengan tegak dengan batang tubuh membentuk sudut 90° dengan kondisi batang tubuh yang membungkuk, mempengaruhi gaya tekanan yang membebani L5/S1. Aktivitas ini tergolong **berbahaya** karena besarnya gaya tekan metode *stoop lift* oleh beban yang diterima oleh tubuh pekerja, berpotensi mencederai anggota tubuh (MSDs).

Pada penilaian RWL (*Recommended Weight Lifting*) dengan pendekatan NIOSH, evaluasi dilakukan untuk menilai postur secara teknis dan batas aman beban yang dapat diangkat operator sesuai kondisi aktual pengangkatan saat ini. Dari hasil evaluasi, usulan rekomendasi dapat diberikan melalui perubahan postur tubuh yang sesuai sehingga operator aman dalam melakukan pengangkatan tersebut. Berikut merupakan data pengukuran dengan Metode NIOSH *Lifting Equation*.



**Gambar 3.** Gerakan *Start* dan *End* Pekerja pada Pengangkatan Material *Pulp*

Pada (**Gambar 3.** Gerakan *Start* dan *End* Pekerja pada Pengangkatan Material *Pulp*), Gerakan *Manual Lifting* ditunjukkan pada posisi awal dan akhir pengangkatan. Gambar di atas mengindikasikan ketentuan jarak, frekuensi, intensitas, kondisi, serta berat beban yang diimplementasikan pekerja pada pengangkatan material *pulp*. Data-data tersebut kemudian direkap dan dihitung berdasarkan kaidah NIOSH *Lifting Equation* berikut.

**Tabel 2.** Data RWL Operator pada Pengangkatan Material *Pulp* di Stasiun Kerja *Viscose*

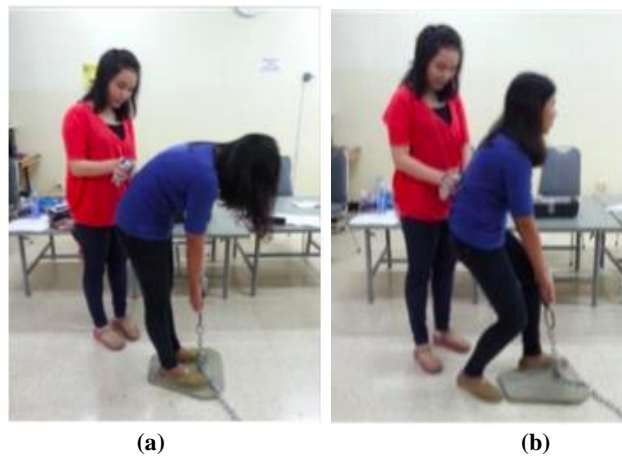
<i>NIOSH factor</i>	<i>Start of lift</i>	<i>End of lift</i>
	<i>Measured value</i>	<i>Measured value</i>
<i>Load Constant (LC)</i>	23 kg	23 kg
<i>Horizontal Distance (H)</i>	45 cm	70 cm
<i>Vertical Distance (V)</i>	32 cm	96 cm
<i>Distance of Lift (V final - V intial)</i>	60 cm	60 cm
<i>Frequency (lift/min) (F)</i>	5 Lift /min	5 Lift / min
<i>Asymmetric of Lift (A)</i>	0°	0°
<i>Coupling</i>	<i>Poor</i>	<i>Poor</i>
<i>Weight</i>	30 kg	30 kg

Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan Metode *NIOSH Lifting Equation*. Metode ini menghasilkan nilai *Recommended Weight Limit (RWL)* yang mampu memperkirakan tingkat pengangkatan yang berbahaya. Posisi yang menjadi perhatian dalam pengamatan, antara lain *start* dan *end*. Posisi *start* dilakukan pada saat pekerja mengambil material *pulp* dari *trolley*. Sedangkan, posisi *end* dilakukan pada saat pekerja meletakkan material *pulp* di atas *conveyor*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai RWL pada posisi *start* sebesar 3,14 kg dengan nilai *LI (Lifting Index)* sebesar 9,554 dan nilai RWL pada posisi *end* sebesar 2,169 kg dengan nilai *LI (Lifting Index)* sebesar 13,831. Nilai *LI* pada posisi *start* dan posisi *end* tergolong **berbahaya dan berisiko cedera** karena melebihi nilai 1. Kedua posisi melebihi batas aman *LI* pada pengangkatan bahan material *pulp* tersebut. Beban yang harus diangkat oleh operator tergolong berat, yakni 30 kg.

Pengangkatan material *pulp* menghasilkan nilai *FM (frequency)* sebesar 0,35. Hasil ini disebabkan oleh tingkat frekuensi dan repetisi pengangkatan sebesar 5 *lifts/min* dalam kurun waktu 8 jam, sehingga berpotensi menyebabkan kelelahan (*fatigue*). Kemudian, *Coupling* yang tergolong *poor* dinilai sebesar 0,9 karena bahan material memiliki dimensi yang besar, pengangkatan tidak didukung pengaman, serta dilakukan secara menyeluruh oleh anggota tubuh. Hal ini mempengaruhi batas aman angkat yang menjadi rendah, sedangkan *level* pengangkatan menjadi tinggi sehingga berdampak pada golongan pengangkatan yang **berbahaya dan berpotensi menyebabkan cedera**. Pada dasarnya, nilai *multiplier* yang kecil (dibawah nilai 1) menjadi aspek yang menyebabkan posisi tergolong **berbahaya**. Demikian, pekerja membutuhkan tenaga lebih untuk melakukan pengangkatan material *pulp* dan berpotensi cedera apabila dilakukan dengan tingkat frekuensi tinggi dan waktu yang lama.

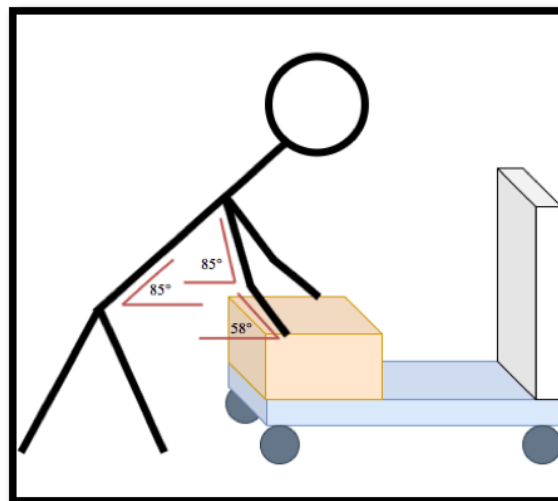
Adanya indikasi postur tubuh operator yang berpotensi dalam mencederai tubuh dan tergolong berbahaya menjadi dasar untuk memberikan usulan rekomendasi sikap dan postur tubuh yang sesuai dengan kondisi aktual. Usulan diperoleh dari estimasi metode pengangkatan yang diubah dari metode *stoop lift* menjadi *straddle lift*. Perbedaan metode *stoop lift* dengan *straddle lift* terdapat pada sikap dan postur tubuh yang dibentuk, serta tumpuan gaya beban yang diterima. Metode *stoop lift* berpusat pada batang tubuh, dimana *low-back* akan membungkuk untuk menahan beban eksternal yang diangkat. Umumnya, gerakan *stoop lift* diperuntukan dalam meminimalisir tegangan pada area kaki ketika melakukan *material handling*, tetapi justru berpotensi dalam mencederai tulang belakang atau MSDs (Eli Mas'idah dkk, 2009). Sedangkan, metode *straddle lift* sebagai metode usulan memposisikan kedua kaki tidak sejajar atau salah satu kaki lebih maju ke depan sebagai tumpuan beban. Kaki ditekuk sedikit dan tumpuan terdapat pada kaki untuk mengangkat beban. Demikian, gerakan *straddle lift* digunakan untuk menghindari cedera pada batang tubuh dan penyakit MSDs lainnya. Berikut merupakan contoh

gambar pengangkatan beban dengan menggunakan metode *stoop lift* dan *straddle lift* (**Dilihat pada Gambar 4.** Metode *Manual Lifting* (a) *Stoop Lift* dan (b) *Straddle Lift*).



**Gambar 4.** Metode *Manual Lifting* (a) *Stoop Lift* dan (b) *Straddle Lift*  
(Sumber : Laboratorium PSKE Unika Atma Jaya Jakarta)

Di dalam metode *straddle lift*, hasil pengukuran dilakukan pada sudut dan panjang dimensi tubuh, yaitu lengan bawah, lengan atas, dan batang tubuh (**Dilihat pada Gambar 5.** Sketsa Rekomendasi Posisi Tubuh Pekerja). Dimensi ini merupakan rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi beban pada batang tubuh serta berfokus dalam mencapai nilai kompresi gaya yang sesuai dengan batas normal, yaitu 3400 N. Sudut-sudut yang terkait ialah sudut pada lengan bawah sebesar  $58^\circ$ , lengan atas sebesar  $85^\circ$ , dan batang tubuh sebesar  $85^\circ$ .



**Gambar 5.** Sketsa Rekomendasi Posisi Tubuh Pekerja

**Tabel 3.** Data Dimensi Operator untuk Rekomendasi

Data <i>Chaffin</i>	Ukuran (cm)	Sudut ( $^\circ$ )
Panjang Lengan Bawah	46	$58^\circ$
Panjang Lengan Atas	28	$85^\circ$
Panjang Batang Tubuh	60	$85^\circ$

Berdasarkan perhitungan dengan mengubah posisi lengan dan batang tubuh pekerja, diperoleh aktivitas pengangkatan usulan tergolong **tidak berbahaya** karena nilai *compression*

force ( $F_c$ ) yang dihasilkan sebesar 2932,587 N. Nilai ini memenuhi batas aman pengangkatan karena berada di bawah nilai batas normal sebesar 3400 N (Nilai  $F_c < 3400$  N). Rekomendasi ini dikaji dan dilakukan dengan mengubah posisi dan metode pengangkatan dari *stoop lift* menjadi *straddle lift*. Dasar perubahan metode pengangkatan karena metode *stoop lift* sangat mengandalkan pembebanan pada batang tubuh, sedangkan metode *straddle lift* adalah metode pengangkatan yang direkomendasikan untuk pengangkatan objek yang dikategorikan sebagai objek berat dan memiliki dimensi besar. Berat material *pulp* yang harus diangkat sebesar 30 kg. Dengan demikian, metode pengangkatan *straddle lift* menjadi rekomendasi yang sesuai untuk pengangkatan material *pulp* oleh operator.

#### 4. Simpulan

Aktivitas pengangkatan material *pulp* oleh operator di Stasiun Kerja *Viscose* di PT. X menghasilkan gaya tekan L5/S1 yang besar, rata-rata pengangkatan 5 kali dalam 1 menit selama 8 jam, serta dimensi dan pegangan tangan sulit diterima operator. Hal ini terbukti dengan gerakan pengangkatan yang tergolong berbahaya, oleh adanya nilai kompresi melebihi batas normal (3400 N) dan nilai LI pada posisi *start* dan *end* melebihi 1. Demikian, usulan rekomendasi diberikan dengan mengubah postur awal pengangkatan dari metode *stoop lift* menjadi metode *straddle lift*. Perubahan besar terletak pada sudut lengan dan batang tubuh pada posisi pengangkatan. Rekomendasi ini telah sesuai dengan batas aman pengangkatan dan tergolong tidak berbahaya berdasarkan perhitungan Metode *Chaffin Planar Static Model*. Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada perancangan *Material Handling* pada produk (material). Perancangan produk mampu memperhatikan aspek keamanan, kebutuhan, dan kapasitas dari pekerja.

#### Daftar Pustaka

- Chaffin, D. B., dan Park, K.S. (1973). A Longitudinal Study of Low-Back Pain as Associated with Occupational Weight Lifting Factors. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J*, Vol. 34, No.12, pp. 513-525.
- Chaffin, D.B. dan Andersson, G. (1984). *Occupational Biomechanics*. John Willey & Sons.
- Chaffin, D. B. dan Andersson G. (1991). *Occupational Biomechanics. 2nd ed.* Wiley. New York, USA.
- De Leva. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's Segment Inertia Parameters. *Journal of Biomechanics*, Vol. 29, No.9, pp. 1223-1230.
- Grandjean, E. (1986). *Fitting the Task to the Man an Ergonomic Approach*. Taylor & Francis. London & Philadelphia.
- Hidayat, Imam. (1999). *Biomekanika*. FPOK-IKIP Bandung. Bandung.
- Mas'idah, Eli, Wiwik Fatmawati, dan Lazib Ajibta. (2009). Analisa *Manual Material Handling* (MMH) dengan Menggunakan Metode Biomekanika untuk Mengidentifikasi Resiko Cidera Tulang Belakang (*Muskuloskeletal Disorder*). *Sultan Agung*, Vol. XLV, No.119, pp. 37-56.
- Nurmianto, E. (1998). *Ergonomi: Konsep Dasar Dan Aplikasinya. Edisi Pertama Cetakan Kedua*. Guna Widya. Jakarta.
- Purnawati, S. (2002). Keluhan *Muskuloskeletal* Karyawan pada CV. DS di Desa Mas. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, Vol 3, No.1, pp.41-48.
- Sugiono, dkk (2018). *Ergonomi untuk Pemula: Prinsip Dasar & Aplikasinya*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Tayyari. (1997). *Occupational Ergonomics, Principle and Application*. Chapman & Hall. London.



- Waters, T. R., Anderson, V. P., dan Garg, A. (1994). *Application Manual for The Revised NIOSH Lifting Equation*. US Department of Health and Human Service. Cincinnati.
- Yanto dan Billy Ngaliman. (2017). *Ergonomi : Dasar-Dasar Studi Waktu & Gerakan untuk Analisis & Perbaikan Sistem Kerja*. Yogyakarta : Andi.