

# ARKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

J  
U  
R  
N  
A  
L  
  
T  
E  
K  
N  
I  
K  
  
I  
N  
D  
U  
S  
T  
R  
I

Vol. 07, Nomor 1

Pebruari 2013

**ANALISIS KONTRIBUSI KOMPONEN TEKNOLOGI DALAM USAHA BUDIDAYA RUMPUT LAUT DI KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT**

*Daniel Bunga Paillin*

**EKSPEKTASI PROFIT KAYU OLAHAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN VARIABILITAS DIMENSI PRODUK**

*Johan Marcus Tupan*

**FAKTOR-FAKTOR DOMINAN YANG MEMPENGARUHI TINGKAT KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA TERHADAP KINERJA KARYAWAN (STUDI PADA PT. "X" CABANG MALUKU)**

*Novita Irma Diana Magrib*

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN PEMILIHAN LOKASI PEMBANGUNAN GRAVING DOCK DI KOTA AMBON DENGAN METODE ANALITYCAL HIERARCHY PROCESS**

*V.O Lawata*

*A. J. Sutrisno,*

*G. R. Latuhihin*

**PENENTUAN MACIMUM ACCEPTABLE WEIGHT LIMIT (MAWL) UNTUK DURASI KERJA SINGKAT DENGAN PENDEKATAN BIOMEKANIK**

*Rapiah Sarfa Marasabessy*

**PERBAIKAN KUALITAS KERJA DENGAN MENERAPKAN PENDEKATAN ERGONOMIC MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS BURUH ANGKAT ANGKUT TRADISIONAL DI PASAR BADUNG DENPASAR**

*Robert Hutagalung*

**ALTERNATIF PENANGGULANGAN TENGKULAK DALAM USAHA BUDIDAYA RUMPUT LAUT DI KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT**

*Daniel Bunga Paillin*

*Taufik Talib*

**THE MATHEMATICAL BASIS FOR DETERMINISTIC QUANTUM MECHANICS AND APPLICATION TO HARMONIC OSCILLATORS**

*Samy J. Litaloly*

**PERHITUNGAN TERMODINAMIKA SIKLUS KERJA MESIN DIESEL YANMAR EMPAT LANGKAH SATU SILINDER 5,5 HP DAN 2200 RPM (KAJIAN TEORITIS)**

*Aloysius Eddy Liemena*

## PENENTUAN MAXIMUM ACCEPTABLE WEIIGHT LIMIT (MAWL) UNTUK DURASI KERJA SINGKAT DENGAN PENDEKATAN BIOMEKANIK

**Rapiah Sarfa Marasabessy**

Dosen Program Study Teknik Industri Fakultas Teknik  
Universitas Darussalam Ambon  
e-mail : Sarfa\_tahir@yahoo.com

### ABSTRAK

*Manual Material Handling (MMH) merupakan kegiatan pengangkatan material yang dilakukan secara manual. MMH memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam penanganan beban – beban ringan bila dibandingkan dengan penanganan material menggunakan alat. Namun, MMH teridentifikasi dapat menimbulkan cedera pada otot rangka (musculoskeletal disorders). Untuk meminimalisasi terjadinya cedera pada otot rangka, National Institut of Occupational Safety and Health (NIOSH) merekomendasikan sebuah persamaan pembebanan yaitu Recommended Weight Limit (MAWL). Persamaan ini dibuat berdasarkan data pekerja wanita Amerika sehingga dalam penggunaannya di Indonesia, perlu diadakan penyesuaian karena terdapat perbedaan antropometri antara orang Indonesia dengan orang Amerika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan batas beban maksimum berdasarkan antropometri pekerja wanita Indonesia. Pendekatan yang digunakan untuk menentukan batas beban maksimum dalam penelitian ini adalah pendekatan biomekanik dengan menggunakan data MAWL penelitian sebelumnya yang menggunakan pendekatan psikofisik dan fisiologi. Secara biomekanik MAWL yang menggunakan MAWL psikofisik merupakan MAWL yang direkomendasikan karena memiliki nilai tekan ( $f_c$ ) tertinggi 2723 N nilai ini lebih rendah dari  $f_c$  rekomendasi NIOSH yaitu 3400 N. Sedangkan MAWL yang menggunakan data fisiologi untuk jumlah angkatan tertentu tidak direkomendasikan karena menghasilkan nilai  $f_c$  lebih tinggi dibandingkan nilai  $f_c$  rekomendasi NIOSH.*

**Kata Kunci :** MAWL, RWL, antropometri, biomekanika, gaya tekan ( $f_c$ )

### ABSTRACT

*Manual Material Handling (MMH) is a material removal activitiei that performed manually. MMH has a high flexibility in handling the load - a light load if compared by using material handling equipment. However, MMH can cause injury identified in skeletal muscle (musculoskeletal disorders). To minimize the occurrence of injury in skeletal muscle, the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) recommends the imposition of an equation that is the Recommended Weight Limit. This equation is based on the data taken from American women workers in its use in Indonesia, the adjustment shall be made as there are differences in anthropometry, differences between Indonesian and American. The purpose of this study was to determine the maximum load limit based on the anthropometry of Indonesian women workers. Biomechanically MAWL wich use psycophicically MAWL is the MAWL recommended highest push value of 2723 N.this value is lower then NIOSH recommended  $f_c$  of 3400 N.in another side MAWL wich use fisiologi data for certain level number is not recommended tince it produces higher  $f_c$  value compare with the NIOSH recommended  $f_c$  value.*

**Keywords:** MAWL,RWL,anthropometry,biomechanic, Value push ( $f_c$ )

## PENDAHULUAN

### Latar belakang Masalah

Penggunaan tenaga manusia sebagai pekerja sangatlah dominan terutama kegiatan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling*). Kelebihan *Manual Material Handling* bila dibandingkan dengan penanganan material menggunakan alat bantu adalah fleksibilitas gerakan yang dapat dilakukan untuk beban-beban ringan. Akan tetapi aktivitas *Manual Material Handling* teridentifikasi beresiko tinggi sebagai penyebab utama timbulnya cedera pada otot rangka (*musculoskeletal disorders*). *Musculoskeletal disorders* pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat beban kerja yang berat dengan durasi pembebanan yang panjang (Grandjean, 1986).

Untuk meminimalisasi terjadinya cedera pada otot rangka, pada tahun 1981 *National Institut of Occupational Safety and Health* (NIOSH) merekomendasikan persamaan pembebanan yang disebut *Recommended Weight Limit* (RWL). RWL merupakan kondisi pembebanan dimana hampir semua pekerja normal dapat melakukan pekerjaan tersebut dalam periode waktu tertentu tanpa menimbulkan resiko terjadinya cedera tulang belakang akibat pengangkatan. Pada tahun 1991 NIOSH merevisi RWL dengan dengan menambahkan faktor pengali asimetri dan faktor pengali frekuensi (Waters, *et al*) Faktor-faktor pengali yang direkomendasikan, diperoleh dengan menentukan batas beban maksimum atau *Maximum Acceptable Weight Limit* (MAWL) berdasarkan antropometri pekerja Amerika dengan menggunakan pendekatan fisiologi, psikofisik dan biomekanik.

Beberapa penelitian di Cina, India dan Taiwan menunjukkan bahwa secara psikofisik rata – rata MAWL pekerja wanita lebih rendah, sedangkan MAWL pekerja pria lebih tinggi jika dibandingkan dengan MAWL yang direkomendasikan oleh NIOSH yang disebabkan karena adanya perbedaan antropometri (Wu, 1999., Ray dan Mayti, 2004., Lee, 2004).

Penelitian yang sama juga dilakukan di Indonesia untuk menentukan MAWL durasi kerja singkat (1-2 jam) dengan menggunakan pendekatan fisiologi dan psikofisik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa MAWL pekerja Indonesia secara fisiologi lebih tinggi dibandingkan dengan MAWL rekomendasi NIOSH untuk frekuensi angkatan 0.2 sampai 3 angkatan/menit sedangkan secara psikofisik MAWL untuk pekerja Indonesia lebih rendah 10 % - 30 % (Rapih, 2012). Sehingga untuk mendapatkan MAWL yang aman perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan pendekatan biomekanik.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut: Berapakah batas beban maksimum (MAWL) untuk durasi kerja 1 dan 2 jam yang sesuai dengan antropometri pekerja Indonesia berdasarkan pendekatan biomekanik

## LANDASAN TEORI

### *Manual Material Handling*

*Manual material Handling* adalah aktivitas penanganan material yang meliputi kegiatan mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membawa beban yang dilakukan tanpa bantuan alat. Kegiatan ini bila dilakukan dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan cedera pada tulang belakang. Untuk meminimasi terjadinya cedera, maka perlu ditentukan batas angkat beban maksimum (MAWL).

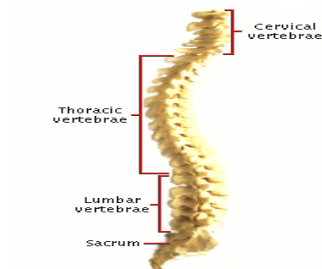
### *Maksimum Acceptable Weight Limit*

Kapasitas angkat beban maksimum (MAWL) dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu jarak vertikal, frekuensi pengangkatan, jarak horisontal, sudut pengangkatan serta antropometri. Ada beberapa pendekatan yang dapat dilakukan untuk menentukan MAWL diantaranya penentuan MAWL berdasarkan pendekatan psikofisik, pendekatan fisiologi, pendekatan biomekanika dan pendekatan epidemiologi.

Penelitian-penelitian sebelumnya lebih sering menggunakan pendekatan psikofisik, fisiologi, dan biomekanika karena dapat diterapkan pada jumlah sampel yang sedikit sedangkan pendekatan epidemiologi disamping membutuhkan jumlah sampel yang banyak juga membutuhkan waktu yang lebih lama.

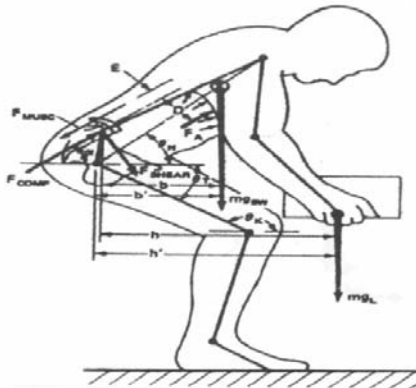
### Pendekatan biomekanika

Pendekatan ini menitikberatkan pada struktur tulang dan posisi pengangkatan, dimana struktur tulang terutama pada tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebihan ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensinya jarang. Struktur tulang belakang manusia dibagi menjadi 4 bagian yaitu cervical, thoracic, lumbar, dan sacroiliac



Bagian – bagian tulang belakang  
(Encarta Reference Library, 2005)

Dari bagian-bagian tulang belakang tersebut, bagian yang sering mengalami cedera adalah bagian lumbar (Gambar 1). Lumbar terdiri dari 5 ruas tulang lumbar vertebrata. Pada proses pengangkatan beban, lumbar mendapat gaya yang sangat besar yang berasal dari berat tubuh dan gaya yang dihasilkan oleh lumbar. Semua gaya tersebut bertumpu pada lumbar nomor 5 ( $L_5$ ) dan sacrum nomor 1 atau yang disingkat  $L_5/S_1$  (Cameron, *et. al.*, 2006). Model biomekanika tulang belakang untuk menganalisa gaya tekan, gaya otot dan gaya geser saat melakukan pengangkatan diperlihatkan pada Gambar 2



Model tulang belakang saat pengangkatan (Chaffin, 1991)

Persamaan untuk menghitung moment dan gaya yang terjadi pada  $L_5/S_1$  (Chaffin, 1991)

1. Perhitungan nilai moment pada pinggul

$$M_H = bw + hW \quad (1)$$

Dengan :

$h$  = jarak sumbu pikul ke pusat massa beban, nilai  $h = 2/3$  dari panjang segment tulang belakang ( sumber : Cameron, *et. al.*, 2006)

$b$  = jarak  $L_5/S_1$  ke pusat massa badan, nilai  $b = 1/2 h$  ( sumber : Cameron, *et. al.*, 2006)

$w$  = berat beban

$W$  = berat segmen tubuh diatas  $L_5/S_1$

2. Tekanan perut

$$P_A = 10^{-4} [43 - 0,36 (\theta_H + \theta_T)] (M_H)^{1,8} \text{ mmHg} \quad (2)$$

Dengan :

$\theta_H$  = sudut inklinasi badan terhadap garis horisontal

$\theta_T$  = Sudut inklinasi kaki terhadap garis horisontal

Keterangan :

$$1 \text{ N/cm}^2 = 75 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ mmHg} = \frac{1}{75} \text{ N/cm}^2$$

2. Dengan asumsi bahwa luasan diafragma perut adalah  $465 \text{ cm}^2$ , maka gaya akibat tekanan perut adalah :

$$F_A = P_A \times 465 \quad (3)$$

3. Gaya pada otot  $F_M$  dapat dihitung dengan mempertimbangkan nilai moment pada L5/S1 :

$$F_M \cdot E = P_A \cdot w + h \cdot W - D \cdot F_A \quad (4)$$

$$F_M = \frac{P_A \cdot w + hW - D \cdot F_A}{E} \quad (5)$$

Dengan :

D = Jarak dari perut ke L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>

E = Jarak dari spinal erector ke L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>, Nilai E = 0,05 m

4. Dengan menjumlahkan semua gaya tegak lurus terhadap L5/S1, didapatkan gaya kompresi  $F_c$  :

$$F_c = (w + W) \sin \alpha - F_A + F_M \quad (6)$$

Keterangan :

$$\alpha = 40^\circ \quad (7)$$

$$\beta = -17.5 - 0.12T + 0.23K + 0.0012TK + 0.005T^2 - 0.00075K \quad (8)$$

Dengan :

T = sudut yang dibentuk oleh torso terhadap garis vertikal

K = sudut yang dibentuk oleh paha atas dan betis

## METODE PENELITIAN

### Subjek Penelitian

Subjek penelitian diambil berdasarkan kriteria :

#### 1. Wanita

Pemilihan wanita sebagai subjek karena sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk menentukan MAWL dan FM berdasarkan antropometri wanita Indonesia.

#### 2. Usia > 15 tahun

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2007) usia 15 sampai 64 tahun merupakan usia produktif serta masuk dalam usia angkatan kerja di Indonesia.

#### 3. Antropometri

Sampel berjumlah 30 orang, dengan tinggi badan  $156 \text{ cm} \pm 6,98 \text{ cm}$  dan berat badan  $49 \text{ kg} \pm 5,7 \text{ kg}$ . Ukuran ini diambil berdasarkan antropometri pekerja wanita Indonesia hasil penelitian Santoso (2006).

#### 4. Sehat

Subjek yang diambil berbadan sehat tidak mengalami keluhan pada tulang belakang. Cara oral dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan kepada setiap subjek mengenai kesehatan dan keluhan – keluhan yang pernah dialami.

### Alat dan Bahan yang Digunakan

#### 1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini:

- Meteran untuk mengukur antropometri
- Komputer : software SPSS 12 dan Movie Plotter
- Timbangan : untuk mengukur berat badan
- Handycam

#### 2. Bahan yang digunakan :

##### a. Beban

- Beban yang digunakan dalam penelitian ini berupa barbel dengan berat :
- 1 kg = 2 buah
- 3 kg = 2 buah
- 5 kg = 4 buah
- 6 kg = 1 buah

Jumlah berat beban keseluruhan adalah 34 kg. Barbel digunakan sebagai beban karena barbel telah tersedia dengan berat yang bervariasi. Hal ini dapat mempermudah penelitian terutama pada penentuan MAWL secara psikofisik dimana pengangkatan beban dimulai dengan beban minimum 5 kg sampai beban maksimum sehingga untuk mendapatkan beban- beban yang bervariasi kita dapat mengkombinasikan beban – beban yang tersedia dengan hanya menyediakan beberapa buah barbel.

#### b. Boks

Boks dengan kategori kopling yang baik harus memiliki ukuran :

- Panjang  $\leq 40$  cm
- Tinggi  $\leq 30$  cm
- Dengan *handle* yang berukuran :
  - Panjang  $\geq 11,5$  cm
  - Tinggi  $\geq 3,8$  cm

Untuk mempermudah penelitian, digunakan boks yang telah tersedia dengan ukuran :

- Panjang = 40 cm
- Lebar = 33 cm
- Tinggi = 30 cm

Dengan *handle* yang berukuran :

- Panjang = 14 cm
- Tinggi = 4 cm

Lebar boks disesuaikan dengan panjang barbel hal ini bertujuan agar dalam pengangkatan beban, beban tidak bergeser sehingga tidak mempengaruhi pusat massa beban. Berdasarkan ukuran boks dan *handle* maka boks dikategorikan memiliki kopling yang baik dengan nilai faktor pengali kopling =1

#### c. Meja

Meja yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 2 buah dengan tinggi masing – masing 65 cm dan 90 cm. Pemilihan ukuran ini disesuaikan dengan tujuan penelitian yaitu untuk menentukan MAWL dan FM diatas ketinggian *knuckle* dan dibawah ketinggian *knuckle* maka ukuran 65 cm sesuai dengan rata-rata ketinggian *knuckle* wanita Indonesia yaitu 65 cm (Nurmianto, E., 1996). Untuk jarak diatas ketinggian *knuckle* diambil 90 cm. Nilai ini merupakan penjumlahan tinggi *knuckle* dan jarak perpindahan yaitu 25 cm dengan asumsi faktor pengali jarak (DM) = 1. Panjang dan lebar meja disesuaikan dengan panjang dan lebar boks.

Ukuran meja selengkapnya sebagai berikut :

##### Meja 1

- Tinggi = 65 cm
- Panjang = 46 cm
- Lebar = 36 cm

##### Meja 2 :

- Tinggi = 90 cm
- Panjang = 46 cm
- Lebar = 36 cm

### Prosedur Pengumpulan dan Pengolahan Data

#### 1. Prosedur Pengumpulan dan pengolahan data antropometri

Data antropometri yang diambil adalah data tinggi badan, tinggi bahu berdiri, berat badan, tebal dada, tebal perut, lingkaran dada, tinggi lutut, lingkaran lengan bawah, dan lingkaran *biceps*. Data –data ini kemudian diuji normalitas dan uji rataan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil memiliki antropometri yang tidak berbeda secara signifikan dengan rata – rata antropometri pekerja wanita Indonesia. Data antropometri pekerja wanita Indonesia diperoleh dari penelitian Susanto (2006)

Setelah dilakukan uji normalitas dengan menggunakan Kolmogorov Smirnov selanjutnya dilakukan uji rataan dengan menggunakan persamaan rasio uji :

$$R_{Ut} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \times \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (9)$$

Dengan :

- Rut = rasio uji
- $\bar{X}$  = mean sampel
- s = standar deviasi sampel
- n = jumlah sampel

Setelah rasio uji diketahui, selanjutnya dihitung nilai probabilitas (*P value*). Perhitungan *P value* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang cukup berarti antara nilai Rasio Uji (RUt) yang dihitung, dengan nilai batasan yang diberikan. *P value* diperoleh dengan cara menentukan tingkat signifikan ( $\alpha$ ) dengan nilai RUt. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan kriteria :

$P \text{ value} < \alpha$ ,  $H_0$  ditolak

$P \text{ value} > \alpha$ ,  $H_0$  tidak dapat ditolak.

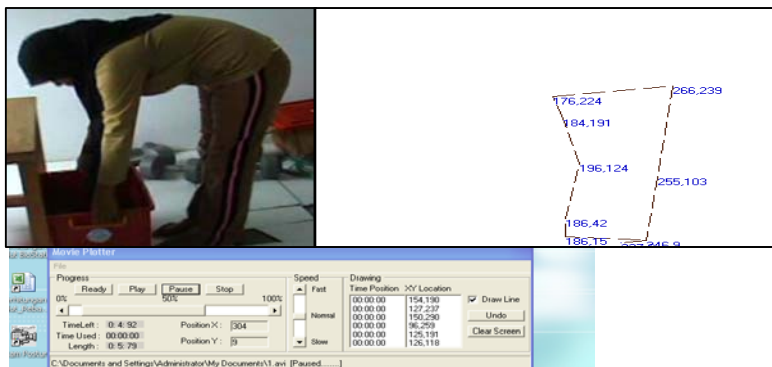
Dengan tingkat signifikan  $\alpha = 0,05$ , serta nilai Rasio Uji maka *P value* dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = 2 (1 - \Phi(\text{RUt})) \quad (10)$$

### Prosedur Pengumpulan dan pengolahan data MAWL Biomekanika

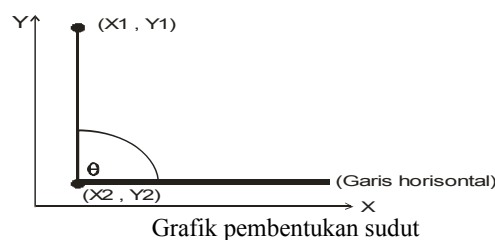
#### Prosedur Penelitian

Pertama – tama dilakukan pengambilan gambar dengan menggunakan handycam kemudian dicomvert kedalam *movie plotter* untuk mengetahui link – link yang dibentuk yang berupa koordinat XY (Gambar )



Pengolahan image pada *movie plotter*

Link-link ini berfungsi untuk membantu mencari sudut yang dibentuk dengan menampilkan nilai koodinat (X,Y), misalnya untuk mengetahui sudut yang dibentuk oleh perut terhadap garis horisontal, link yang digunakan adalah link punggung dan link leher.



Nilai teta dapat dihitung :

$$\tan \theta = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} \quad (11)$$

#### Perhitungan gaya tekan Fc

Dengan menggunakan antropometri sampel dengan tinggi badan berdiri 156 cm dan berat badan rata-rata 48 kg serta persentase segmen tubuh berdasarkan Chaffin yang disubsitusikan kedalam persamaan gaya tekan pada L5/S1, maka gaya tekan Fc dapat diketahui.

#### Pemilihan MAWL

Pemilihan MAWL didasarkan pada kriteria :

MAWL yang menghasilkan gaya tekan Fc terbesar

MAWL pada jarak vertikal > 65 cm (*arm lift*) tidak boleh melebihi MAWL pada jarak vertikal < 65 cm (*stoop lift*)

MAWL pada durasi 2 jam, tidak boleh melebihi MAWL dengan durasi terpendek atau durasi 1 jam untuk jarak vertikal dan frekuensi pengangkatan yang sama.

### Hasil dan pembahasan gaya tekan (Fc)

Perbandingan MAWL berdasarkan pendekatan psikofisik, dan fisiologi dengan MAWL rekomendasi NIOSH untuk durasi 1 jam

angkatan/ menit	V < 65	V < 65	V < 75	V > 65	V > 65	V > 75
	Psikofisik	Fisiologi	NIOSH	Psikofisik	Fisiologi	NIOSH
0,2	20,53	32,55	23	14,4	23,52	23
0,5	19,2	30,43	22,31	13	20,65	22,31
1	17,23	26,9	21,62	11,8	15,86	21,62
2	15,8	19,83	20,93	10,67	6,29	20,93
3	14,97	12,76	20,24	9,57	-3,27	20,24
4	14,97	5,69	19,32	9,37	-12,84	19,32
5	14,02	-1,38	18,4	8,7	-22,41	18,4
6	13,09	-8,44	17,25	7,88	-31,98	17,25
7	12,16	-15,51	16,1	7,05	-41,55	16,1
8	11,24	-22,58	13,8	6,23	-51,12	13,8
9	10,31	-29,65	11,96	5,4	-60,68	11,96
10	9,38	-36,72	10,35	4,57	-70,25	10,35
11	8,45	-43,79	9,43	3,75	-79,82	9,43
12	7,53	-50,86	8,51	2,92	-89,39	8,51
13	6,6	-57,92	0	2,1	-98,96	7,82
14	5,67	-64,99	0	1,27	-108,53	7,13
15	4,74	-72,06	0	0,45	-118,09	6,44

Perbandingan MAWL berdasarkan pendekatan psikofisik, dan fisiologi dengan MAWL rekomendasi NIOSH untuk durasi 2 jam

angkatan/ Menit	V < 65	V < 65	V < 75	V > 65	V > 65	V > 75
	Psikofisik	Fisiologi	NIOSH	Psikofisik	Fisiologi	NIOSH
0,2	19,9	23,58	21,85	14	17,2	21,85
0,5	18,3	21,46	21,16	12,83	14,33	21,16
1	16,97	17,92	20,24	11,63	9,55	20,24
2	15,83	10,85	19,32	9,97	-0,02	19,32
3	14,5	3,79	18,17	9,57	-9,59	18,17
4	13,13	-3,28	16,56	9,2	-19,16	16,56
5	13,45	-10,35	13,8	8,5	-28,73	13,8
6	12,56	-17,42	11,5	7,7	-38,29	11,5
7	11,67	-24,49	9,66	6,89	-47,86	9,66
8	10,78	-31,56	8,05	6,08	-57,43	8,05
9	9,89	-38,62	6,9	5,28	-67	6,9
10	9	-45,69	5,98	4,47	-76,57	5,98
11	8,11	-52,76	0	3,66	-86,14	5,29
12	7,22	-59,83	0	2,86	-95,71	4,83
13	6,33	-66,9	0	2,05	-105,27	0
14	5,44	-73,97	0	1,24	-114,84	0
15	4,55	-81,03	0	0,44	-124,41	0

#### 1. Hasil perhitungan Fc

Untuk mendapatkan MAWL yang aman, MAWL psikofisik dan fisiologi diuji secara biomekanika dengan menghitung gaya tekan Fc akibat pembebanan.



MAWL fisiologi yang bernilai negatif diberi nilai 0 dan untuk selanjutnya tidak diuji dalam perhitungan Fc karena nilai 0 berarti tidak diijinkan melakukan pengangkatan. Perbandingan Fc untuk kedua MAWL dapat dilihat pada Tabel berikut :

Perbandingan gaya tekan (Fc) Berdasarkan MAWL psikofisik dengan Fc MAWL fisiologi

Angkatan	1 JAM				2 JAM			
	V < 65	V < 65	V > 65	V > 65	V < 65	V < 65	V > 65	V > 65
	P	F	P	F	P	F	P	F
0.2	2723.022	5914.83	71.12116	-112166	2597.414	3377.92	143.2003	-149.232
0.5	2619.979	5228.282	151.6534	-60892.8	2300.681	2911.19	200.5984	75.59145
1	2467.079	4207.032	206.587	-17388.7	2072.672	2233.837	258.1442	278.2924
2	2355.885	2583.907	247.4011	132.3334	1890.258	1225.2	275.9321	0
3	2291.265	1455.916	277.8191	0	1692.133	603.6674	284.745	0
4	2291.265	738.0829	282.4282	0	1504.021	0	297.9881	0
5	2217.23	0	295.9235	0	1546.541	0	310.7123	0
6	2144.678	0	308.5848	0	1430.383	0	319.9856	0
7	2072.051	0	317.4254	0	1320.691	0	325.7595	0
8	2000.129	0	322.6045	0	1217.292	0	328.3353	0
9	1927.351	0	324.6371	0	1120.009	0	328.2859	0
10	1854.495	0	323.8435	0	1028.666	0	325.8103	0
11	1781.562	0	320.6942	0	943.0854	0	321.3452	0
12	1709.336	0	315.546	0	863.0868	0	315.4354	0
13	1636.246	0	308.9736	0	788.4895	0	308.3468	0
14	1563.078	0	301.3108	0	719.111	0	300.6691	0
15	1489.829	0	293.2912	0	654.7672	0	293.0845	0

Keterangan :

P : Gaya tekan (Fc) berdasarkan MAWL psikofisik

F : Gaya tekan (Fc) berdasarkan MAWL fisiologi

V : Jarak vertikal pengangkatan dalam cm

#### Analisis perbandingan Fc

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, maka dapat dilihat gaya tekan Fc berdasarkan MAWL psikofisik yang terendah bernilai 293 N dan yang tertinggi bernilai 2723 N. Jadi MAWL berdasarkan pendekatan psikofisik merupakan batas beban maksimum yang aman secara biomekanika karena menghasilkan Fc < 3400 N. Untuk V < 65 cm beberapa nilai Fc yang dihasilkan berdasarkan MAWL fisiologi > 3400 N hal ini berarti bahwa MAWL tersebut bukanlah MAWL yang aman berdasarkan pendekatan biomekanika.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Grandjean, E. 1986. *Fitting the Task to the Man*. Taylor & Francis Inc. London
- Maiti, R and Ray, G.G., 2004. *Determination of Maximum Acceptable Weight of Lift Adult Indian Female Workers*. *International Journal of Ergonomics*. Vol 34(6), 483-495
- Marasabessy, S. Rapih.2012. *Penentuan Maksimum Acceptable Weight Limit Berdasarkan Antropometri Wanita Indonesia Dengan Menggunakan Pendekatan Psikofisik* Jurnal Piston volume 1 No 2,27-30
- Marasabessy, S. Rapih.2012. *Penentuan Maksimum Acceptable Weight Limit Berdasarkan Antropometri Wanita Indonesia Dengan Menggunakan Pendekatan Fisiologi* Jurnal Arika volume 1 No 2,27-30
- Waters, T.R., Anderson, V.P. and Garg, A. 1993. *Revised NIOSH Equation and Evaluation of Manual Lifting Task*. *International Journal of Ergonomics*. Vol 36 No 7, 749-776
- Wu, S.P. 1999. *Psychophysically Determined Infrequent Lifting Capacity of Chinese Participants*. *Ergonomics*. 42(7) 952-63