

ISSN 2620 - 3995



**ALE ARCHIPELAGO ENGINEERING 2020**  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PATTIMURA

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PATTIMURA KAMPUS POKA-AMBON 13 AGUSTUS 2020

“PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DAN  
INFRASTRUKTUR PULAU-PULAU KECIL-  
TERPENCIL SEBAGAI *SMART ISLANDS* DALAM  
KONTEKS REVOLUSI INDUSTRI 4.0”

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON  
2020**

ISSN 2620 - 3995



**ALE** ARCHIPELAGO  
ENGINEERING 2020

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL**  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PATTIMURA  
KAMPUS POKA-AMBON  
13 AGUSTUS 2020

**“PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DAN INFRASTRUKTUR  
PULAU-PULAU KECIL-TERPENCIL  
SEBAGAI *SMART ISLANDS*  
DALAM KONTEKS REVOLUSI INDUSTRI 4.0”**

**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS PATTIMURA**  
**AMBON**  
**2020**

## SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNPATTI

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarakatuh,  
Salam Sejahtera.

Marilah kita panjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga kegiatan Seminar Nasional ke -3 Archipelago Engineering 2020 dengan tema **“PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DAN INFRASTRUKTUR PULAU-PULAU KECIL-TERPENCIL SEBAGAI SMART ISLANDS DALAM KONTEKS REVOLUSI INDUSTRI 4.0”** dapat terselenggara, sekalipun mengalami berbagai hambatan dalam masa pandemic COVID-19..

Atas nama Keluarga Besar Fakultas Teknik Unpatti, perkenankan saya menyampaikan Selamat Datang di Kampus Fakultas Teknik kepada Bapak Prof. Adi Suryosatyo dari Universitas Indonesia, Bapak Prof. Dr. Ir.Marcus Tukan, Dpl.Eng.MT. dan Jonny Latuny,Ph.D. dari Unpatti sebagai *Keynote Speakers*, para pemakalah dan peserta dari luar Universitas Pattimura guna mengikuti seminar ini.

Saya menyambut gembira karena kegiatan Seminar ALE 2020 ini mendapatkan perhatian yang besar dari para dosen di lingkup Fakultas Teknik Unpatti sehingga lebih dari 12 makalah akan dipresentasikan dalam seminar ini. Untuk itu, saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak dan Ibu para pemakalah. Saya yakin bahwa dari seminar ini akan menghasilkan ide-ide, konsep-konsep, teknik-teknik dan terobosan–terobosan baru yang inovatif dan bersinergi dengan pengembangan pola Ilmiah Pokok Unpatti terutama di bidang Kelautan Kepulauan.

Seminar ini terselenggara dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak, khususnya para sponsor dan kontribusi dari pemakalah dan peserta. Untuk itu, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Secara khusus, saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Panitia Penyelenggara atas jerih payah, kerja keras, ketekunan dan kesabarannya dalam mempersiapkan dan menyelenggarakan seminar ini sehingga dapat berjalan baik, lancar dan sukses.

Akhirnya, melalui seminar ini, marilah kita senantiasa perkuat dan perluas jejaring serta kerjasama antar sesama dosen sebagai pendidik, peneliti dan pengabdikan kepada masyarakat dalam mewujudkan Tri Dharma Perguruan Tinggi guna membangun bangsa dan negara tercinta.

Ambon, 13 Agustus 2020  
Dekan Fakultas Teknik Unpatti,



**Dr. Ir. W. R. Hetharia, M.App.Sc**

## **SUSUNAN PANITIA PELAKSANA 2020**

Dr. Novitha L. Th. Thenu, ST., MT  
Nikolaus Titahelu, ST, MT  
Dr. Debby R. Lekatompessy, ST., MT  
Ir. W. M. E. Wattimena, MSc  
Danny Pailin Bunga, ST, MT  
Ir. Latuhorte Wattimury, MT  
N. Maruanaya, SH  
Ir. H. C. Ririmasse, MT  
Ir. John Latuny, MT, PhD

## **SEKSI SEMINAR ALE 2019**

W. M. Rumaherang, ST., MSc, PhD  
D. S. Pelupessy, ST, MSc, PhD  
Prayitno Ciptoadi, ST, MT  
Benjamin G. Tentua, ST, MT  
Mercy Pattiapon, ST, MT  
Meidy Kempa, ST, MT

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNPATTI .....	iii
SUSUNAN PANITIA PELAKSANA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
 <i>Teknik Perkapalan, Teknik Transportasi Laut</i>	
E. R. de FRETES : .....	1
<b>Analisa Parametrik Penempatan Fin Buritan Pada Speed Boat     di Maluku</b>	
DEBY R. LEKATOMPESSY: .....	7
<b>Tinjauan Pengaruh Perubahan Dimensi Pondasi Kapal Ikan Tradisional Terhadap Nilai     Amplitudo Getaran</b>	
H. C. RIRIMASSE: .....	14
<b>Tinjauan Efisiensi Operasional Alat Tangkap Kapal Purse Seine 30 Gt</b>	
R. P. SOUMOKIL: .....	19
<b>Pemanfaatan Karakteristik Getaran Dalam Menentukan Konstruksi     Sambungan Kapal Kayu Yang Tepat Dan Bersesuaian Dengan Karakter Mesin</b>	
 <i>Teknik Industri</i>	
A. TUTUHATUNEWA : .....	24
<b>Analisis Kualitas Produk Abon Ikan Dengan Pendekatan Logika Fuzzy</b>	
ARIVIANA LIENTJE KAKERISSA: .....	33
<b>Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala Sebagai Bahan Bakar     Alternatif Briket Arang Biomassa</b>	
DANIEL B. PAILLIN, JOHAN M TUPAN: .....	40
<b>Model Integer Linier Programming (Ilp) Dalam Pemecahan Traveling Salesman     Problem (TSP) (Studi Kasus : PT. Paris Jaya Mandiri – Ambon)</b>	
IMELDA CH. POCERATU : .....	48
<b>Pengaruh Kompetensi Sumber Daya Manusia Terhadap Kinerja Pegawai Lembaga     Pembinaan Khusus Anak (Lpka) Klas Ii Ambon</b>	
AMINAH SOLEMAN, ADHI PRIYADI .....	56
<b>Analisis Manual Material Handling Untuk Meminimalisir Terjadinya Musculoskeletal     Disorder Pada Pekerja Tahu</b>	
J. M. TUPAN : .....	65
<b>Desain Pemasaran Online Berbasis Web untuk Pemasaran Produk Kerajinan Kerang     Mutiara di Kota Ambon. (Studi Kasus: Pondok Mutiara)</b>	
NIL EDWIN MAITIMU, MARCY L. PATTIAPON: .....	75
<b>Implementasi Lean Manufacturing Guna Mereduksi Waste (Studi Kasus : UD. X)</b>	
 <i>Teknik Sipil, Perencanaan Wilayah &amp; Kota</i>	
RAFEL ALBERTHUS, M. R. AYAL, C. G. BUYANG:.....	82
<b>Analisis Debit Limpasan Dan Penanggulangannya (Studi Kasus – Poka Perumnas,     Kel. Tihu, Kec. Teluk Ambon)</b>	

*Kelompok Bidang Kajian:*

**TEKNIK INDUSTRI**

# ANALISIS MANUAL MATERIAL HANDLING UNTUK MEMINIMALISIR TERJADINYA MUSCULOSKELETAL DISORDER PADA PEKERJA TAHU

Aminah Soleman<sup>1</sup> dan, Adhi Priyadi<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [a.soleman@fatek.unpatti.com](mailto:a.soleman@fatek.unpatti.com)

Jurusan Teknik Industri Universitas Pattimura

E-mail: [Adhipriyadi1998@gmail.com](mailto:Adhipriyadi1998@gmail.com)

**Abstrak.** Penggunaan tenaga manusia sebagai sumber tenaga kerja memiliki resiko terjadinya cedera pada tulang belakang. Fleksibilitas gerakan merupakan satu-satunya alasan industri masih memanfaatkan tenaga manusia dalam penanganan material secara manual. Berdasarkan hasil kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) pada 2 orang responden di UKM. Sederhana, yaitu responden pertama menunjukkan scoring NBM sebesar 43, yang artinya masuk dalam kategori tinggi dan perlu dilakukan perbaikan segera. Pada responden kedua menunjukkan nilai skoring NBM sebesar 38 yang artinya masuk dalam kategori sedang dan mungkin perlu dilakukan perbaikan. Dari hasil analisis kuisioner tersebut, apabila responden bekerja dengan durasi waktu yang lama dan repetitif, kondisi ini akan beresiko terjadinya gangguan sistem *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang berakibat pada masalah *back injuries* yakni cedera karena adanya gaya tekan pada tulang belakang. Penelitian menggunakan metode NIOSH yang terdiri dari perhitungan MPL (*Maximum Permissible Limit*) dan RWL (*Recommended Weight Limit*) pada 2 orang responden di UKM sederhana, sehingga diperoleh hasil yaitu pada responden I terjadi gaya tekan pada segmen L5/S1 sebesar 1907,625 N dan responden II sebesar 1331,843 N dan kemudian berat beban angkat yang direkomendasikan untuk kedua responden tersebut adalah tidak lebih dari 3,763 kg untuk responden I dan tidak lebih dari 3,90 kg untuk responden II.

Kata kunci : *Manual Material Handling*, NIOSH, *Maximum Permissible Limit*, *Recommended Weight Limit*.

**Abstract.** *The use of human labor as a source of labor has a risk of injury to the spine. The flexibility of the movement is the only reason the industry is still utilizing human labor in handling material manually. Based on the results of the Nordic Body Map (NBM) questionnaire on 2 respondents in UKM. Sederhana, the first respondent showed a NBM scoring of 43, which means it was included in the high category and needed immediate repairs. The second respondent showed an NBM score of 38, which means that it is in the medium category and might need to be improved. From the results of the questionnaire analysis, if the respondent works with a long duration and repetitive, this condition will be at risk of disruption of the musculoskeletal disorders (MSDs) which results in back injuries, namely injuries due to compressive forces on the spine. The study used the NIOSH method consisting of the calculation of MPL (Maximum Permissible Limit) and RWL (Recommended Weight Limit) on 2 respondents in simple UKM, so that the results obtained were that the respondent I had a compressive force on the L5 / S1 segment of 1907,625 N and respondent II is 1331,843 N and then the recommended lifting weight for both respondents is not more than 3,763 kg for respondent I and not more than 3.90 kg for respondent II.*

Keywords: *Manual Material Handling*, NIOSH, *Maximum Permissible Limit*, *Recommended Weight Limit*.

## PENDAHULUAN

Peranan manusia sebagai sumber tenaga kerja masih dominan dalam menjalankan proses produksi terutama kegiatan yang bersifat manual. Salah satu bentuk peranan manusia adalah aktivitas *manual material handling* (MMH) untuk mendukung kegiatan produksi di lantai produksi. Kegiatan MMH mempunyai beresiko

terjadinya *musculoskeletal disorders* (MSDs) seperti cedera pada otot, urat syaraf, urat daging, tulang, persendian tulang, tulang rawan, yang disebabkan oleh aktivitas kerja [1].

Menurut [2] Keluhan rasa sakit terjadi karena saat tubuh manusia mengangkat beban maka terjadilah kerja fisik dimana seluruh otot tubuh akan mengalami kontraksi. Otot-otot tubuh



pada dasarnya berfungsi untuk menegakkan tubuh manusia. Dan jika otot ini diberi beban kerja tambahan maka dampaknya akan segera terasa karena otot-otot tubuh akan meregang dan pembuluh darah menjadi mengecil (*strain*). Sehingga mengurangi aliran darah yang membawa oksigen dan gula keseluruh tubuh dan menghambat terbuangnya metabolisme (sisa pembakaran) dalam tubuh. Akibatnya akan merasa letih sehingga tulang belakang bagian bawah ototnya akan terasa sakit. Sedangkan pada gerakan mengangkat atau menarik beban, bagian tubuh yang paling terpengaruh mengalami cedera adalah tulang belakang bagian bawah. Hal ini disebabkan karena adanya gaya tekan pada tulang belakang bagian bawah khususnya pada lempeng *Lumbar* nomor 5 (*L5*) dan *Sacrum* nomor 1 (*L5/S1*) [3]. Akibat dari cedera pada lempeng ini adalah rasa sakit pada tulang belakang bersifat permanen, bahkan akibat yang lebih buruk adalah bisa menyebabkan kelumpuhan.

Proses kerja pada UKM. Sederhana masih secara manual yaitu dengan menggunakan tenaga manusia. Baik dalam proses pemindahan material, penyaringan, dan penyetakan, kecuali pada proses penggilingan kacang kedelai yang sudah menggunakan mesin. Khusus pada proses penyaringan sari kacang kedelai, diperlukan waktu sekitar 10-15 menit dalam sekali penyaringan. Sekali penyaringandihasilkan 50 potong tahu. UKM ini memproduksi tahu perharinya rata-rata 500-800 potong sesuai permintaan pasar, sehingga dibutuhkan 10-16 kali proses penyaringan, itu artinya responden membutuhkan waktu penyaringan sekitar 60-160 menit/hari. Proses kerja penyaringan sari kacang kedelai ini merupakan suatu proses kerja yang dilakukan secara repetitif dan membutuhkan durasi waktu kerja yang cukup lama. Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner *Nordic Body Map* (NBM), responden pertama merasakan rasa sakit yang besar pada bagian tengkuk, lengan kanan atas, pinggul, punggung dan pinggang. Hasil skoring *nordic body map* responden pertama menunjukkan nilai total sebesar 43, yang artinya masuk dalam kategori tinggi dan perlu dilakukan perbaikan segera. Pada responden kedua merasakan sakit yang besar pada bagian pinggul, punggung, dan pinggang. Hasil skoring *nordic body map* dari responden kedua menunjukkan nilai sebesar 38 yang artinya masuk dalam kategori sedang dan mungkin perlu dilakukan perbaikan. Dari hasil analisis kuisioner tersebut,

apabila responden bekerja dengan durasi waktu yang lama dan repetitif, kondisi ini akan beresiko terjadinya gangguan sistem *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang berakibat pada masalah *back injuries* yakni cedera karena adanya gaya tekan pada tulang belakang bagian bawah khususnya pada lempeng *Lumbar* nomor 5 (*L5*) dan *Sacrum* nomor 1 (*L5/S1*), akibat dari rasa sakit pada lempeng ini adalah rasa sakit pada tulang belakang yang bersifat permanen dan jangka panjang.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka Penelitian ini dapat dianalisis dengan menggunakan metode NIOSH (*Nasional Institute for Occupational Safety and Health*) yaitu Menghitung besar gaya tekan yang terjadi pada tulang belakang dan menghitung besar gaya angkat beban yang diperbolehkan terhadap pekerja di lantai produksi saat proses penyaringan sari kedelai pada proses pembuatan tahu. Hal ini dimaksudkan agar dapat meminimalisir terjadinya *musculoskeletal disorders* sehingga pekerja dapat bekerja dengan aman dan nyaman.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Biomeknika

Biomekanika diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

#### 1. *General Biomechanic*

*General Biomechanic* adalah bagian dari Biomekanika yang berbicaramengenai hukum – hukum dan konsep – konsep dasar yang mempengaruhi tubuh *organic* manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. Dibagi menjadi 2, yaitu:

- Biostatics* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam (uniform).
- Biodinamic* adalah bagian dari biomekanik umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan–gerakan tubuh tanpa mempertim-bangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik) [4].

#### 2. *Occupational Biomechanic.*

Didefinisikan sebagai bagian dari biomekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara responden dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk



meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

## 2.2. Manual Material Handling (MMH)

Pengertian pemindahan beban secara manual, menurut *American Material Handling Society* bahwa material handling dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), Pengemasan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya [1].

Berbeda dengan pendapat di atas menurut [5], *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 meliputi lima kegiatan, yaitu :

### 1. Mengangkat/Menurunkan (*Lifting/Lowering*)

Mengangkat adalah kegiatan memindahkan barang ke tempat yang lebih tinggi yang masih dapat dijangkau oleh tangan. Kegiatan lainnya adalah menurunkan barang.

### 2. Mendorong/Menarik (*Push/Pull*)

Kegiatan mendorong adalah kegiatan menekan berlawanan arah tubuh dengan usaha yang bertujuan untuk memindahkan obyek. Kegiatan menarik kebalikan dengan itu.

### 3. Memutar (*Twisting*)

Kegiatan memutar merupakan kegiatan MMH yang merupakan gerakan memutar tubuh bagian atas ke satu atau dua sisi, sementara tubuh bagian bawah berada dalam posisi tetap. Kegiatan memutar ini dapat dilakukan dalam keadaan tubuh yang diam.

### 4. Membawa (*Carrying*)

Kegiatan membawa merupakan kegiatan memegang atau mengambil barang dan memindahkannya. Berat benda menjadi berat total responden.

### 5. Menahan ( *Holding*)

Memegang obyek saat tubuh berada dalam posisi diam (*statis*)

## 2.3. Musculoskeletal Disorder (MSDs).

### a. Pengertian Muskuloskeletal

Gangguan muskuloskeletal atau yang biasa disebut dengan MSDs adalah serangkaian sakit pada otot, tendon, dan syaraf. Aktivitas

dengan tingkat pengulangan yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan pada otot, merusak jaringan hingga kesakitan dan ketidaknyamanan. Ini bisa terjadi walaupun tingkat gaya yang dikeluarkan ringan dan postur kerja memuaskan [6].

Menurut [7], gangguan muskuloskeletal adalah sekumpulan kondisi patologis yang mempengaruhi fungsi normal dari jaringan halus sistem muskuloskeletal yang mencakup syaraf, tendon, otot, dan struktur penunjang seperti *discus intervertebral*.

### b. Anatomi Muskuloskeletal System

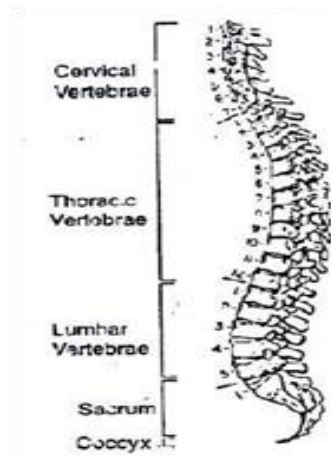
Seseorang akan memberikan performa yang baik terhadap aktivitas responden yang dilakukan ketika desain kerja atau perancangan produk dan peralatan yang digunakan sesuai dengan kemampuan kerja yang dimiliki. Oleh karena itu, segala komponen kerja yang berhubungan dengan aktivitas responden harus didesain dengan baik. Sehingga pengetahuan tentang karakteristik otot dan rangka manusia terutama dimensi serta kapasitasnya mutlak diperlukan dalam rangka penyesuaian terhadap perancangannya. Beberapa diantaranya meliputi :

- 1) Sistem Rangka
- 2) Sistem Otot
- 3) Jaringan Penghubung

## 2.4. Maximum Permissible Limit (MPL)

Merupakan batas besarnya gaya tekan pada segmen L5/S1 dari kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarkan oleh NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) tahun 1991. Besar gaya tekannya adalah di bawah 6500 N pada L5/S1. Sedangkan batasan gaya angkatan normal (*the Action Limit*) sebesar 3500 pada L5/S1. Sehingga, apabila  $F_c < AL$  (aman),  $AL < F_c < MPL$  (perlu hati-hati) dan apabila  $F_c > MPL$  (berbahaya). Batasan gaya angkat maksimum yang diijinkan [8], adalah berdasarkan gaya tekan sebesar 6500 N pd L5/S1, namun hanya 1% wanita dan 25% pria yang diperkirakan mampu melewati batasan angkat ini.

Perlu diperhatikan bahwa nilai dari analisa biomekanika adalah rentang postur atau posisi aktifitas kerja, ukuran beban, dan ukuran manusia yang dievaluasi. Sedangkan kriteria keselamatan adalah berdasar pada beban tekan (*compressionload*) pada intebtral disk antara Lumbar nomor lima dan sacrum nomor satu(L5/S1). Untuk mengetahui lebih jelas lagi L5/S1 dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Klasifikasi dan kodifikasi pada vertebrae [6]

Analisa dari berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada (L5/S1), demikian menurut [9]. Telah ditemukan pula bahwa 85-95% dari penyakit hernia pada disk terjadi dengan relative frekuensi pada L4/L5 dan L5/S1. Kebanyakan penyakit-penyakit tulang belakang adalah merupakan hernia pada intervertebral disk yaitu keluarnya inti *intervertebral (pulpy nucleus)* yang disebabkan oleh rusaknya lapisan pembungkus *intervertebral disk*.

Di bawah ini merupakan perhitungan (secara manual) untuk menghitung tiap segmen yang mempengaruhi tulang belakang dalam melakukan aktivitas pengangkatan, kecuali segmen kaki:

#### 1. Telapak Tangan

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \text{ -- tidak ada gaya horisontal.}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$W_H = 0,6\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yw} = W_o/2 + W_H$$

$$M_w = (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1$$

#### 2. Lengan Bawah

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \text{ -- tidak ada gaya horisontal. } \Sigma M = 0$$

$$\lambda_2 = 43\%$$

$$W_{LA} = 1,7\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA}$$

$$M_e = M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2)$$

#### 3. Lengan Atas

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \text{ -- tidak ada gaya horisontal. } \Sigma M = 0$$

$$\lambda_3 = 43,6\%$$

$$W_{UA} = 2,8\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ys} = F_{ye} + W_{UA}$$

$$M_s = M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3)$$

#### 4. Punggung

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \text{ -- tidak ada gaya horisontal. } \Sigma M = 0$$

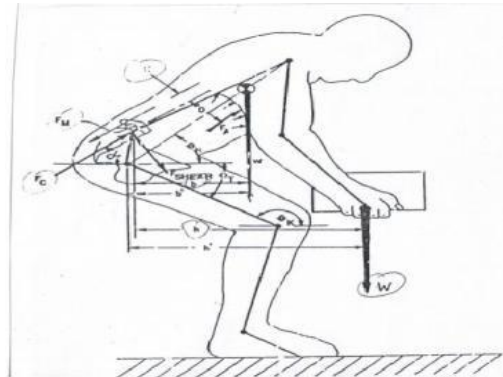
$$\lambda_4 = 67\%$$

$$W_T = 50\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yt} = 2F_{ys} + W_T$$

$$M_t = 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4)$$

Dengan menggunakan teknik perhitungan keseimbangan gaya pada tiap segmen tubuh manusia, maka didapat moment resultan pada L5/S1. Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, moment pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada spinal erector (FM) yang cukup besar dan juga gaya perut (FA) sebagai pengaruh tekanan perut (PA) atau Abdominal Pressure yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan karena pengaruh momen dan gaya yang ada seperti model pada gambar 2.8 dibawah ini.



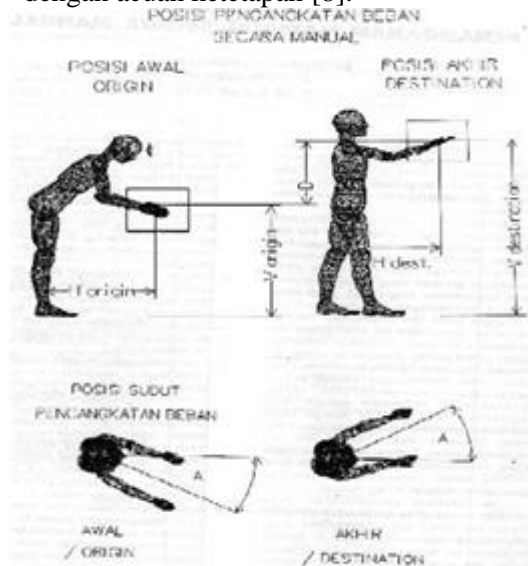
Gambar 2. Aktivitas pengangkatan [4]

## 2.4. Recommended Weight Limit (RWL)

*Recommended Weight Limit* merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun responden tersebut dilakukan secara repetitive dan dalam jangka waktu yang cukup lama. RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada tahun 1991 di Amerika Serikat. Persamaan NIOSH berlaku pada keadaan :

- Beban yang diberikan adalah beban statis, tidak ada penambahan ataupun pengurangan beban di tengah-tengah pekerjaan.
- Beban diangkat dengan kedua tangan.
- Pengangkatan atau penurunan benda dilakukan dalam waktu maksimal 8 jam.
- Pengangkatan atau penurunan benda tidak boleh dilakukan saat duduk atau berlutut.
- Tempat kerja tidak sempit.

Berdasarkan sikap dan kondisi sistem kerja pengangkatan beban dalam proses pemuatan barang yang dilakukan oleh responden dalam eksperimen, penulis melakukan pengukuran terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi dalam pengangkatan beban dengan acuan ketetapan [8].



Gambar 3. Recommended Weight Limit

Persamaan untuk menentukan beban yang direkomendasikan untuk diangkat seorang responden dalam kondisi tertentu menurut NIOSH adalah sbb:

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

Keterangan:

LC = konstanta pembebanan = 23 kg

HM = faktor pengali horizontal =  $25 / H$

FM = faktor pengali frekuensi \*lihat tabel

**Frekuensi Pengali**

CM = faktor pengali kopling (*handle*) \* lihat tabel **Coupling Multiplier**

VM = Faktor pengali vertikal

Setelah nilai *RWL* diketahui, selanjutnya perhitungan *Lifting Index*, untuk mengetahui index pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, dengan persamaan berikut ini:

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL}$$

Jika  $LI \leq 1$ , maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang. Jika  $LI > 1$ , maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang. Dalam tubuh manusia terdapat tiga jenis gaya: [10]

1. *Gaya Gravitasi*, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah ke bawah. Besar gayanya

adalah massa dikali percepatan gravitasi ( $F = m \cdot g$ )

2. *Gaya Reaksi* yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segmen tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.
3. *Gaya otot* yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya momen otot.

Tubuh manusia terdiri dari 6 link. [11], yaitu:

1. **Link lengan bawah**, dibatasi joint telapak tangan dan siku.
2. **Link lengan atas**, dibatasi joint siku dan bahu.
3. **Link punggung**, dibatasi joint bahu dan pinggul.
4. **Link paha**, dibatasi joint pinggul dan lutut.
5. **Link betis**, dibatasi joint lutut dan mata kaki.
6. **Link kaki**, dibatasi joint mata kaki dan telapak kaki.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data *Maximum Permissible Limit* (MPL)

a. Responden I



Gambar 4. Postur kerja responden I saat melakukan proses penyaringan.

Tabel 1. Data segmentasi berat dan panjang tubuh responden I

Segmen Tubuh	Berat (W)	Panjang (SL)	Pusat Masa ( $\lambda$ )	Sudut ( $\theta$ )
Telapak Tangan	3,528 N	0,181 m	49,4 %	43,8
Lengan Bawah	9,996 N	0,242 m	57%	74,3
Lengan Atas	16,46 4 N	0,312 m	56,4 %	38,2
Punggung	294 N	0,483 m	39,6 %	75,4

Nilai berat, pusat masa, dan panjang tiap segmen dihitung berdasarkan tabel data berat, pusat masa dan panjang segmen tubuh.

Tabel 2. Data panjang segmen tubuh

Segmentasi Tubuh	Segmen Panjang (*H)
Telapak Tangan	0,108
Lengan Bawah	0,146
Lengan Atas	0,186
Tinggi Mata	0,936
Tinggi Bahu	0,818
Tinggi Siku	0,63
Tinggi Paha	0,53
Tinggi Betis	0,285
Tinggi Mata Kaki	0,389
Panjang Kaki	0,152
Lebar Kaki	0,055
Punggung	0,288
Paha	0,245
Betis	0,246

Sumber: [11]

Tabel 3. Data berat segmen tubuh

Segmentasi Tubuh	Segmen Berat (*W)
Kepala dan leher	0,084
Telapak Tangan	0,006
Lengan Bawah	0,017
Lengan Atas	0,028
Punggung	0,5
Paha	0,1
Betis	0,043
Kaki	0,014

Sumber: [12]

Tabel 4. Data pusat masa tubuh

Segmentasi Tubuh	Pusat Masa
------------------	------------

Telapak Tangan	49,4%
Lengan Bawah	57,0%
Lengan Atas	56,4%
Punggung	39,6%
Paha	56,7%
Betis	56,7%
Kaki	57,1%

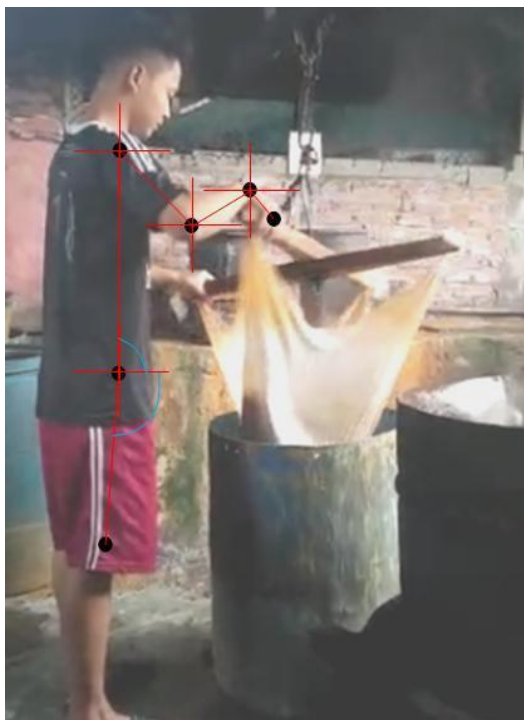
Sumber: [12]

Berikut ini adalah tahapan perhitungan manual dengan menggunakan Metode MPL pada responden 1, yaitu sebagai berikut:

- Perhitungan segmen-segmen tubuh, yang diperoleh hasil sebagai berikut:
  - Pada segmen Telapak tangan memiliki nilai resultan momen sebesar 6,855 Nm.
  - Berdasarkan nilai resultan momen pada segmen telapak tangan maka diperoleh besar resultan momen pada segmen lengan bawah yaitu sebesar 10,71 Nm.
  - Pada segmen lengan atas didapatkan nilai resultan momen pada segmen ini yaitu sebesar 28,281 Nm.
  - Berdasarkan nilai resultan momen segmen lengan atas, maka didapatkan nilai resultan momen segmen punggung sebesar 89,96 Nm.
- Hasil dari perhitungan gaya perut (FA) dan tekanan perut (PA) adalah masing-masing sebesar 36,820 Nm dan 1,712 N.
- Hasil perhitungan dari berat total keseluruhan segmen tubuh serta berat beban, diperoleh nilai sebesar 451,976 N.
- Hasil perhitungan nilai gaya otot *spinal erector*, didapatkan nilai sebesar 1795,44N.
- Tahap terakhir dari hasil perhitungan besar gaya tekan/kompresi pada tulang belakang atau pada bagian tubuh L5/S1, diperoleh nilai gaya tekan sebesar 1907,625 N.

Nilai tersebut menunjukkan besarnya gaya tekan yang terjadi pada bagian tubuh bagian punggung (L5/S1). Nilai tersebut jika dilihat berdasarkan kategori bahaya, maka besar gaya tekan tersebut masih belum masuk dalam kategori membahayakan karena Gaya Tekan  $\leq 3400$  N. Akan tetapi nilai tersebut dihitung hanya untuk tekanan yang terjadi dalam sekali pengerjaan saja. Dan apabila besarnya nilai tersebut terjadi secara berulang-ulang maka besar gaya tekan yang didapat akan bertambah hingga melebihi angka 3400 N yang artinya akan sangat berbahaya bagi responden I.

## b. Responden II



Gambar 5. Postur kerja responden II saat melakukan proses penyaringan

Tabel 5. Data segmentasi berat dan panjang tubuh responden II

Segmen Tubuh	Berat (W)	Panjang (SL)	Pusat Masa ( $\lambda$ )	Sudut ( $\theta$ )
Telapak Tangan	3,293 N	0,176 m	49,4 %	46,7
Lengan Bawah	9,330 N	0,237 m	57%	35,3
Lengan Atas	15,366 N	0,303 m	56,4 %	43,5
Punggung	274,4 N	0,469 m	39,6 %	89,5

Berikut ini adalah hasil dari tahapan perhitungan manual dengan menggunakan Metode MPL pada responden II, yaitu sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan momen gaya pada segmen-segmen tubuh responden II, yaitu sebagai berikut:
  - a. Hasil pada segmen Telapak tangan memiliki nilai momen gaya sebesar 6,304 Nm.
  - b. Berdasarkan nilai momen gaya pada segmen telapak tangan, diperoleh besar momen gaya pada segmen lengan bawah sebesar 17,445 Nm.

- c. Hasil Pada segmen lengan atas maka diperoleh nilai momen gaya sebesar 32,792 Nm.
- d. Berdasarkan nilai momen gaya pada segmen lengan atas, maka diperoleh nilai momen gaya pada segmen punggung sebesar 66,568 Nm.

2. Setelah melakukan perhitungan pada tiap-tiap segmen tubuh maka dengan data-data tersebut dilanjutkan untuk menghitung besar gaya perut (FA) dan besar tekanan Perut (PA). Hasil dari perhitungan FA dan PA adalah masing-masing sebesar 19,799 Nm dan 0,920 N.
3. Kemudian menghitung berat total dari keseluruhan segmen tubuh serta berat beban. Diperoleh nilai sebesar 428,378 N.
4. Tahap akhir adalah menghitung besarnya nilai gaya otot *spinal erector* dan didapatkan nilai sebesar 1329,336 N.
5. Tahap akhir adalah menghitung besar gaya tekan/kompresi pada tulang belakang atau pada bagian tubuh L5/S1, sehingga diperoleh nilai gaya tekan sebesar 1331,843N.

Nilai tersebut menunjukkan besarnya gaya tekan yang terjadi pada bagian tubuh belakang (L5/S1). Nilai tersebut jika dilihat berdasarkan kategori bahaya, maka besar gaya tekan tersebut masih belum membahayakan untuk responden II karena Gaya Tekan  $\leq 3400$  N. Akan tetapi nilai tersebut dihitung hanya untuk tekanan yang terjadi dalam sekali pengerjaan saja. Dan apabila besarnya nilai tersebut terjadi secara berulang-ulang maka besar gaya tekan yang didapat akan bertambah hingga melebihi angka 3400 N yang artinya akan sangat berbahaya bagi responden II.

### 3.2. Recommended Weight Limit (RWL)

Berikut adalah tabel dari perhitungan nilai faktor dari responden I dan responden II yang diperoleh nilai faktor yang sama dari kedua responden, yaitu sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil perhitungn nilai faktor kedua responden

Pengali horizontal (HM)	0,714
Pengali vertikal (VM)	0,851
Pengali perpindahan (DM)	0,948
Pengali frekuensi (FM)	0,420
Pengali asimetrik (AM)	0,712

Dari tabel diatas dilanjutkan ke perhitungan RWL dan LI untuk masing-masing responden.



#### a. Responden I

Setelah dilakukan proses perhitungan nilai RWL pada responden I dengan konstanta pembebanan (LC) adalah sebesar 10 kg, maka didapatkan nilai rekomendasi batas berat yang aman untuk diangkat walaupun kegiatan pengerjaan dilakukan secara berulang-ulang adalah sebesar 3,763 kg.

Kemudian dihitung berapa besar nilai LI atau *lifting Index* yang terjadi pada proses penyaringan sari kacang kedelai yang dilakukan oleh responden I dengan berat beban yang diangkat adalah 10 kg, dan didapatkan nilai LI sebesar 2,657. nilai LI tersebut lebih besar dari 1 ( $LI > 1$ ) yang artinya bahwa responden yang dilakukan oleh responden I sangat berbahaya dan mengandung resiko cedera pada tulang belakang.

Kemudian dihitung berapa besar nilai LI atau *lifting Index* yang terjadi pada proses penyaringan sari kacang kedelai yang dilakukan oleh responden I dengan berat beban yang diangkat adalah 10 kg, dan didapatkan nilai LI sebesar 2,657. nilai LI tersebut lebih besar dari 1 ( $LI > 1$ ) yang artinya bahwa responden yang dilakukan oleh responden I sangat berbahaya dan mengandung resiko cedera pada tulang belakang.

#### b. Responden II

Berdasarkan hasil perhitungan nilai RWL pada responden II dengan konstanta pembebanan (LC) adalah sebesar 10 kg, maka didapatkan nilai rekomendasi batas berat yang aman untuk diangkat walaupun kegiatan pengerjaan dilakukan secara berulang-ulang adalah sebesar 3,90 kg.

Kemudian dihitung berapa besar nilai LI atau *lifting Index* yang terjadi pada proses penyaringan sari kacang kedelai yang dilakukan oleh responden II dengan berat beban yang diangkat adalah 10 kg, dan didapatkan nilai LI sebesar 2,564. nilai LI tersebut lebih besar dari 1 ( $LI > 1$ ) yang artinya bahwa responden yang dilakukan oleh responden II sangat berbahaya dan mengandung resiko cedera pada tulang belakang.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

1. Hasil pengolahan data dengan metode NIOSH yakni menghitung nilai MPL pada responden I dan responden II didapat besar gaya kompresi

atau gaya tekan yang terjadi pada tulang belakang (L5/S1) berturut-turut adalah sebesar 1907,625 N dan 1331,843 N. Nilai tersebut kurang dari 3400 N ( $1907,625 N < 3400 N$ ) dan ( $1331,843 N < 3400 N$ ) artinya gaya tekan yang terjadi pada tulang belakang responden I dan responden II masih dalam kategori aman. Namun apabila terjadi secara berulang-ulang maka hal tersebut dapat beresiko terjadinya cedera pada tulang belakang para responden tersebut.

2. Hasil pengolahan data dengan menghitung nilai RWL pada responden I dan responden II diperoleh nilai sebesar 3,763 kg pada responden I dan 3,90 kg pada responden II. Itu artinya batas berat aman yang direkomendasikan untuk responden I dan responden II agar dapat bekerja mengangkat beban tanpa adanya resiko cedera tulang belakang walaupun respondena dilakukan secara berulang-ulang adalah sebesar 3,763 kg untuk responden I dan 3,90 kg untuk responden II. Kemudian untuk *Lifting Index* yang didapat untuk responden I dan responden II dengan berat beban yang diangkat seberat 10 kg secara berturut-turut adalah sebesar 2,657 dan 2,564. Kedua nilai tersebut melebihi 1 ( $2,657 > 1$ ) dan ( $2,564 > 1$ ), maka dari itu responden tersebut berbahaya dan beresiko cedera tulang belakang dan direkomendasikan untuk mengangkat beban sesuai dengan nilai RWL yang direkomendasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wignjosoebroto, Sritomo, (1995), *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Edisi pertama. Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- [2] Yusuf, M., & Yogyakarta, T. A. (2018). *Evaluasi Ergonomi Biomekanika Terhadap Kenyamanan Kerja*, (January 2006). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30160.00006>
- [3] Nurmianto, Eko., (1996), *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, PT.Guna Widya, Jakarta.
- [4] Tayyari F. Dan Smith. J. L., (1997) *Occupational Ergonomics: Principles and Application*, London: Chapman&Hall.
- [5] OSHA, (2000), *Ergonomics : The Study of Work . U. S. Departement of Labor*
- [6] *Occupational Health and Safety Council of Ontario (OHSCO). (2007). Prevention Musculoskeletal Tool Box. Ontario, USA.*

- 
- [7] *National Institute the occupational Safety and Health NIOSH (1997). Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work Related Musculoskeletal Disorders. NIOSH: Center for Disease Control and Prevention.*
- [8] Lianatika (2013), Analisis dan Evaluasi Kerja Manual dengan Menggunakan Metode NIOSH 1991 dan REBA
- [9] Chaffin, D.B. and Park, K.S. (1973), *A lonitudinal Study of low back pain asassociated with occupatioanl lifting factors*, American Industrial Hygiene Association journal, 1973, V 34, P.513.
- [10] Winter, D. A. (1979), *Biomechanics of Human Movement*. Wiley and Sons, New York.
- [11] Chaffin, D.B. and Anderson, G. B.J., (1991), *Occupational Biomechanics*, John Willey & Son.
- [12] Tayyari F. Dan Smith. J. L., (1997) *Ocupational Ergonomics: Principles and Application*, London: Chapman&Hall.