

**PENGUKURAN BIOMEKANIKA DAN PERANCANGAN
ALAT BANTU *ROBOT ARM* PEKERJA DI UNIT DISTRIBUSI**

TUGAS AKHIR

**Disusun Oleh :
Chlaudya Margareta Mamuaya
15012015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO
2019**

**PENGUKURAN BIOMEKANIKA DAN PERANCANGAN
ALAT BANTU *ROBOT ARM* PEKERJA DI UNIT DISTRIBUSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Gelar Sarjana

Disusun Oleh :

Chlaudya Margareta Mamuaya

15012015



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO
2019**



**UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO-INDONESIA**

Nama : Chlaudya Margareta Mamuaya
NIM : 15012015
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tugas Akhir : Pengukuran Biomekanika dan Perancangan Alat bantu *Arm Robot* untuk Pekerja di Unit Distribusi
Pembimbing I : Ronald A. Rachmadi, ST., MT
Pembimbing II : Yulius C. Raton, ST., M.Kom
Co-Pembimbing : Indah Yessi Kairupan, ST.,M.Sc

Menyetujui,
Manado, 2019

Pembimbing I,

Pembimbing II

Ronald A. Rachmadi, ST., MT

Yulius C. Raton, ST., M.Kom

Mengetahui,

Dekan,

Ketua Program Studi

Ronald A. Rachmadi, ST., MT

Tryadi W. Tumewu, ST., M.Sc

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Chlaudya Margareta Mamuaya
NIM : 15012015
Tempat/Tanggal Lahir : Poigar, 20 Maret 1998
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Industri

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul **“Pengukuran Biomekanika dan Perancangan Alat bantu Robot Arm untuk Pekerja di Unit Distribusi”** yang saya buat adalah benar hasil karya saya dan bukan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi akademis sesuai dengan yang ditetapkan oleh Fakultas, berupa pembatalan Tugas Akhir dan hasilnya.

Manado, 5 Juli 2019

Yang Menyatakan.



Chlaudya Mamuaya

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ronald Rachmadi, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing II



Yulius Raton, S.T.,M.Kom

Ketua Program Studi



Tryadi W. Tumewu, S.T., M.Sc

Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik
Ronald Rachmadi, S.T.,M.T



**UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO-INDONESIA**

Nama : Chlaudya Margareta Mamuaya
NIM : 15012015
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tugas Akhir : Pengukuran Biomekanika dan Perancangan Alat bantu *Arm Robot* untuk Pekerja di Unit Distribusi
Pembimbing I : Ronald A. Rachmadi, ST., MT
Pembimbing II : Yulius C. Raton, ST., M.Kom
Co-Pembimbing : Indah Yessi Kairupan, ST.,M.Sc

Menyetujui,
Manado, 5 Juli 2019

Pembimbing I,

Ronald A. Rachmadi, ST., MT

Pembimbing II

Yulius C. Raton, ST., M.Kom

Mengetahui,

Dekan,

Ronald A. Rachmadi, ST., MT

Ketua Program Studi



Tryadi W. Tumewu, ST., M.Sc

ABSTRACT

MMH activity in many industrial jobs is identified as being at high risk as a cause of low-back pain or complaints of muscle, tendon and nerve resulting from heavy manual material handling and repeated high intensity. In the process of distribution unit PT. Pos Indonesia still uses human power or MMH.

The Standard Nordic Questionnaire (SNQ) was made to find out complaints experienced by operators while carrying out the activities of moving objects to warehouses in the distribution unit of PT. Pos Indonesia. From the results of RWL calculations & LI values, either LI origin or destination LI is more than 1, meaning that the level of risk of injury faced by workers is also greater. This is caused by a small horizontal multiplier value (0.74), a small vertical multiplier value (0.87) and a small frequency multiplier value (0.87). The calculation of a large LI value is also influenced by the presence of a load that is very large, which is 30 kg. Whereas based on the MPL calculation, the Fc value > 6500 N is obtained, then the position of the operator with a load of 30kg is categorized as "Dangerous".

Based on the results of RWL and MPL calculations and analysis of engineering control, a tool for transferring objects was made, namely in the form of a robotic arm with prototype specifications: having a base machine (25x20x5 cm), base arm (12 x 6 x 4 cm), forearm (15 x 4.5 x 3 cm), upper arm (17.5x 6 x 5 cm), and gripper with a 5 cm wide pinch. With the results of economic analysis calculations, it can be concluded that labor costs can be replaced with arm robots.

Keywords: Standard Nordic Questionnaire, RWL, MPL, Biomechanics, Robot Arm.

ABSTRAK

Aktivitas MMH dalam pekerjaan industri banyak diidentifikasi beresiko besar sebagai penyebab *low-back pain* atau keluhan pada otot, tendon dan syaraf akibat dari penanganan material secara manual yang cukup berat dan dilakukan secara berulang-ulang dengan intensitas tinggi. Dalam prosesnya unit distribusi PT. Pos Indonesia masih menggunakan tenaga manusia atau MMH.

Standard Nordic Questionnaire (SNQ) dibuat untuk mengetahui keluhan yang dialami oleh operator selama melaksanakan aktivitas pemindahan barang ke gudang di unit distribusi PT. Pos Indonesia. Dari hasil perhitungan RWL & nilai LI baik LI *origin* ataupun LI *destination* lebih dari 1, artinya tingkat resiko cedera yang dihadapi oleh para pekerja juga semakin besar. Hal ini diakibatkan oleh nilai pengali horizontal yang kecil (0,74), nilai pengali vertikal yang kecil (0,87) dan nilai pengali frekuensi yang kecil (0,87). Selain itu, nilai LI yang besar juga dipengaruhi oleh adanya beban yang beratnya sangat besar yaitu 30 kg. Sedangkan berdasarkan perhitungan MPL diperoleh nilai $F_c > 6500$ N, maka posisi operator dengan beban 30kg dikategorikan “Berbahaya”.

Berdasarkan hasil perhitungan RWL dan MPL dan analisis *engineering control*, maka dibuat sebuah alat bantu pemindah barang berupa *arm robot* dengan spesifikasi *prototype arm robot* ini memiliki *base machine* (25 x 20 x 5 cm), *base lengan* (12 x 6 x 4 cm), *lengan bawah* (15 x 4,5 x 3 cm), *lengan atas* (17,5 x 6 x 5 cm), dan *gripper* dengan lebar capit sebesar 5 cm. Dengan hasil perhitungan analisis ekonomis, dapat disimpulkan bahwa biaya tenaga pekerja dapat digantikan dengan *arm robot*.

Kata Kunci: Standart Nordic Questionnaire, RWL, MPL, Biomekanika, Robot Arm.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengukuran Biomekanika dan Perancangan Alat bantu *Robot Arm* untuk Pekerja di Unit Distribusi”**.

Dalam penyusunan Laporan Kerja Praktek ini, penulis mendapatkan dukungan, bantuan serta bimbingan dari beberapa pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Johanis Ohoitumur selaku Rektor Universitas Katolik De La Salle Manado.
2. Ronald Rachmadi, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado dan juga sebagai Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, masukan dan saran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
3. Tryadi W. Tumewu, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik De La Salle Manado, yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, masukan dan saran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
4. Yulius Raton, S.T., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan bimbingan dalam proses perkuliahan bagi penulis, dan juga sebagai Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, masukan dan saran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
5. Indah Yessi Kairupan S.T.,M.Sc., selaku pembimbing yang senantiasa membimbing, memberi ide serta masukan yang sangat membangun dan mengarahkan penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
6. Kristian Dame S.T., M.Sc, selaku dosen Teknik Elektro yang selalu membantu dan memberi ide serta masukan yang sangat membangun bagi laporan Tugas Akhir ini.
7. Para dosen dan staf Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik De La Salle Manado.
8. Mama, Papa, Kakak Gledys, dan Adik Lian yang selalu memberikan dukungan penuh dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Angela Kamagi selaku *partner* dalam *project* Tugas Akhir, yang selalu menemani dan bersama-sama menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
10. Juan, Cleonard, Ka’Ricko, Ka’Vikli, yang selalu membantu penulis dalam sumbangan ide dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Industri, Natalia, Gabriela, Friska, Benedicta, Stephanie, Chandra, Andre, Tikens, Didi, Aldo, Gland, Tian, Gerry yang selalu bersama-sama saling membantu, saling memberikan semangat, dan saling menguatkan.
12. Adik-adik Teknik Industri angkatan 2016, 2017, Dan 2018.
13. Sahabat-sahabat *Lasallian*, Aurel, Trycia, Pingkan, Ka’Ebe, dan semua yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
14. Angela Martin at Philippines, *thank you for always be there for supporting and cheering on me.*

Dalam penyusunan laporan ini, penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan, oleh karena itu, penulis mohon maaf atas segala kesalahan atau kekeliruan dalam laporan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar kedepannya laporan ini dapat menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Manado, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Judul Laporan.....	i
Lembar Pernyataan.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
<i>Abstract</i>	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Daftar isi.....	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.2 Perumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Batasan dan Asumsi Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II LANDASAN TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Pengertian Ergonomi	Error! Bookmark not defined.
2.2 Anatomi Sistem <i>Musculoskeletal</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3 Keluhan <i>Musculoskeletal</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4 <i>Nordic Body Map</i> (NBM).....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Model Biomekanika dan Pemindahan Beban	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.6 Batas Beban Maksimum yang diizinkan (<i>Maximum Permissible Limit</i>)	Error! Bookmark not defined.
Error! Bookmark not defined.	
2.6.1 Penilaian <i>Maximum Permissible Limit</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.7 <i>Recommended Weight Limit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8 Pendekatan Kontrol Ergonomi	Error! Bookmark not defined.
2.9 Rangka.....	Error! Bookmark not defined.
2.9.1 Statika.....	Error! Bookmark not defined.
2.9.2 Gaya Luar	Error! Bookmark not defined.
2.9.3 Menentukan Beban Tangensial (WT)	Error! Bookmark not defined.
defined.	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tahap Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Tahap Identifikasi Awal.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Tahap Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.1.3 Pengolahan Data <i>Standard Nordic Questionnaire</i> (SNQ)	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
3.1.4 Pengolahan Data Biomekanika Pekerja	Error! Bookmark not defined.
defined.	

- 3.1.5 Penilaian Biomekanika Pekerja.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.6 Perancangan Fasilitas Kerja Usulan.**Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.7 Tahap Analisis dan Pembahasan.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.2 Diagram Alir Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN**Error! Bookmark not defined.**

- 4.1 Data *Standard Nordic Questionnaire* (SNQ) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Data Biomekanika Pekerja**Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Penilaian Biomekanika Pekerja.....**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.3.1 Penentuan Nilai *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI)**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.3.2 Penentuan Nilai *Maximum Permissible Limit* (MPL)..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.4 Analisis Pendekatan Kontrol Ergonomi ..**Error! Bookmark not defined.**
- 4.5 Perancangan Fasilitas Kerja Usulan**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.5.1 Konstruksi dan Prinsip Kerja Model Robot... **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.5.2 *Workspace* Robot Lengan**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.5.3 Mencari Gaya Mencekam Pada *Gripper*..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.5.4 *Prototype Robot Arm*.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.6 Analisis Ekonomis.....**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.6.1 Perbandingan Penggunaan Biaya Listrik **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.6.2 Perbandingan Biaya Tenaga Kerja Langsung **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.6.3 Perbandingan Biaya *Robot Arm* dengan Tenaga Kerja..... **Error! Bookmark not defined.**

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**Error! Bookmark not defined.**

- 5.1 Kesimpulan.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5.2 Saran.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA**Error! Bookmark not defined.** Lampiran

DAFTAR TABEL

- Tabel 2. 1 Faktor Pengali Frekuensi**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 2 Faktor Pengali *Coupling***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 1 Hasil Pengolahan *Standart Nordic Questionnaire*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 2 Data RWL pada Aktivitas Pemindahan Produk.. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3 Data MPL pada Aktivitas Pemindahan Produk .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 4 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Nilai RWL dan LI ...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5 Usulan Intervensi Ergonomi *Engineering Control***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 6 Perbandingan Tenaga Robot & Manusia **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 7 DOF *Prototype Arm Robot* Pemindah Barang.... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 8 Biaya Listrik untuk *Robot Arm***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 9 Biaya Tenaga Kerja Langsung Tanpa Peran Robot...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 10 Biaya Tenaga Kerja Langsung dengan Peran Robot**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 11 Total Biaya Keseluruhan per Tahun ...**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 L5/S1 Tubuh Manusia.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 2 Momen dan gaya Telapak Tangan**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 3 Momen dan gaya Lengan Bawah**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 4 Momen dan gaya Lengan atas**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 5 Momen dan gaya Punggung.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 6 RWL ditetapkan oleh NIOSH**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 7 Jarak Horizontal dan Vertikal**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 8 Jarak Horizontal, Vertikal, dan Perpindahan .. **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 9 Representasi Sudut Asimetrik**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 10 Diagram pembebanan dan Gaya bebas statika kesetimbangan**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 1 Dimensi Tubuh SNQ.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 2 Keluhan *Musculoskeletal* pada Pekerja 1 dan 2**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 3 Keluhan *Musculoskeletal* pada Pekerja 3 dan 4**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 4 Sudut Pekerja yang mengangkat beban..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 5 Struktur mekanik robot lengan untuk *material handling* **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 6 *workspace* robot lengan dengan jangkauan *min-max*..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 7 Susunan *Gear box* pada *gripper*.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 8 Posisi *Gripper***Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 9 Gaya pada benda 30 gram**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 10 Tampak Kanan *Prototype Arm Robot* Pemindah Barang..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 11 DOF *Prototype Arm Robot* Pemindah Barang**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 12 Tampak *Gripper Prototype Arm Robot* Pemindah Barang **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Kuesioner SNQ.....	A-1
Lampiran Tabel <i>service factor</i>	B-1