

# USULAN PERANCANGAN METODE PEMINDAHAN MATERIAL PADA PROSES *LOADING* SAYURAN BUNCIS DENGAN MENGUNAKAN PENDEKATAN BIOMEKANIKA (STUDI KASUS DI PT ABO FARM)

<sup>1</sup>Ni Made Yunita Sari Dewi; <sup>2</sup>Rino Andias Anugraha; <sup>3</sup>Yusuf Nugroho; <sup>4</sup>M. Fadli Setiawan; <sup>5</sup>Ayren Tantri Sofan  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University  
<sup>1</sup>ddyunita@gmail.com, <sup>2</sup>pak.rino@gmail.com, <sup>3</sup>doyoyekti2010@gmail.com, <sup>4</sup>fadlimohammad05@gmail.com, <sup>5</sup>rininta.lestari@gmail.com

**Abstrak**—*Manual material handling* memiliki cedera berisiko tinggi seperti *low back pain*. PT ABO FARM adalah perusahaan yang bergerak di bidang agrikultur, khususnya dalam ekspor biji sayuran. Salah satu proses ekspornya ialah proses pengangkutan biji dari gudang ke stasiun kerja kolektor di PT ABO FARM. Hasil observasi menunjukkan bahwa menghilangkan material dalam proses *loading* seperti mengambil, membawa, dan menempatkan karung biji ke dalam truk *pick-up* pada koleksi stasiun kerja dilakukan secara manual dan kurang ergonomis. Material dipindahkan dalam karung biji dengan berat rata-rata 55 kg. Penelitian ini bermaksud untuk merancang metode *manual material handling* dalam proses *loading* agar lebih ergonomis. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan biomekanika dan *lifting equation* yang direkomendasikan oleh NIOSH dalam perancangan fasilitas. Metode perancangan *manual material handling* dilakukan dengan membuat perbaikan untuk posisi pegangan pada wadah yang diusulkan dan melakukan pengujian beberapa alternatif metode *manual material handling* dengan parameter yang dihasilkan oleh gaya tekan L5/S1. Hasil dari pengujian beberapa alternatif metode dari hasil *manual material handling* lebih ergonomis. Hal tersebut ditunjukkan oleh penurunan gaya tekan L5/S1 terhadap setiap kegiatan dalam proses *loading* dan mengakibatkan penurunan sebesar 97.7% dari 276,2 N menjadi 12168 N. Dalam proses membawa, gaya tekan berkurang sebesar 85.7% dari 9213 N menjadi 1320.8 N. Dan untuk proses menempatkan, gaya tekan berkurang sebesar 78.7% dari 7109 N menjadi 1541.6 N.

**Kata Kunci** – Biomekanika, *Loading*, *Low Back Pain*, L5/S1 *Disc Compression*, *Manual Material Handling*

## I. PENDAHULUAN

Pemindahan material di bidang pertanian sampai saat ini masih dilakukan secara manual yang didasarkan pada kemampuan fisik pekerja (tanpa menggunakan alat bantu). Penanganan material secara manual terwujud dalam aktivitas mengangkat, membawa dan menurunkan. Jenis pekerjaan seperti ini memiliki risiko tinggi terhadap cedera pada anggota tubuh.

Tulang punggung bagian bawah merupakan bagian yang kritis terhadap gaya (Chaffin dan Anderson, 1991). *Low back pain* merupakan rasa nyeri pada punggung bagian bawah yang disebabkan karena adanya kerusakan pada *intervertebral disk*. Kerusakan tersebut diakibatkan karena beban yang ditanggung oleh segmen tulang belakang melebihi gaya tahan dari segmen tersebut.

Faktor penyebab kerusakan tersebut antara lain adalah postur atau posisi kerja yang tidak ergonomis selama bekerja, berat beban yang diangkat, dan frekuensi aktivitas pemindahan.

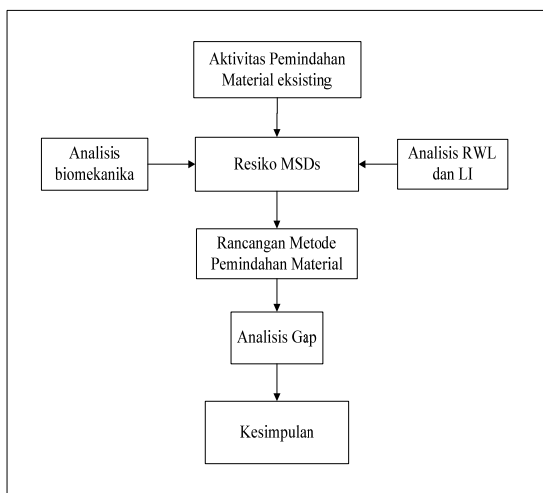
PT. ABO FARM merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertanian yang berlokasi di Ciwidey, Jawa Barat. Produk yang diekspor oleh PT. ABO FARM adalah sayuran buncis. Pada proses ekspor sayuran buncis terdapat beberapa proses yang dilakukan yaitu proses pengangkutan buncis dari *workstation* pengumpul ke gudang PT. ABO FARM, penyortiran buncis dalam gudang PT. ABO FARM, dan pengiriman buncis ke pihak eksportir.

Hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti, diketahui pada *workstation* pengumpul terjadi pemindahan material yang dilakukan secara manual oleh operator yaitu memindahkan karung plastik berisi buncis ke dalam *truck pick up (loading)* untuk diangkut ke PT. ABO FARM. Material yang dipindahkan berupa karung plastik berisi buncis yang memiliki berat rata-rata 55 kg/karung. Salah satu lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika yaitu *National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)*

menyatakan bahwa batasan aman untuk beban angkat maksimal adalah 23 kg. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa beban yang diangkat oleh operator pengumpul melebihi batas aman beban angkat maksimal.

Selain itu berdasarkan pengamatan, dapat dilihat bahwa postur kerja operator tidak ergonomis. Hal tersebut dapat diperkuat dengan hasil *Standart Nordic Questionaere* (SNQ) yang menunjukkan bahwa ketiga operator merasa sangat sakit di bagian punggung/tulang belakang. Dari analisa berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa sakit/nyeri berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada *intervertebral disc* antara lumbar nomor 5 dan sacrum nomor 1 (L5/S1) dan telah ditemukan pula bahwa 85-95% dari penyakit hernia pada disk terjadi pada lumbar nomor 4 dan lumbar nomor 5 (L4/L5) dan (L5/S1). (Chaffin and Park, 1973) Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisa biomekanika dan perancangan metode pemindahan material yang aman untuk meminimasi gaya tekan yang terjadi pada L5/S1 sesuai dengan batasan gaya tekan normal (*the action limit*) yang direkomendasikan oleh NIOSH yang akhirnya akan dapat meminimasi kelelahan dan mengurangi risiko terjadinya cedera pada tulang belakang L5/S1.

## II. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Model Konseptual

Penelitian yang bertujuan untuk merancang metode pemindahan material berupa sayuran buncis agar dapat mengurangi gaya tekan pada L5/S1 ini dimulai dengan melakukan pengamatan dan pengumpulan data pada aktivitas pemindahan material pada kondisi eksisting. Hasil pengamatan yang dilakukan pada kondisi eksisting pemindahan material yaitu berupa berat beban yang dipindahkan yaitu sebesar 55 kg dan tidak adanya alat bantu yang digunakan operator dalam melakukan pemindahan material. Sedangkan, pengumpulan data yaitu berupa data postur kerja operator pada saat melakukan pemindahan material yaitu pada posisi mengambil, membawa dan meletakkan material, data antropometri berupa tinggi dan berat badan operator, dan data variabel dalam persamaan NIOSH berupa jarak vertikal, jarak horizontal, jarak

perpindahan vertikal, sudut asimetris, frekuensi pengangkatan, durasi dan pegangan.

Data-data tersebut merupakan *input* yang akan digunakan untuk mengidentifikasi adanya risiko MSDs dalam pemindahan material pada kondisi eksisting. Identifikasi risiko MSDs dilakukan dengan menggunakan penilaian biomekanika dan perhitungan RWL dan LI berdasarkan NIOSH *Lifting Equation*. Penilaian biomekanika dilakukan dengan menggunakan *software* 3DSSPP dan dapat diketahui besarnya gaya tekan pada L5/S1 operator pada kondisi pemindahan material eksisting. Hasil penilaian berdasarkan perhitungan RWL dan LI yaitu berupa batas beban aman yang diizinkan dalam pengangkatan dengan kondisi eksisting dan LI sebagai indikator yang menunjukkan tingkat risiko pada pemindahan material eksisting.

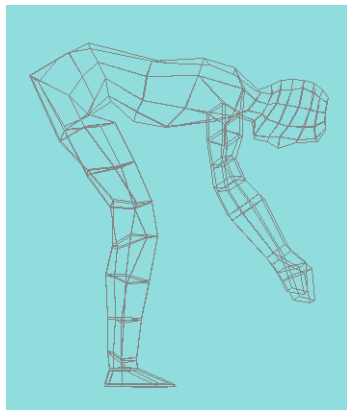
Berdasarkan pengamatan bahwa berat beban yang diangkat operator melebihi standar yang ditetapkan NIOSH yaitu 23 kg dan postur kerja operator dalam melakukan pemindahan material tidak ergonomis maka penilaian berdasarkan biomekanika dan NIOSH *Lifting Equation* pada kondisi eksisting menunjukkan hasil yang tidak baik.

Hasil penilaian tersebut memberikan rekomendasi mengenai tindakan selanjutnya yaitu perancangan metode pemindahan material yang ergonomis dengan memperhatikan postur kerja operator dan berat beban yang diangkat. Selanjutnya, akan dilakukan analisis gap antara hasil rekomendasi metode pemindahan material yang baru dengan metode pemindahan material eksisting.

## III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan data pada penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh melalui pengamatan langsung pada proses bisnis perusahaan. Pengamatan yang dilakukan berupa pengamatan aktivitas pemindahan material eksisting pada saat operator pengumpul melakukan proses *loading* yaitu data variabel NIOSH, dan data postur kerja operator. Sedangkan data sekunder merupakan data yang sudah ada di perusahaan berupa profil perusahaan dan data dari hasil penelitian sebelumnya berupa ukuran kontainer usulan.

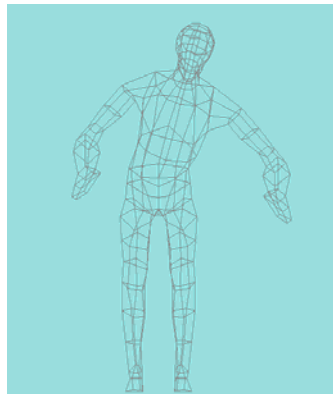
Pengolahan data postur kerja operator pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan penilaian biomekanika terhadap masing-masing aktivitas pada proses *loading* yaitu mengambil, membawa dan meletakkan karung buncis dengan menggunakan *software* 3DSSPP. Gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan hasil pemodelan postur kerja pada *software* 3DSSPP.



Gambar 2 Postur Kerja Mengambil



Gambar 3 Postur Kerja Membawa



Gambar 4 Postur Kerja Meletakkan

Berdasarkan hasil pemodelan postur kerja, maka didapat hasil gaya tekan L5/S1 pada masing-masing aktivitas. Selain itu, dilakukan pula pengolahan data terhadap variabel NIOSH yaitu berupa perhitungan RWL dan LI pada proses *loading* sayuran buncis. Hasil perhitungan RWL dan LI dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1  
HASIL PERHITUNGAN RWL DAN LI

	<i>Object Weight</i>	RWL	LI
<i>Origin</i>	55	6,48	8,49
<i>Destination</i>	55	7,79	7,06

#### IV. ANALISIS DATA

Analisis data pada penelitian ini dilakukan pada hasil penilaian biomekanika dan perhitungan persamaan pengangkatan NIOSH pada kondisi eksisting. Berdasarkan hasil penilaian biomekanika, postur kerja pada aktivitas mengambil karung buncis menghasilkan gaya tekan pada L5/S1 yaitu mencapai 12168 N, Postur kerja pada aktivitas membawa karung buncis menghasilkan gaya tekan pada L5/S1 yaitu sebesar 9213 N dan Postur kerja pada aktivitas meletakkan karung buncis menghasilkan gaya tekan pada L5/S1 yaitu mencapai 7109 N. Berdasarkan rekomendasi NIOSH, gaya tekan ketiga aktivitas tersebut berada diatas *Maximum Permissible Limits* (MPL) yaitu 6400 N. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ketiga aktivitas tersebut tidak dapat dilakukan secara manual karena sangat berbahaya bagi operator dan diperlukan kontrol teknik agar dilakukan perancangan ulang terhadap sistem kerja eksisting. Pengangkatan yang menghasilkan gaya tekan melebihi standar yang telah ditetapkan akan membuat segmen tulang belakang lebih mudah rusak/retak. Adanya kerusakan/retak akan menyebabkan keluarnya cairan dari dalam *vertebrae* menuju ke dalam *intervertebrae disc* dan selanjutnya akan mengakibatkan degenerasi (kerusakan) pada disk. Degenerasi merupakan penyebab terjadinya hernia pada *intervertebrae disc* dan akhirnya akan menjadi penyebab timbulnya rasa nyeri pada bagian punggung bawah (*low back pain*).

Hasil perhitungan RWL, menunjukan bahwa pada posisi *origin*, berat yang direkomendasikan berdasarkan RWL adalah 6,48 kg dan pada posisi *destination* berat yang direkomendasikan adalah 7,79 kg. Sedangkan pada kondisi eksisting berat beban yang diangkat operator pengumpul jauh melebihi batas aman yaitu sebesar 55 kg. Berdasarkan rekomendasi NIOSH, berat beban yang aman untuk diangkat adalah sebesar 23 kg. Berat beban yang melebihi standar ini lah yang menyebabkan risiko cedera yang cukup tinggi pada operator apabila operator secara terus-menerus melakukan kegiatan tersebut tanpa adanya alat bantu. Hal tersebut juga di dukung dengan hasil perhitungan LI yaitu pada posisi *origin* sebesar 8.49 dan pada posisi *destination* sebesar 7,06. Berdasarkan rekomendasi NIOSH, pengangkatan yang menghasilkan LI > 1 berpotensi menimbulkan cedera pada operator.

Berdasarkan analisis dari hasil penilaian biomekanika dan perhitungan persamaan NIOSH maka akan dilakukan perancangan metode pemindahan material yang diawali dengan rekomendasi penentuan posisi pegangan pada kontainer usulan yang telah dihasilkan pada penelitian pertama. Ukuran kontainer yang diusulkan adalah sebesar 47 x 37 x 40 cm.

Dalam menentukan posisi pegangan, pemindahan material oleh operator dibagi menjadi 2 kondisi, yaitu :

- Operator melakukan pengangkatan kontainer pada tumpukan pertama,
- Operator melakukan pengangkatan kontainer pada tumpukan kedua.

Pada saat operator melakukan pengangkatan kontainer pada tumpukan pertama, jarak vertikal maksimal yang terbentuk apabila pegangan berada sejajar dengan permukaan atas kontainer adalah 40 cm. Oleh karena itu, perlu adanya penambahan ketinggian peletakkan posisi pegangan 1. Penambahan ketinggian tersebut juga akan diikuti oleh pemberian *feature* tambahan yaitu berupa roda dengan ketinggian 3 cm pada bagian bawah kontainer. Sehingga ketika kontainer berada pada tumpukan pertama, operator tidak perlu melakukan pengangkatan kontainer melainkan hanya menarik/mendorong pegangan 1 pada kontainer.

Ukuran ketinggian pegangan 1 pada kontainer tumpukan pertama mengacu pada data antropometri tinggi siku berdiri persentil 50 yaitu sebesar 100,3 cm sehingga penambahan ketinggian untuk pegangan 1 yaitu sebesar 57,3 cm dengan perhitungan sebagai berikut :

Penambahan tinggi pegangan 1 = 100.3 cm – 40 cm (tinggi kontainer) – 3 cm (diameter roda) = 57.3 cm

Pada kondisi kedua, operator melakukan pengangkatan pada kontainer tumpukan kedua. Apabila penumpukan dilakukan terhadap kontainer hingga tingkat ke 2, maka ketinggian total yang dihasilkan adalah 83 cm. Oleh karena itu, penentuan posisi pegangan 2 akan ditentukan berdasarkan standar jarak vertikal dari NIOSH yaitu 75 cm. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh ketinggian pegangan 2 yaitu 35 cm dari bagian bawah roda kontainer.

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian pegangan 2} &= 75 \text{ cm} \\ 40 \text{ cm} + x &= 75 \text{ cm} \\ x &= 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

TABEL 2  
HASIL PERHITUNGAN POSISI PEGANGAN

Jenis Pegangan	Tinggi Pegangan
1 (Mendorong)	100,3 cm
2 (Mengangkat)	35 cm

Setelah melakukan penentuan posisi pegangan, akan dilakukan penentuan jumlah tumpukan yang mungkin dilakukan pada kontainer. Parameter yang digunakan dalam menentukan jumlah tumpukan kontainer adalah berdasarkan data antropometri tinggi mata berdiri masyarakat Indonesia persentil 50 yaitu 142.5 cm.

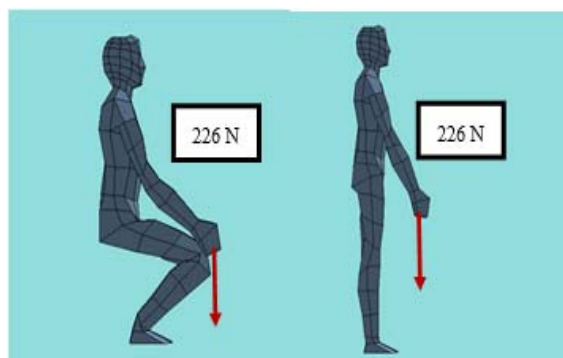
Berdasarkan hasil rekomendasi penentuan posisi pegangan, maka didapat tinggi maksimal kontainer adalah 100,3 cm. Tinggi maksimum tersebut dapat dikurangi dengan menambah fitur pada pegangan 1 yaitu dapat dinaik-turunkan sehingga tinggi maksimum 1 kontainer dapat berkurang yaitu menjadi 60,3 cm. Penentuan jumlah maksimal tumpukan kontainer dilihat pada tabel 3.

TABEL 3  
PENENTUAN JUMLAH TUMPUKAN KONTAINER

Jumlah Tumpukan	Tinggi Maksimal
1	60,3
2	117,6
3	174,9

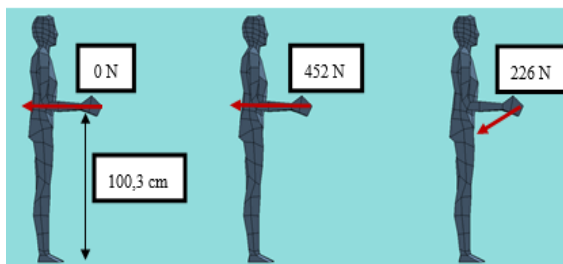
Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa jumlah maksimal tumpukan kontainer adalah 2 tumpukan.

Setelah memberikan rekomendasi posisi pegangan pada kontainer usulan, maka selanjutnya akan dilakukan perancangan metode pemindahan material pada proses *loading* sayuran buncis dengan menggunakan kontainer usulan. Perancangan dilakukan dengan memberikan beberapa alternatif metode pemindahan material. Penentuan alternatif dilakukan berdasarkan 3 jenis aktivitas yang ada pada saat proses *loading* sayuran buncis yaitu aktivitas mengambil, membawa dan meletakkan.



Gambar 7 Postur Kerja Alternatif 1

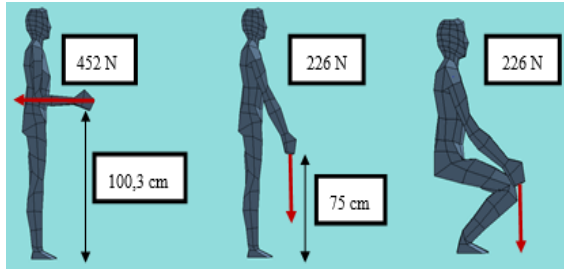
Pada alternatif pertama, operator melakukan pengangkatan 1 kontainer. Postur kerja pada aktivitas mengambil yang direkomendasikan yaitu operator mendekati diri dengan objek, kemudian menurunkan tubuh perlahan dengan bertumpu pada kaki dan menjaga agar tulang belakang (punggung) tetap lurus. Setelah itu, operator melakukan pengangkatan dengan menggunakan pegangan 2 dengan *hand loads* sebesar 226 N. Pada aktivitas membawa, operator harus meletakkan objek sedekat mungkin dengan tubuh agar meminimasi jarak horizontal. Dan pada aktivitas meletakkan, postur yang dihasilkan sama dengan aktivitas membawa dan tubuh operator menghadap ke *truck pick up*.



Gambar 8 Postur Kerja Alternatif 2

Pada alternatif kedua, operator melakukan pendorongan 2 kontainer. Namun pada aktivitas meletakkan, operator dibantu dengan bidang miring. Postur kerja yang direkomendasikan pada aktivitas mengambil yaitu operator meraih pegangan 1 dengan posisi tubuh tegak dan sudut siku yang terbentuk adalah 90°. Setelah itu, dengan postur kerja yang sama operator melakukan pendorongan terhadap 2 kontainer dengan *hand loads* sebesar 452 N. Pada aktivitas meletakkan kontainer, operator menggunakan alat bantu berupa bidang miring dengan sudut 30°. Sehingga pada saat melakukan pendorong pada bidang miring maka *hand loads* yang dihasilkan adalah sebesar 226 N berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$F = m.g.\sin \Theta = 452 \sin 30^\circ = 226 \text{ N}$$



Gambar 9 Postur Kerja Alternatif 3

Pada alternatif ketiga, operator melakukan pendorongan 2 kontainer. Namun pada aktivitas meletakkan, operator melakukan pengangkatan kontainer satu per satu. Postur kerja yang direkomendasikan pada aktivitas mengambil yaitu operator meraih pegangan 1 dengan posisi tubuh tegak dan sudut siku yang terbentuk adalah 90° (sama dengan alternatif 2). Setelah itu, dengan postur kerja yang sama operator melakukan pendorongan terhadap 2 kontainer dengan *hand loads* sebesar 452 N. Pada aktivitas meletakkan kontainer, operator melakukan pengangkatan kontainer pada tumpukan pertama dan kedua dengan menggunakan pegangan 2. Pada saat melakukan pengangkatan pada kontainer tumpukan pertama, operator harus mendekati diri dengan objek, menurunkan tubuh dengan bertumpu pada kedua kaki, menjaga tubuh tetap tegak dan mengusahakan objek berada sedekat mungkin dengan tubuh.

Setelah melakukan penentuan alternatif terhadap metode pengangkatan, maka akan dilakukan penilaian biomekanika terhadap ketiga alternatif tersebut berdasarkan perbedaan metode di tiap aktivitasnya.

TABEL 4  
HASIL PENILAIAN BIOMEKANIKA

Aktivitas	Hasil Gaya Tekan Pada L5/S1 (N)		
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Mengambil	3166,5	276,2	276,2
Membawa	2343,7	1320,8	1320,8
Meletakkan	2343,7	1541,6	2343,7 (tumpukan ke-2)
			3166,5 (tumpukan ke-1)

Berdasarkan tabel 4, dapat ditarik kesimpulan bahwa alternatif 2 merupakan alternatif metode pemindahan material yang paling optimal berdasarkan parameter penilaian biomekanika dan produktivitas dilihat dari banyaknya buncis yang dapat diangkut.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dihasilkan metode pemindahan material baru yang lebih ergonomis. Hal tersebut dapat dilihat bahwa pada aktivitas mengambil mengalami penurunan sebesar 97,7 % yaitu dari 12168 N menjadi 276,2 N. Pada aktivitas membawa, gaya tekan mengalami penurunan sebesar 85,7% yaitu dari 9213 N menjadi 1320,8 N. Sedangkan, untuk aktivitas meletakkan mengalami penurunan sebesar 78,7 % yaitu dari 7109 N menjadi 1541,6 N.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmiyanto, Eko. (1996). "Ergonomi (Konsep dan Aplikasinya)".
- [2] Chaffin, D. B. and Gunnar Andersson. (1991), "Occupational Biomechanics".