

**ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM KERJA PENANGANAN MATERIAL
SECARA MANUAL DENGAN MENGGUNAKAN MANNEQUIN PRO 7.1
(Studi Kasus di PT. Hidup Baru Garment & Printing)**

Thedy Yogasara, Daniel Siswanto, dan Indra Gunawan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141

Telp: 022-2032700, e-mail: thedy@home.unpar.ac.id

Abstrak

PT. Hidup Baru Garment & Printing merupakan salah satu industri manufaktur di Jakarta, dimana dalam perusahaan ini banyak ditemui pekerjaan penanganan material secara manual. Hasil pengamatan terhadap pekerjaan manual tersebut menunjukkan sejumlah keluhan dari pekerja yang mengalami pegal-pegal dan sakit pada bagian tulang belakang. Pegal dan sakit pada bagian tulang belakang ini dapat mengakibatkan terjadinya musculoskeletal disorder dan salah satu penyakitnya adalah low back pain.

Salah satu cara mengurangi resiko cedera tersebut adalah dengan melakukan evaluasi biomekanika dan NIOSH terhadap pekerjaan penanganan material secara manual. Evaluasi biomekanika akan menghitung gaya dan momen yang terjadi pada persendian tubuh pekerja yang kemudian dibandingkan dengan batasan kemampuan tiap sendi pekerja dalam menahan momen yang diperoleh dengan menggunakan rumus dari Stobbe. Sedangkan evaluasi NIOSH akan menghitung Recommended Weight Limit (RWL) yang akan dibandingkan dengan beban yang sekarang diangkat pekerja. Apabila hasil perbandingan evaluasi biomekanika dan NIOSH membuktikan bahwa pekerjaan penanganan material secara manual di PT. Hidup Baru Garment & Printing memiliki resiko terjadinya cedera, maka akan dilakukan perancangan sistem kerja perbaikan.

Proses evaluasi biomekanika dan NIOSH dilakukan dengan menggunakan bantuan program Mannequin Pro 7.1. Hasil evaluasi Mannequin Pro 7.1 menunjukkan bahwa pekerjaan manual yang diamati memiliki resiko cedera dipandang dari segi biomekanika dan analisis NIOSH. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut kemudian dirancang suatu sistem/cara kerja baru yang lebih baik, dimana hasil perbaikan akan kembali dianalisis dengan menggunakan Mannequin Pro 7.1.

Kata kunci: *Low back pain, biomekanika, NIOSH, Mannequin Pro 7.1, kerja manual, rumus Stobbe.*

1. Pendahuluan

Perkembangan industri yang pesat menimbulkan masalah baru mengenai keselamatan dan kesehatan sumber daya manusia. Sumber daya manusia yang tersedia tidak mampu beradaptasi dengan lingkungan industri yang terus berkembang (Salvendy 1999). Hal ini dapat dilihat dari jumlah kasus kecelakaan kerja di Indonesia yang mencapai 66367 kasus, dengan 4142 meninggal dan 20970 luka berat atau cacat tetap (Sulistyowati 2002). Gangguan kesehatan dan kecelakaan kerja yang dialami tenaga kerja dapat mengakibatkan kerugian yang besar bagi perusahaan, seperti *output* produksi yang menurun, waktu kerja yang hilang, biaya perawatan tenaga kerja yang tinggi, kualitas kerja yang menurun, biaya *turnover* tenaga kerja yang tinggi, dan lain-lain.

PT. Hidup Baru Garment & Printing merupakan salah satu industri manufaktur di Jakarta, dimana dalam perusahaan ini, banyak ditemui pekerjaan penanganan material secara manual. Hasil pengamatan terhadap pekerjaan ini menunjukkan sejumlah keluhan dari pekerja yang mengalami pegal-pegal dan sakit pada bagian tulang belakang. Pegal dan sakit pada bagian tulang belakang ini dapat mengakibatkan terjadinya *musculoskeletal disorder* dan salah satu jenisnya adalah *low back pain*. Oleh karena itu, pekerjaan penanganan material secara manual di PT. Hidup Baru Garment & Printing perlu

dievaluasi, dan berdasarkan hasil evaluasi, dirancang perbaikan terhadap sistem kerja tersebut.

Salah satu cara melakukan evaluasi dengan tepat adalah dengan menggunakan suatu model biomekanika. Evaluasi dengan menggunakan model biomekanika dapat menentukan gaya dan momen yang bekerja pada bagian-bagian tubuh manusia saat melakukan pekerjaan penanganan material secara manual. Pengembangan dari model biomekanika menghasilkan suatu persamaan yang dapat menentukan berat maksimal yang dapat dibebankan pada pekerja dengan batasan-batasan pada jenis pekerjaan yang dapat dianalisis. Persamaan tersebut adalah *The Revised NIOSH Lifting Equation*.

Integrasi antara perkembangan ilmu pengetahuan dan komputer pun memicu pengembangan suatu sistem *Computer Aided Ergonomics (CAE)*. Salah satu program CAE yang menggunakan model manusia (*human modeling*) adalah *Mannequin Pro 7.1* yang dikeluarkan oleh *NexGen Ergonomics Inc.* Dengan menggunakan *Mannequin Pro 7.1*, suatu sistem pekerjaan penanganan material secara manual dapat direpresentasikan secara statis, kemudian dilakukan evaluasi biomekanika ataupun NIOSH.

2. Perumusan dan Pembatasan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang diberikan pada bagian sebelumnya, permasalahan yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kondisi sistem kerja penanganan material secara manual di PT. Hidup Baru *Garment & Printing*?
2. Bagaimanakah usulan perancangan perbaikan sistem kerja penanganan material secara manual di PT. Hidup Baru *Garment & Printing* untuk mengurangi resiko terjadinya *musculoskeletal disorder* pada pekerja?

3. Metodologi Penelitian

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dalam 2 departemen, yaitu penjahitan dan pencetakan, dipilih 3 pekerjaan penanganan material secara manual yang akan dievaluasi, yaitu pengangkatan gulungan kain (bahan mentah) dengan ketinggian 0 cm, 70 cm, dan 135 cm; pengangkatan potongan kain (bahan setengah jadi) pada saat mulai mengangkat dan menaiki tangga yang terdapat dalam departemen penjahitan; serta pengangkatan kain pada triplek yang terdapat dalam departemen pencetakan.

Data yang dibutuhkan berupa sudut-sudut segmen tubuh pekerja pada postur tertentu (diperoleh dengan bantuan kamera digital dan *software Motion Analysis Tools 1.1a*), dan variabel-variabel NIOSH, seperti jarak horisontal, jarak vertikal, jarak perpindahan vertikal, sudut asimetri, frekuensi perpindahan, kualitas kopling, dan berat beban. Setiap data diambil sebanyak 32 kali, dan kemudian terhadap data tersebut dilakukan uji kenormalan, keseragaman, dan kecukupan. Data yang telah diolah dipergunakan sebagai input untuk proses evaluasi dengan menggunakan bantuan *software Mannequin Pro 7.1*.

Pengangkatan gulungan kain dan potongan kain dievaluasi dengan metode biomekanika sedangkan pengangkatan kain pada triplek dievaluasi dengan metode NIOSH. Berdasarkan hasil evaluasi, akan dilakukan perancangan ulang terhadap sistem kerja yang ada sehingga resiko cedera terhadap pekerja dapat diminimasi.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Evaluasi Biomekanika

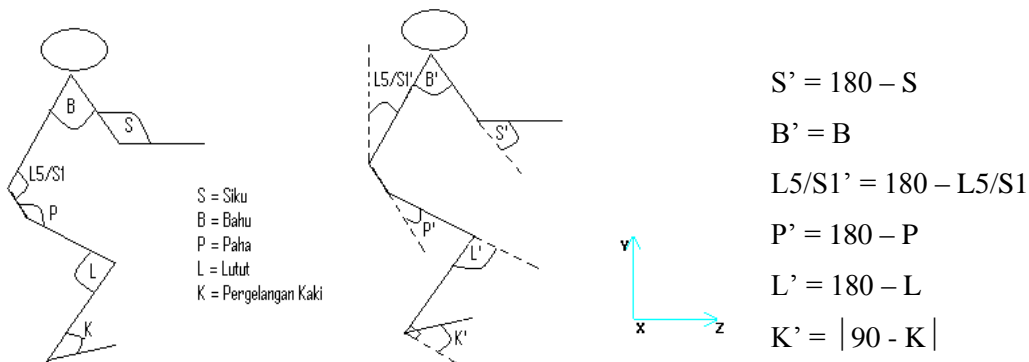
Evaluasi biomekanika dengan menggunakan *Mannequin Pro 7.1* membutuhkan representasi postur pengangkatan sehingga dibutuhkan data-data input seperti, data antropometri, sudut postur pengangkatan, dan berat beban. Data antropometri yang

digunakan adalah tinggi badan dan berat badan. Sudut postur pengangkatan diperoleh dengan menggunakan bantuan kamera digital dan program *Motion Analysis Tools (MAT)*. Rekapitulasi data sudut postur pengangkatan gulungan kain dan potongan kain dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan rata-rata berat gulungan kain adalah 30 kg, dan berat potongan kain sebesar 28.86 kg.

Sebagai catatan, sudut-sudut segmen tubuh yang diperoleh dari MAT tidak dapat langsung digunakan sebagai input dalam *Mannequin Pro 7.1*. Hal ini disebabkan terdapatnya perbedaan cara perhitungan sudut pada kedua metode (lihat gambar 1). Input sudut dalam *Mannequin Pro 7.1* memiliki aturan perputaran kaidah tangan kanan. Oleh karena sumbu X positif memiliki arah yang menjauhi pembaca, maka perputaran (terhadap postur normal) yang searah dengan jarum jam akan diberikan nilai positif dan perputaran (terhadap postur normal) yang berlawanan arah dengan jarum jam akan diberikan nilai negatif. Tabel 2 menunjukkan contoh konversi sudut dari program MAT menjadi input sudut pada *Mannequin Pro 7.1* beserta dengan arah perputarannya.

Tabel 1. Rata-rata Data Sudut Postur Pengangkatan (dalam satuan derajat)

Sendi	Pengangkatan Gulungan Kain			Pengangkatan Potongan Kain	
	Tinggi 0 cm	Tinggi 70 cm	Tinggi 135 cm	Mulai Angkat	Naik Tangga
Siku Kanan	171.71	162.49	111.98	176.77	88.73
Bahu Kanan	140.72	48.22	31.91	102.19	1.92
Siku Kiri	171.71	162.49	111.98	176.77	88.73
Bahu Kiri	140.72	48.22	31.91	102.19	1.92
L5/S1	112.89	158.68	175.76	126.57	175.86
Paha Kanan	107.36	173.66	172.28	113.26	138.41
Lutut Kanan	143.36	159.87	145.30	143.37	115.30
Pergelangan Kaki Kanan	67.16	77.89	80.51	88.67	72.31
Paha Kiri	74.12	132.86	168.19	113.26	173.68
Lutut Kiri	149.88	144.51	166.68	143.37	170.64
Pergelangan Kaki Kiri	92.67	88.29	95.54	88.67	90.71

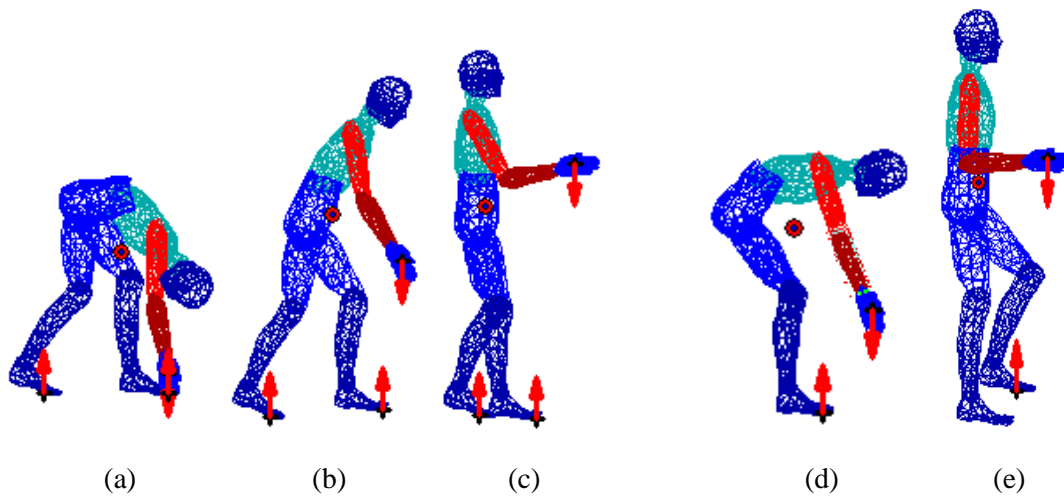


Gambar 1. Perhitungan Sudut Segmen Tubuh pada *Motion Analysis Tools 1.1a* (kiri)
Perhitungan Sudut Segmen Tubuh pada *Mannequin Pro 7.1* (kanan)

Data input pada tabel 2 kemudian digunakan untuk membuat representasi pekerjaan pengangkatan dalam ruang kerja *Mannequin Pro 7.1*. Hasil representasi pekerjaan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.

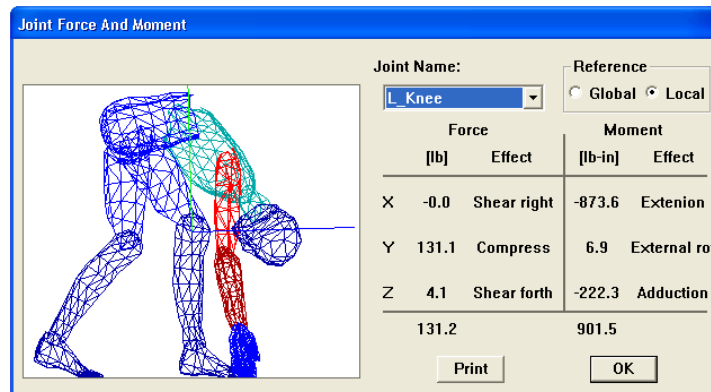
Tabel 2. Perhitungan Input Sudut Postur Pengangkatan Gulungan Kain (Tinggi 0 cm) untuk Evaluasi dengan *Mannequin Pro 7.1*

Sendi	Sudut Hasil <i>Motion Analysis Tools</i> (derajat)	Input Sudut <i>Mannequin Pro</i>	
		Nilai (derajat)	Tanda
Siku Kanan	171.71	8.29	-
Bahu Kanan	140.72	140.72	-
Siku Kiri	171.71	8.29	-
Bahu Kiri	113.72	113.72	-
L5/S1	112.89	67.11	+
Paha Kanan	107.36	72.64	-
Lutut Kanan	143.36	36.64	+
Pergelangan Kaki Kanan	67.16	22.84	-
Paha Kiri	74.12	105.88	-
Lutut Kiri	149.88	30.12	+
Pergelangan Kaki Kiri	92.67	2.67	+



Gambar 2. Representasi Pengangkatan Gulungan Kain: (a) Tinggi 0 cm, (b) Tinggi 70 cm, (c) Tinggi 135 cm; Representasi Pengangkatan Potongan Kain: (c) Mulai Angkat, (d) Naik Tangga

Terhadap setiap postur pengangkatan tersebut kemudian dilakukan perhitungan biomekanika yang menghasilkan nilai momen dan gaya yang bekerja pada masing-masing sendi pekerja (lihat contoh pada gambar 3).



Gambar 3. Informasi Biomekanika Sendi Lutut Kiri Postur Pengangkatan Gulungan Kain (Tinggi 0 cm)

Nilai momen dan gaya tersebut kemudian dibandingkan dengan batasan kekuatan momen sendi dan gaya tekan yang diperoleh dari rumus Stobbe (dalam Chaffin & Andersson 1991). Perbandingan momen akan dilakukan untuk sendi siku, bahu, L5/S1, paha, dan lutut, sedangkan perbandingan gaya tekan akan dilakukan untuk sendi L5/S1. Perbandingan nilai momen dengan batasan kekuatan momen sendi menunjukkan adanya resiko cedera untuk setiap postur pengangkatan pada beberapa sendi tubuh pekerja. Tabel 3 menunjukkan satu contoh perbandingan momen yang terjadi dengan batasan yang ada (persentil 5).

Tabel 3. Perbandingan Momen pada Postur Pengangkatan Gulungan Kain (Tinggi 0 cm) dengan Batasan Kekuatan Momen Sendi

Sendi	Gerakan	Sudut	Batasan (P50) Nm	Batasan (P5) Nm	Batasan (P5) lb in	Sebenarnya (lb in)
Siku Kanan	Extension	171.71	-25.24	-16.89	-149.43	68.9
Bahu Kanan	Extension	109.83	-96.01	-46.55	-411.90	66.6
Siku Kiri	Extension	171.71	-25.24	-16.89	-149.43	-70.3
Bahu Kiri	Extension	109.83	-96.01	-46.55	-411.90	68
L5/S1	Flexion	11.08	-38.73	-20.00	-177.03	857.7
Paha Kanan	Extension	70.82	-240.09	-81.48	-721.06	214.1
Lutut Kanan	Flexion	143.97	-117.50	-60.79	-537.94	197.4
Paha Kiri	Flexion	34.44	29.37	16.18	143.22	-1864.5
Lutut Kiri	Extension	149.89	152.58	64.66	572.17	-873.6

Pada tabel di atas terlihat bahwa postur pengangkatan gulungan kain (tinggi 0 cm) memiliki momen yang melebihi batas pada sendi L5/S1, paha kiri, dan lutut kiri. Rekapitulasi kondisi pekerjaan pada kasus pengangkatan gulungan kain dan potongan kain ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Rangkuman Kondisi Pekerjaan Pengangkatan Gulungan Kain dan Potongan Kain

Pekerjaan		Sendi yang Memiliki Resiko Cedera
Pengangkatan Gulungan Kain	0 cm	L5/S1, paha kiri, lutut kiri
	70 cm	siku kanan, siku kiri, L5/S1, paha kiri, lutut kiri
	135 cm	siku kanan, bahu kanan, siku kiri, bahu kiri, L5/S1, paha kiri, dan lutut kiri
Pengangkatan Potongan Kain	Mulai Angkat	L5/S1, paha kanan, paha kiri
	Naik Tangga	siku kanan, siku kiri, lutut kanan

Perhitungan gaya tekan hanya dilakukan pada sendi L5/S1 karena keterbatasan referensi untuk membandingkan nilai gaya tekan pada setiap sendi tubuh pekerja. Gaya tekan yang bekerja pada sendi L5/S1 tidak boleh melebihi 3400 N atau 764.32 lbs. Gaya tekan yang bekerja pada sendi L5/S1 untuk setiap postur pengangkatan dapat dilihat pada tabel 5. Nilai gaya tekan tersebut tidak melebihi batasan gaya tekan yang diperbolehkan, sehingga gaya tekan tersebut tidak mengakibatkan resiko cedera pada L5/S1.

Tabel 5. Gaya Tekan pada Sendi L5/S1

Pekerjaan	Gaya Tekan (lbs)	
Pengangkatan Gulungan Kain	0 cm	93.8
	70 cm	-92.9
	135 cm	-116.8
Pengangkatan Potongan Kain	Mulai Angkat	-7.9
	Naik Tangga	-98.7

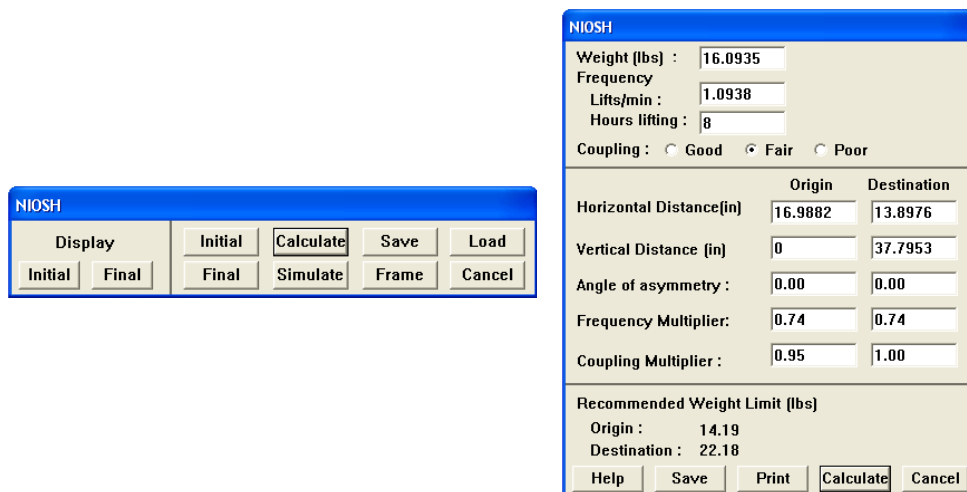
4.2 Evaluasi NIOSH

Input yang digunakan untuk melakukan evaluasi NIOSH terhadap pengangkatan kain pada triplek dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Data Pengangkatan Kain pada Triplek

Object Weight (lbs)	Hand Location (inch)				Vertical Distance (inch)	Asymmetric Angle (degrees)		Frequency Rate (lifts/min)	Duration (hrs)	Object Coupling
	Origin		Destination			Origin	Destination			
L	H	V	H	V	D	A	A	F		C
16.09	16.99	0	13.9	37.8	37.8	0	0	1.09	8	Fair

Hasil perhitungan NIOSH dengan menggunakan *Mannequin Pro 7.1* menghasilkan *Recommended Weight Limit (RWL)* untuk postur awal sebesar 14.19 lbs, sedangkan untuk posisi akhir 22.18 lbs (lihat gambar 4). Nilai RWL untuk postur awal pengangkatan sebesar 14.19 lbs lebih kecil dari beban aktual yang diangkat oleh pekerja sebesar 16.09 lbs, sehingga postur awal pengangkatan kain pada triplek memiliki resiko cedera (*lifting index* > 1). Sementara itu, postur akhir pengangkatan kain pada triplek tidak memiliki resiko cedera karena nilai RWL pada postur tersebut lebih besar dari beban aktual yang diangkat oleh pekerja (*lifting index* < 1).



Gambar 4. Kotak Dialog Pengaturan Postur Awal dan Akhir serta Hasil Perhitungan NIOSH

5. Perancangan Sistem Kerja Perbaikan

Oleh karena ketiga pekerjaan pengangkatan material secara manual di atas memiliki resiko cedera, maka dilakukan perbaikan terhadap setiap postur pengangkatan pada ketiga pekerjaan tersebut. Proses perancangan sistem kerja perbaikan dengan menggunakan bantuan *Mannequin Pro 7.1* akan dilakukan secara berurutan berdasarkan prioritas:

1. Posisi kaki tumpuan
Perbaikan posisi kaki tumpuan menjadi prioritas pertama karena posisi kaki tersebut merupakan bagian tubuh utama (postur berdiri) yang memberikan gaya reaksi terhadap beban dan sangat menentukan keseimbangan postur tubuh pekerja.
2. Jarak horisontal
Perbaikan yang dilakukan adalah memperkecil jarak horisontal antara tubuh dengan gaya aksi beban. Perbaikan jarak horisontal dilakukan sebelum perbaikan jarak vertikal

karena jarak horisontal secara langsung mempengaruhi besarnya momen pada segmen tubuh.

3. Jarak vertikal

Perbaikan jarak vertikal yang dilakukan adalah mengubah ketinggian beban. Menurut Pheasant (1991), ketinggian yang paling baik terletak antara tinggi telapak tangan relaks ke bawah (posisi tegak) dengan tinggi siku dalam posisi tegak. Perubahan jarak vertikal, secara tidak langsung memperkecil jarak horisontal antara gaya berat tubuh dengan sendi-sendi tubuh, terutama sendi L5/S1.

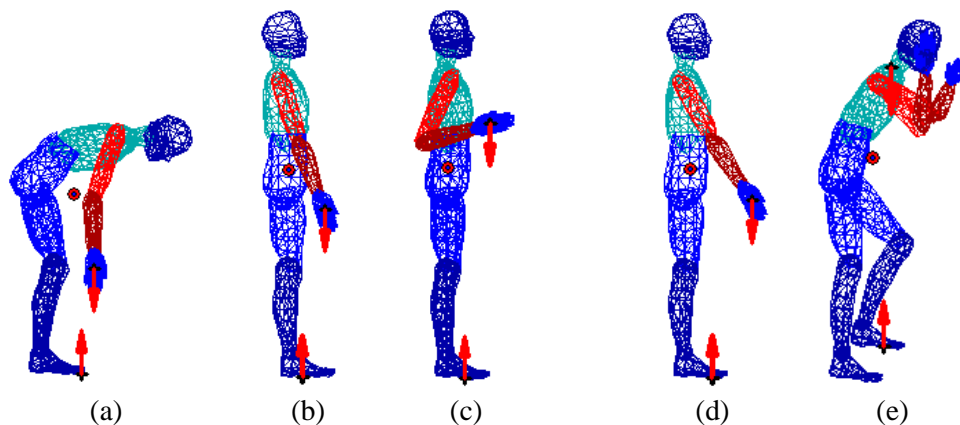
4. Karakteristik beban

Perbaikan terhadap karakteristik beban dilakukan sebagai prioritas terakhir karena hasil perbaikan tersebut sulit untuk diterapkan dalam sistem kerja sebenarnya.

Hasil perbaikan postur pengangkatan untuk pekerjaan pengangkatan gulungan kain dapat dilihat pada gambar 5a, 5b, dan 5c. Postur pengangkatan gulungan kain dengan ketinggian 0 cm diperbaiki dengan mengubah ketinggian beban menjadi 42.7 cm. Dalam penerapannya, perbaikan postur pengangkatan tersebut didukung oleh sebuah alat bantu berupa meja dengan ketinggian 43 cm. Dengan meja ini, perbaikan postur pengangkatan dapat dengan lebih mudah dicapai.

Hasil perbaikan postur pengangkatan untuk pekerjaan pengangkatan potongan kain dapat dilihat pada gambar 5d dan 5e. Berat potongan kain yang diangkat oleh pekerja dibatasi hingga 18.5 kg. Alat bantu berupa meja dengan ketinggian 42 cm digunakan untuk mempermudah penerapan postur perbaikan pengangkatan potongan kain.

Berdasarkan evaluasi biomekanika dengan menggunakan *Mannequin Pro 7.1*, postur-postur perbaikan yang diusulkan telah menghasilkan momen pada segmen tubuh pekerja dengan tidak melebihi batas kekuatan yang ditetapkan, sehingga dapat disimpulkan postur kerja yang baru relatif aman dari resiko cedera atau penyakit *low back pain*.



Gambar 5. Perbaikan Postur Pengangkatan Gulungan Kain: (a) Tinggi 42.7 cm, (b) Tinggi 70 cm, (c) Tinggi 135 cm; Perbaikan Postur Pengangkatan Potongan Kain: (d) Mulai Angkat, (e) Naik Tangga

Hasil perbaikan untuk pekerjaan pengangkatan kain pada triplek menghasilkan batas ketinggian beban maksimal dan minimal. Ketinggian minimal beban yang diperbolehkan sebesar 11.215 in dan ketinggian maksimal beban yang diperbolehkan sebesar 57.389 in, sehingga dijamin nilai RWL tidak lebih kecil dari nilai beban aktual.

6. Kesimpulan

Melalui penelitian ini dapat disimpulkan bahwa program *Mannequin Pro 7.1* dibantu dengan program *Motion Analysis Tools 1.1a*, sangat berguna dalam melakukan analisis dan evaluasi kerja manual, khususnya analisis biomekanika (perhitungan momen dan gaya pada segmen tubuh serta analisis NIOSH).

Berdasarkan hasil evaluasi, seluruh kondisi kerja manual yang diamati di PT. Hidup Baru *Garment & Printing* memiliki resiko cedera atau *musculoskeletal disorder* terhadap pekerjanya. Hal ini ditunjukkan dengan momen/gaya pada segmen tubuh yang melebihi batas, serta nilai RWL yang lebih kecil dari berat beban aktual.

Perbaikan cara kerja dilakukan dengan mengubah ketinggian beban dengan alat bantu berupa meja (beberapa meja dilengkapi dengan pembatas ketinggian objek). Postur pekerja juga diperbaiki dengan mengubah posisi kedua kaki menjadi simetris, menegakkan posisi badan, dan memperkecil jarak horisontal antara gaya aksi beban dengan tubuh. Pada kasus tertentu dilakukan perbaikan dengan mengurangi berat beban yang diangkat. Melalui perbaikan-perbaikan tersebut dihasilkan postur dan cara kerja yang aman dari segi biomekanika.

7. Daftar Pustaka

- Chaffin, D.B. & Andersson, G.B.J. *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons, Inc, New York. 1991.
- Handy. *Pengembangan Model Biomekanika Dinamis Dua Dimensi dengan Kendala Kekuatan, Keseimbangan, dan Koefisien Gesekan Lantai pada Pekerjaan Pengangkatan dan Penurunan Material Secara Manual*. Tugas Akhir S1. Jurusan Teknik Industri–Universitas Katolik Parahyangan. Bandung. 2004.
- Hay, James G. & Reid, J.G. *The Anatomical and Mechanical Bases of Human Motion*. Prentice Hall. Englewood Clift, New Jersey. 1982.
- Jarvinen, J. & Lu, H. ‘A guide to computer software for ergonomics’ in *The Occupational Ergonomics Handbook*, eds. W. Karwowski & W.S. Marras, CRC Press, New York. 1999.
- Kroemer. *Ergonomics: How to Design For Ease and Efficiency*. Prentice Hall International Edition, New Jersey. 1994.
- Nexgen Ergonomics. *User Guide (MQ Pro Human Modeling System)*. Nexgen Ergonomics Inc, Montreal. 2001.
- Nurmianto, Eko. *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Guna Widya, Surabaya. 1996.
- Osborne, David J. *Ergonomics at Work*. John Wiley & Sons, Inc, New York. 1982.
- Pheasant, S. *Ergonomics, Work and Health*. The Macmillan Press Ltd, London. 1991.
- Porter, J.M., Case, K. & Freer, M.T. ‘Computer aided design and human models’ in *The Occupational Ergonomics Handbook*, eds. W. Karwowski & W.S. Marras, CRC Press, New York. 1999.
- Pulat, B.M. & Alexander, D.C. *Industrial Ergonomics*. McGraw-Hill, Inc, New York. 1991.
- Salvendy, Gavriel. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. John Willey & Sons, Inc, New York. 1999.

Sulistyowati, Retno. *Angka Kecelakaan Kerja Sudah Mengkhawatirkan*. <<http://www.tempo.co.id/news/2002/9/16/1,1,12,id.html>>, 2002 (diakses tgl 30 Juni 2003).

Sutalaksana, Iftikar Z., Anggawisastra, Ruhana & Tjakraatmadja, John HA. *Teknik Tata Cara Kerja*. Institut Teknologi Bandung, Bandung. 1979.

Waters, T.R. & Putz-Anderson, V. 'Revised NIOSH equation' in *The Occupational Ergonomics Handbook*, eds. W. Karwowski & W.S. Marras, CRC Press, New York. 1999.

<http://www.hse.gov.uk/statistics/c_ausdis/backfact.pdf> 'Work Related Back Disorders Statistics Information Sheet', (diakses tgl 21 January 2003)

<<http://www.nexgenergo.com/download/downmanpro.html>> 'Mannequin Pro Initial Tutorial', (diakses tgl 30 Juni 2003)