

## PERBAIKAN SISTEM KERJA PROSES EVAKUASI YANG DILAKUKAN PETUGAS PARAMEDIS AMBULANS MENGUNAKAN *VIRTUAL ENVIRONMENT MODELING*

Erlinda Muslim<sup>\*)</sup>, Boy Nurtjahyo, Herian Atma

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [erlinda@eng.ui.ac.id](mailto:erlinda@eng.ui.ac.id)

---

### Abstrak

Pekerjaan petugas paramedis ambulans saat proses evakuasi pasien melibatkan pekerjaan pengangkatan (*lifting task*) dalam situasi yang darurat sehingga berisiko menimbulkan gangguan muskuloskeletal seperti *low back pain*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji lingkungan kerja dan aspek ergonomi yang mempengaruhi postur petugas paramedis tersebut dengan menggunakan metode simulasi pada lingkungan virtual. Model biomekanis (manekin) dari petugas disimulasikan dan dianalisis dengan metode *low back analysis* (LBA) dan *Ovako working-posture analysis sistem* (OWAS). Model kemudian diberi suatu perbaikan dengan menggunakan prinsip-prinsip ergonomi yang ada dan kemudian dianalisis kembali. Perbaikan (*improvement*) yang dapat digunakan untuk sistem kerja dari proses evakuasi pasien oleh petugas paramedis adalah dari segi postur kerja (*work posture*) dari personil paramedis ketika melakukan proses pengangkatan pasien ke atas *stretcher*. Teknik yang dapat digunakan adalah *proper lifting techniques* (pengangkatan yang benar). Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi terhadap lingkungan kerja petugas operasional ambulans yang sesuai dengan aspek-aspek ergonomi.

### Abstract

**Work System Improvement of Evacuation Process Conducted by Emergency Medical Technicians Using Virtual Environment Modeling.** The work of emergency medical technicians (EMT) during patient evacuation involves lifting task in an emergency situation, which results in the increasing risk of musculoskeletal disorders such as low back pain. The purpose of this research was to investigate the workplace and ergonomic aspect that influence work posture of the EMT using simulation approach in a virtual environment. Biomechanic model (mannequin) of the EMT had been simulated and analyzed by using LBA and OWAS method. The mannequin was given an improvement based on ergonomic principle of manual lifting task and then was reanalyzed. Improvement that can be used for the work system of the evacuation process conducted by EMT considering its nature situation is the work posture of personnel during the process of lifting the patient into the stretcher. The technique that can be used is the proper lifting techniques. The results of this research can be used as a recommendation to the work system of the EMT.

*Keywords: ergonomic, low back compression force, low back pain, OWAS, virtual environment*

---

### Pendahuluan

Berdasarkan data dari Laporan Biro Statistik Tenaga Kerja pemerintah AS, pada tahun 1998 terjadi hampir sebanyak 90.000 kasus cedera WMSD (*Work-Related Musculoskeletal Disorder*) yang menyebabkan terbuangnya waktu kerja di sektor kesehatan. Selain itu, lebih dari 15% dari gangguan WMSD yang ada di industri swasta terjadi pada sektor pelayanan kesehatan, sebagian besar di rumah sakit. OSHA menaksir dana yang dikeluarkan untuk kompensasi pekerja untuk gangguan WMSD ini

adalah sebesar \$2,8 juta pada tahun 1996, dan biaya total untuk perekonomian dari gangguan semacam ini di sektor kesehatan adalah sebesar \$5,8 juta tiap tahunnya.<sup>1</sup>

Banyaknya keluhan tentang gangguan *musculoskeletal disorders* seperti cedera punggung bagian bawah (*low back pain*), menjadi fenomena tersendiri di lingkungan pelayanan ambulans gawat darurat sehingga pada akhirnya menyebabkan tingginya dana kompensasi pekerja yang mesti dikeluarkan. Selain itu, gangguan

*musculoskeletal* juga menjadi penyebab utama tingkat kerugian di lingkungan ini, baik dari segi produktivitas dan juga waktu.<sup>2</sup>

Permasalahan ergonomi yang terdapat pada proses evakuasi pasien sebagian sebagian besar dipengaruhi oleh antara lain postur kerja (*work posture*), peralatan yang digunakan, serta beban dari pasien.<sup>3</sup> Selain sistem kerja yang berat tersebut, hal yang menjadi perhatian utama di sini adalah sebagian besar pekerjaan paramedis dilakukan dalam keadaan darurat dan terburu-buru.<sup>4</sup>

Penelitian dilakukan dengan menganalisis stasiun kerja dan proses kerja yang dilakukan oleh personil paramedis ambulans. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kerja yang ada telah memenuhi aspek-aspek ergonomi atau belum. Analisis tersebut dilakukan dengan pendekatan *virtual environment modeling* menggunakan *software* Jack 6.1. Sistem kerja yang ada disimulasikan dan kemudian dianalisis aspek ergonominya. Analisis yang digunakan adalah *low back analysis* (LBA) dan *Ovako working-posture analysis sistem* (OWAS). Setelah itu, berdasarkan pada prinsip-prinsip ergonomi yang ada, dilakukan suatu perbaikan terhadap sistem kerjanya. Kemudian, sistem kerja yang mengalami perbaikan dibandingkan nilai ergonominya dengan kondisi sebelumnya. Dengan demikian, peneliti dapat mengetahui besarnya perbaikan antara sistem sebelum mengalami perbaikan dan sesudah mengalami perbaikan.

## Metode Penelitian

Objek penelitian mengambil tempat di sebuah intansi Ambulans Gawat Darurat, yang mengoperasikan sejumlah ambulans yang tersebar di seluruh wilayah Jakarta, meliputi Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Timur, Jakarta Selatan, dan Jakarta Barat. Ambulans Gawat Darurat ini secara umum memiliki tanggung jawab seperti memindahkan pasien antar rumah sakit, menjemput atau mengantarkan pasien ke rumahnya, serta melakukan proses evakuasi apabila ada kejadian-kejadian tertentu (Kejadian Luar Biasa).

Penelitian ini diawali dengan merancang sistem pengambilan data untuk sistem kerja dengan melakukan wawancara kepada beberapa petugas paramedis serta penyebaran kuesioner kepada 34 petugas paramedis ambulans yang tersebar di seluruh Jakarta, serta pengukuran tinggi dan berat badan dari masing-masing petugas. Penyebaran kuesioner dimaksudkan untuk mengetahui aktivitas apa yang paling berat secara fisik ketika petugas paramedis ambulans melakukan proses evakuasi, bagian tubuh mana yang paling dipengaruhi, serta intensitasnya.

Hasil dari penyebaran kuesioner adalah sebagai berikut. Untuk pertanyaan pertama yaitu kegiatan yang paling berat secara fisik (Tabel 1), dari total 34 responden: 22

orang diantaranya menjawab “mengangkat pasien ke atas *stretcher*” (64,7%); disusul kemudian kegiatan “mendorong ke ambulans” (14,7%); “menempatkan pasien ke *Long Spine Board* (LSB) (8,8%); dan “lain-lain” (11,8%). Kegiatan “lain-lain” adalah jawaban yang tidak termasuk dalam pilihan jawaban yang diberikan. Jawaban tersebut misalnya “melakukan perawatan”, “melakukan pertolongan pertama” atau “mempersiapkan peralatan”.

Sedangkan pada pertanyaan kedua (Tabel 2), mengenai bagian tubuh yang paling mengalami nyeri ketika melakukan aktivitas pada pertanyaan pertama, mayoritas responden menjawab “bagian punggung/*lower back*” (79,4%). Sisanya menjawab “bagian bahu” (11,8%) dan “bagian paha” (8,8%).

Pertanyaan terakhir menanyakan tentang intensitas terjadinya nyeri pada saat melakukan aktivitas pekerjaan dalam kurun waktu seminggu (Gambar 1). Hasilnya adalah, sebanyak 31 orang petugas mengeluhkan bahwa rasa nyeri pada saat melakukan aktivitas sering terjadi (91%) sementara 3 orang diantaranya tidak mengeluhkan hal tersebut (9%).

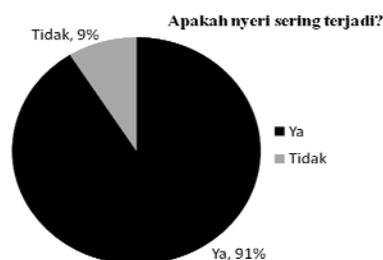
Sedangkan data pengukuran tinggi dan berat badan digunakan sebagai input data antropometri dari manekin yang digunakan dalam *virtual environment* dengan bantuan perangkat lunak Jack 6.1.

**Tabel 1. Kegiatan Yang Dinilai Paling Berat Secara Fisik Saat Evakuasi**

Kegiatan	Jumlah Responden	Persentase
Mengangkat pasien ke <i>Stretcher</i>	22	64,7
Mendorong ke Ambulans	5	14,7
Menempatkan pasien ke LSB	3	8,8
Lain-lain	4	11,8

**Tabel 2. Urutan Bagian Tubuh Yang Mengalami Nyeri**

Bagian Tubuh	Jumlah Responden	Persentase
Punggung ( <i>lower back</i> )	27	79,4
Bahu	4	11,8
Paha	3	8,8



**Gambar 1. Intensitas Terjadinya Nyeri**

Dari data pengukuran tinggi dan berat badan yang telah terkumpul, dihitung titik persentil yang ekstrim, yaitu persentil 5 dan 95 (Tabel 3).

Simulasi yang dilakukan pada *virtual environment* ini ditetapkan ke dalam beberapa kondisi. Variabel yang menentukan kondisi tersebut adalah persentil data antropometri manusia yang dipakai untuk manekin di dalam *perangkat lunak* Jack 6.1, serta berat atau massa dari pasien. Untuk variabel persentil yang digunakan, peneliti mengambil titik ekstrim rendah (persentil 5) dan titik ekstrim tinggi (persentil 95). Sedangkan untuk variabel massa pasien, peneliti melakukan pendekatan *trial* (uji-coba) dengan besar massa dari 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, dan 110 (Tabel 4). Pendekatan secara *trial* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pada titik mana, massa dari pasien mulai berpengaruh terhadap kenaikan risiko petugas paramedis terkena *low back pain*. Gambar 2 menunjukkan diagram alir dari proses perancangan model.

Dalam penelitian ini, pembuatan *virtual environment* dibantu oleh beberapa *perangkat lunak*, yaitu *perangkat lunak* NX 6.0 dan *perangkat lunak* Jack 6.1. *Perangkat lunak* NX 6.0 digunakan untuk membuat tiruan *3D object* dari peralatan yang sebenarnya (dalam penelitian ini peralatan yang dibuat tiruan *3D object*-nya). Sedangkan *perangkat lunak* Jack 6.1 memungkinkan kita untuk melakukan simulasi dari *virtual environment* yang telah disiapkan sebelumnya dan kemudian menganalisisnya melalui fitur-fitur analisis yang ada (Gambar 3).

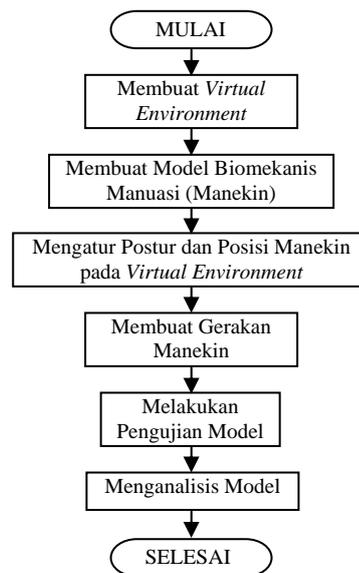
Analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Low Back Analysis* (LBA) dan *Ovako Working-Posture Analysis System* (OWAS). Analisa LBA mengevaluasi secara *real time* tekanan yang diterima (*compressive force*) oleh bagian tulang belakang model manekin saat

**Tabel 3. Data Antropometri Tinggi dan Berat Badan Petugas Paramedis**

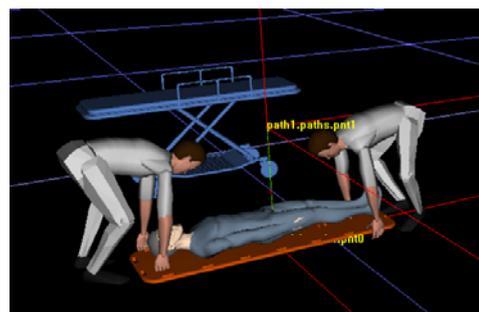
Persentil	Tinggi (cm)	Berat (kg)
5th	153,30	49,95
95th	183,05	78,35

**Tabel 4. Simulasi Beban Berat dari Pasien**

Beban	Persentil	
	5	95
40	Kondisi #1	Kondisi #9
50	Kondisi #2	Kondisi #10
60	Kondisi #3	Kondisi #11
70	Kondisi #4	Kondisi #12
80	Kondisi #5	Kondisi #13
90	Kondisi #6	Kondisi #14
100	Kondisi #7	Kondisi #15
110	Kondisi #8	Kondisi #16



**Gambar 2. Diagram Alir Proses Perancangan Model**



**Gambar 3. Postur Kerja Evakuasi dalam Lingkungan Virtual**

melakukan tugas yang diberikan. Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standard NIOSH, yaitu 3400 N. Setelah analisis LBA dilakukan, dilanjutkan dengan analisis OWAS. OWAS akan mengevaluasi tingkat kenyamanan pekerja ketika melakukan suatu pekerjaan. Analisis yang dikeluarkan oleh OWAS juga memberikan rekomendasi perlunya perbaikan postur kerja atau tidak.

### Hasil dan Pembahasan

Setelah model selesai dibuat dan simulasinya dijalankan, hasilnya kemudian dianalisis menggunakan fitur-fitur analisis yang terdapat di dalam *perangkat lunak* Jack 6.1. Sebagian besar dari fitur-fitur analisis ini sendiri sebenarnya adalah analisis ergonomi umum yang sering dipakai di kehidupan sehari-hari seperti OWAS, RULA, dan sebagainya. *Perangkat lunak* Jack 6.1 hanyalah mengkom-putasi perhitungan yang umumnya digunakan untuk analisis-analisis ini secara otomatis sehingga dapat mempermudah pekerjaan peneliti dalam menganalisisnya.

**Analisis LBA.** Setelah simulasi untuk semua kondisi dijalankan dan dianalisis secara LBA, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada Tabel 3. Secara umum *low back compression force* yang terjadi pada manekin persentil 5 jauh lebih kecil daripada manekin persentil 95 (Tabel 5).

**Analisis OWAS.** Tidak terdapat perbedaan yang berarti diantara kondisi manekin persentil 5 dengan manekin persentil 95 (Tabel 6). Ini dikarenakan baik manekin persentil 5 maupun manekin persentil 95 sama-sama membungkuk. Walaupun tingginya berbeda, namun tidak terdapat perbedaan yang besar ketika kedua manekin tersebut membungkuk. Satu-satunya perbedaan yang terlihat adalah pada kondisi simulasi dimana berat pasien adalah sebesar 40 kg (kondisi #1 dan #9).

Kondisi ini menghasilkan kode OWAS 2142, berbeda dengan kondisi yang lainnya yang menghasilkan kode OWAS 2143. Perbedaan pada digit kode OWAS yang terakhir terjadi karena angka 2 pada digit terakhir kode OWAS yang pertama menunjukkan bahwa kondisi itu termasuk dalam kategori 2, yaitu beban yang diterima oleh manekin berada pada kisaran 10–20 kg. Karena pada saat pengangkatan pasien membutuhkan 2 manekin, maka masing-masing manekin menerima beban sebesar setengah dari berat pasien (sebesar 20 kg). Sedangkan untuk kondisi yang lainnya, berat pasien yang ditanggung oleh masing-masing manekin telah melebihi 20 kg sehingga ini masuk pada kategori 3, yakni beban yang diterima adalah diatas 20 kg.

**Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Ergonomi Simulasi LBA**

Berat Pasien (kg)	<i>Low Back Compression Force</i> (N)	
	Persentil 5	Persentil 95
40	2458	3281
50	2770	3575
60	3088	3872
70	3409	4169
80	3737	4470
90	4070	4772
100	4407	5077
110	4748	5385

**Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Ergonomi Analisis OWAS**

Berat Pasien (kg)	OWAS			
	Persentil 5		Persentil 95	
	Kode	Nilai	Kode	Nilai
40	1142	3	1142	3
50	1143	3	1143	3
60	1143	3	1143	3
70	1143	3	1143	3
80	1143	3	1143	3
90	1143	3	1143	3
100	1143	3	1143	3
110	1143	3	1143	3

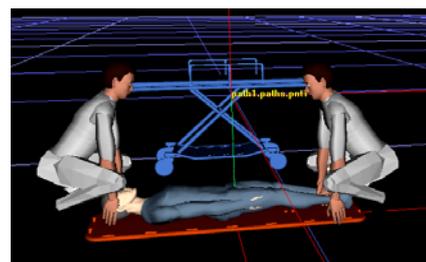
**Usulan Perbaikan.** Perlu dipilih *proper lifting techniques* sebagai dasar perbaikan terhadap sistem yang diteliti, mengingat situasi kerja sebenarnya dari paramedis ambulans yang darurat dan dilakukan dengan cepat. Seyogianya, usulan perbaikan mestilah yang bisa memenuhi dua keadaan tersebut agar tidak merugikan atau membahayakan keadaan pasien. Namun, karena teknologi dan peralatan yang ada saat ini tidak memungkinkan untuk mengangkat pasien tersebut dengan aman dan dalam waktu pengaturan (*setup time*) yang singkat, maka dapat lebih ditekankan pada perbaikan teknik dari pengangkatan pasien yang dilakukan oleh petugas paramedis sehingga risiko terjadinya *low back pain* dapat dikurangi. Prinsip umum dari *proper lifting techniques* adalah menjaga agar tulang belakang (*spine*) tetap lurus dengan tulang ekor pada saat proses pengangkatan suatu benda yang memiliki berat cukup besar.<sup>5</sup> Ini dilakukan dengan cara menjadikan otot paha sebagai tumpuan ketika melakukan pengangkatan, dan bukan dengan menggunakan bagian punggung atau membungkuk (Gambar 4).

Dengan menerapkan prinsip *proper lifting techniques* di atas, kemudian diterapkan pada model manekin yang telah ada sebelumnya dengan menggunakan *perangkat lunak* Jack 6.1. Hasil dari pengaturan postur tersebut adalah seperti Gambar 5.

Setelah simulasi untuk semua kondisi dijalankan dan dianalisis secara LBA, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada Tabel 7. Secara umum, tabel tersebut



**Gambar 4. Proper Lifting Technique**

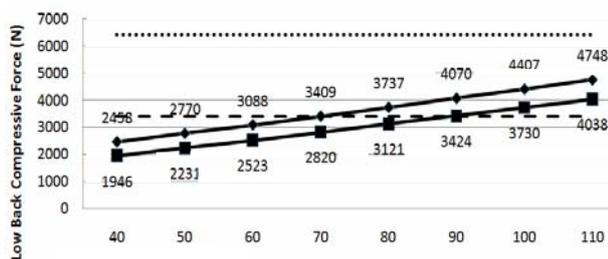


**Gambar 5. Manekin dengan Proper Lifting Technique**

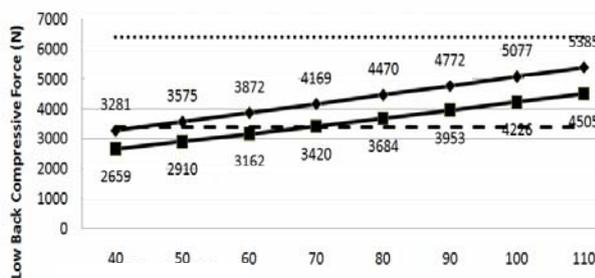
menunjukkan bahwa nilai *low back compression force* pada manekin persentil 5 jauh lebih kecil daripada manekin persentil 95. Gambar 5 dan Gambar 6 adalah grafik perbandingan kondisi sebelum dan sesudah mengalami perbaikan untuk masing-masing persentil. Gambar tersebut menunjukkan terjadinya penurunan *low back compression force* untuk tiap persentil. Penurunan rata-rata nilai *low back compression force* untuk manekin dengan persentil 5 adalah 606,75 N sedangkan untuk persentil 95 adalah 760,25 N.

**Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Ergonomi Hasil LBA Setelah Perbaikan**

Berat Pasien (kg)	Low Back Compression Force (N)	
	Persentil 5	Persentil 95
40	1946	2659
50	2231	2910
60	2523	3162
70	2820	3420
80	3121	3684
90	3424	3953
100	3730	4226
110	4038	4505



**Gambar 5. Hubungan Berat Pasien terhadap Low Back Compression Force Sebelum (♦) dan Sesudah Perbaikan (■) (Persentil 5) Dibandingkan dengan Batas Aman NIOSH (---) dan Batas Maksimum NIOSH (....)**



**Gambar 6. Hubungan Berat Pasien terhadap Low Back Compression Force Sebelum (♦) dan Sesudah Perbaikan (■) (Persentil 95) Dibandingkan dengan Batas Aman NIOSH (---) dan Batas Maksimum NISOH (....)**

**Tabel 8. Rekapitulasi Nilai Ergonomi Hasil OWAS Setelah Perbaikan**

Berat Pasien (kg)	OWAS			
	Persentil 5		Persentil 95	
	Kode	Nilai	Kode	Nilai
40	1142	2	1142	2
50	1143	2	1143	2
60	1143	2	1143	2
70	1143	2	1143	2
80	1143	2	1143	2
90	1143	2	1143	2
100	1143	2	1143	2
110	1143	2	1143	2

Sedangkan hasil rekapitulasi dari analisis OWAS setelah model mengalami perbaikan ditunjukkan oleh Tabel 8.

Dari Tabel 8, kita dapat melihat bahwa terdapat perbedaan diantara kondisi sebelum dan setelah manekin mengalami perbaikan, yakni berubah dari 3 menjadi 2. Ini menunjukkan bahwa keadaan dari postur manekin setelah perbaikan dilakukan berubah menjadi semakin lebih aman, atau dengan kata lain, risiko terjadinya gangguan *musculoskeletal disorders* semakin berkurang. Disimpulkan yang menjadi penyebab utama hal ini adalah perubahan postur tulang punggung dari manekin dari keadaan sebelumnya yaitu *bent* (membungkuk) menjadi *straight* (lurus).

**Simpulan**

Perbaikan (*improvement*) yang dapat digunakan untuk sistem kerja dari proses evakuasi pasien oleh petugas paramedis adalah dari segi postur kerja (*work posture*) dari personil paramedis ketika melakukan proses pengangkatan pasien ke atas *stretcher*. Teknik yang dapat digunakan adalah *proper lifting techniques* (pengangkatan yang benar).

Setelah model mengalami perbaikan, dengan menggunakan metode analisis LBA, terlihat bahwa *low back compression force* yang terjadi pada manekin setelah mengalami perbaikan secara rata-rata keseluruhan jauh berkurang dibandingkan saat model belum mengalami perbaikan. Ini berlaku untuk masing-masing kondisi hasil interaksi antara variabel persentil data antropometri untuk manekin dari petugas (persentil 5 dan 95) dan variabel *trial* berat pasien yang mengalami kenaikan 10 kg dari 40 kg hingga 110 kg. Nilai *compression force* yang berkurang menandakan bahwa risiko operator mengalami *low back pain* akan semakin berkurang.

Sedangkan dengan metode analisis OWAS, setelah model mengalami perbaikan, nilai evaluasi akhir OWAS untuk manekin setelah mengalami perbaikan

secara keseluruhan berkurang dibandingkan saat model belum mengalami perbaikan. Ini berlaku untuk masing-masing kondisi hasil interaksi antara variabel persentil data antropometri untuk manekin dari petugas (persentil 5 dan 95) dan variabel *trial* berat pasien yang mengalami kenaikan 10 kg dari 40 kg hingga 110 kg. Nilai evaluasi akhir OWAS yang berkurang menandakan bahwa postur kerja dari operator semakin baik dan risiko gangguan *musculoskeletal* berkurang.

### Daftar Acuan

1. Weinstein R. Testimony on Ergonomics and Healthcare Providers (internet). 2000 [Diakses 15 Maret 2010]. Tersedia di: <http://www.hhs.gov/asl/testify/t000713b.html>.
2. Springer T. *Ergonomics for Healthcare Environment*. New York: Knoll Inc., 2007, p.1-19.
3. Berguer R. Surgery and ergonomics. *Arch Surg* 1999; 134:1011-1016.
4. Lavender SA, Conrad KA, Reichelt PA, Meyer FT. Postural analysis of frequently performed strenuous work task encountered by firefighter and paramedics. *Applied Ergonomics* 2000; 31(1):45-57.
5. McGill SM. The biomechanics of low back injury: implications on current practice, *J. Biomech.* 1997; 30:465-75.