

MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 15, NO. 1, APRIL 2011: 75-81

ANALISIS ERGONOMI INDUSTRI GARMEN DENGAN *POSTURE EVALUATION INDEX* PADA *VIRTUAL ENVIRONMENT*

Erlinda Muslim^{*)}, Boy Nurtjahyo, dan Romadhani Ardi

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

^{*)}E-mail: erlinda@eng.ui.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji, dalam lingkungan virtual, aspek ergonomi dari empat divisi yang ada di industri garmen; divisi pemotongan, divisi jahit, divisi kancing, dan divisi *finishing*. Variabel yang mempengaruhi kondisi kerja pada tiap-tiap divisi berbeda, bergantung pada kondisi riil yang ada. Tujuan penelitian ini adalah memberikan penilaian terhadap kondisi kerja riil di industri garmen berdasarkan kajian ergonomi menggunakan *Posture Evaluation Index* (PEI). PEI mengintegrasikan nilai *low back analysis* (LBA), *ovako working posture analysis* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA). Analisis dilakukan dengan menggunakan model manusia digital yang disediakan *virtual environment* pada *software* Jack 6.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kerja pada industri garmen masih memiliki risiko yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan muskuloskeletal pada para pekerja. Penelitian ini memperkaya khasanah keilmuan ergonomi di Indonesia karena merupakan penelitian pertama di Indonesia yang mengaplikasikan pendekatan *virtual environment* untuk analisis ergonomi di dunia industri.

Abstract

Ergonomic Analysis of Garment Industry using Posture Evaluation Index (PEI) in Virtual Environment. This research tried to study, in a virtual environment, the ergonomics of four divisions in garment industry: cutting division, sewing division, button division, and finishing division. Variables that influence the working conditions in each division are different; depend on the real situations that happened. The purpose is to assess the real working conditions based on ergonomics study using Posture Evaluation Index (PEI). PEI integrates the scores of low back analysis (LBA), ovako working posture (OWAS), and rapid upper limb assessment (RULA). Analysis phase was done using digital human model in virtual environment that available on Jack 6.0. The results show that the working conditions in garment industry had enough amount of risk that can injured the musculoskeletal system of the workers. This research enriches the body of ergonomics knowledge in Indonesia because it is the first research in Indonesia that applied virtual environment approach to ergonomics analysis in industry.

Keywords: ergonomics, garment industry, posture evaluation index, virtual environment

1. Pendahuluan

Ergonomi ialah suatu ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian manusia dengan peralatan yang dipakai [1]. Aplikasi dari kajian ergonomi dapat dilakukan di berbagai macam industri, salah satunya pada industri garmen.

Pekerjaan di industri garmen menuntut ketelitian yang cukup tinggi dengan karakteristik pekerjaan umumnya adalah proses *material handling* (angkat-angkut), posisi

kerja duduk dan berdiri, tingkat pengulangan kerja tinggi pada satu jenis otot, berinteraksi dengan benda tajam (jarum, gunting dan pisau potong), panas di bagian pengepresan dan penyetricaan, banyaknya debu-debu serat dan aroma kain, kebisingan, getaran dan lainnya. Permasalahan ergonomi kerja di industri garmen terutama sangat terkait dengan posisi postur tubuh dan pergelangan tangan yang tidak baik dan harus melakukan pekerjaan yang berulang-ulang pada hanya satu jenis otot sehingga sangat berpotensi menimbulkan gangguan muskuloskeletal [2]. Gangguan muskuloskeletal meliputi gangguan inflamasi dan kondisi degeneratif yang mempengaruhi otot, syaraf,

tendon, ligamen, sendi, dan tulang belakang manusia [3]. Keluhan ini sering juga dinamakan RSI (*Repetitive Strain Injuries*), CTD (*Cumulative Trauma Disorders*) dan RMI (*Repetitive Motion Injury*). Terdapat empat faktor yang dapat meningkatkan timbulnya gangguan muskuloskeletal yaitu: postur yang tidak alamiah, tenaga yang berlebihan, pengulangan berkali-kali, dan lamanya waktu kerja. Munculnya keluhan muskuloskeletal dari yang paling ringan hingga yang berat akan mengganggu konsentrasi dalam bekerja, menimbulkan kelelahan dan pada akhirnya akan menurunkan produktivitas kerja seseorang [4].

Penciptaan sistem kerja yang memperhatikan kaidah ergonomi sudah terbukti mampu memberikan manfaat, baik bagi pekerjanya secara langsung maupun bagi perusahaan. Sistem kerja tersebut dapat menurunkan keluhan akibat gangguan muskuloskeletal, kelelahan, beban kerja, dan risiko cedera yang dialami oleh pekerja. Selain itu, produktivitas dan pendapatan pekerja dapat ditingkatkan. yang pada akhirnya akan meningkatkan keuntungan perusahaan [5].

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis apakah kondisi kerja telah memenuhi kaidah ergonomis diantaranya *static strength prediction* (SSP). SSP adalah metode ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi persentase dari keseluruhan populasi pekerja yang memiliki kemampuan untuk melakukan rangkaian pekerjaan yang telah diteliti sebelumnya. Sebuah pekerjaan yang dilakukan pada periode waktu tertentu, oleh pekerja dengan tinggi, usia, dan gender yang berbeda-beda, dapat dianalisa hanya apabila pekerjaan tersebut dapat dikerjakan oleh semua populasi pekerja [6]. Pada kenyataannya, sangat jarang terdapat aktivitas-aktivitas kerja yang memiliki persentase sempurna untuk dilakukan oleh seluruh pekerja, maka dari itu dibuat batasan tertentu yang dapat mewakili persentase pekerja yang memiliki persyaratan untuk melakukan aktivitas kerja tersebut.

Metode analisis lain adalah *low back analysis* (LBA). LBA digunakan untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu [6]. Kondisi beban yang diterima dibandingkan dengan hasil yang didapat dengan standar nilai yang dikeluarkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH). Kondisi beban yang dianalisis ini terutama adalah beban yang diterima oleh bagian L4 dan L5 dari ruas tulang belakang manusia, dengan batas aman maksimal yaitu 3400 N.

Kemudian terdapat metode *ovako working posture analysis* (OWAS) yang digunakan untuk mengevaluasi kenyamanan postur kerja pada posisi kerja yang berbeda-beda untuk setiap operator. OWAS dapat menjadi tolak ukur perlunya pengambilan suatu

tindakan perbaikan dari postur kerja yang ada. Penilaian OWAS memperlihatkan empat digit kode angka yang secara berturut-turut mengindikasikan skor postur yang dialami oleh punggung, lengan, kaki, dan beban yang diterima oleh tubuh selama melakukan pekerjaan tertentu. Secara keseluruhan penilaian OWAS ditentukan dengan skor risiko 1 sampai 4. Dimana skor 1 menunjukkan "*normal posture*", "*slightly harmful*" (skor 2), "*distinctly harmful*" (skor 3), dan "*extremely harmful*" (skor 4). Pengelompokan di atas dibuat berdasarkan estimasi para ahli dengan mempertimbangkan risiko kesehatan dari satu postur kerja atau kombinasi postur kerja dan hubungannya dengan sistem muskuloskeletal [7].

Kemudian terdapat metode *rapid upper limb assessment* (RULA) yang dikembangkan untuk menginvestigasi secara ergonomi keadaan di tempat kerja dimana terdapat adanya keluhan-keluhan cedera yang disebabkan oleh beban kerja pada tubuh bagian atas [8]. Penilaian RULA memberikan informasi mengenai penggunaan anggota tubuh dan beban yang diterima dengan skor risiko dari 1 hingga 7. Risiko dikatakan "*acceptable*" apabila menunjukkan skor 1 dan 2, "*membutuhkan investigasi lebih lanjut*" (skor 3 dan 4), "*membutuhkan investigasi lebih lanjut dan perubahan secara menyeluruh*" (skor 5 dan 6), dan "*perubahan secepatnya*" (skor 7).

Salah satu cara terbaru untuk menganalisis apakah sebuah kondisi kerja telah ergonomis adalah dengan pendekatan *virtual environment*. *Virtual environment* (VE) adalah representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer, yaitu suatu representasi yang memungkinkan penggunaannya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis sesuai dengan keadaan lingkungan nyata [9]. VE telah digunakan sebagai alat kajian ergonomi, meliputi kajian terhadap teknik umpan balik pendengaran untuk membantu *material handling* [10], perbandingan pergerakan rotasi di dunia nyata dengan pergerakan di VE [11], dan analisis persepsi dan respon manusia terhadap *landscape* [12]. JackTM adalah *Human Simulation and Ergonomic Software* yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai ergonomis dari produk maupun metode kerja. *Software* ini memungkinkan penggunaannya untuk memposisikan model biomekanikal manusia secara akurat, dalam berbagai ukuran antropometri tubuh manusia, di dalam sebuah VE [13].

Penelitian ini berupaya mengkaji, dalam lingkungan virtual, aspek ergonomi dari empat divisi yang ada di industri garmen; divisi pemotongan, divisi jahit, divisi kancing, dan divisi *finishing*. Tiap-tiap divisi menghasilkan beban kerja yang berbeda karena dipengaruhi beberapa faktor yang berbeda pula untuk tiap-tiapnya, yaitu, urutan metode kerja, mesin yang dipakai, posisi kerja, dan lingkungan. Tujuan dari

penelitian ini adalah memberikan penilaian terhadap kondisi kerja riil di industri garmen berdasarkan kajian ergonomi. Penelitian ini memperkaya khasanah keilmuan ergonomi di Indonesia karena merupakan penelitian pertama di Indonesia yang mengaplikasikan pendekatan *virtual environment* untuk analisis ergonomi di dunia industri.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, kegiatan yang ada pada industri garmen dimodelkan dengan *software* Jack 6.0, kemudian dianalisis dengan pendekatan *posture evaluation index* (PEI) [14]. PEI adalah sebuah pendekatan yang mengintegrasikan 3 metode analisis ergonomi, yaitu LBA, OWAS, dan RULA. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pada pendekatan PEI.

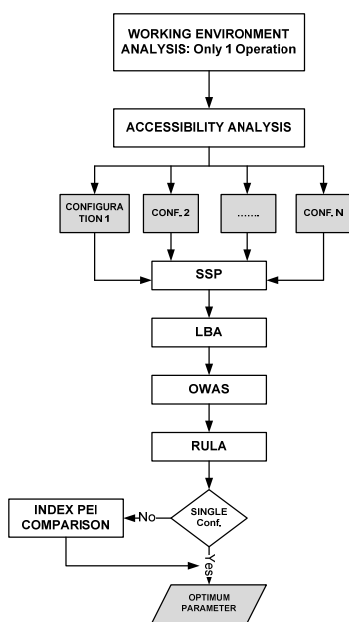
Penelitian dilakukan melalui observasi langsung ke perusahaan eksportir produk-produk garmen dengan jumlah pekerja mencapai 450 orang. Observasi dilakukan pada 4 buah divisi yang ada; divisi pemotongan (3 stasiun kerja), divisi *sewing* (4 stasiun kerja), divisi kancing (3 stasiun kerja), dan divisi *finishing* (4 stasiun kerja). Tujuannya untuk mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi kerja yang ada pada setiap stasiun kerja dan menentukan variabel-variabel yang akan dijadikan objek penelitian.

Langkah berikutnya adalah pengumpulan data yang akan digunakan untuk membuat VE. VE akan merepresentasikan kondisi tempat kerja seperti di dunia nyata sehingga dibutuhkan data bentuk dan ukuran mesin dan alat. Pengumpulan data ini dilakukan dengan pengukuran langsung dan pengambilan foto-foto dari

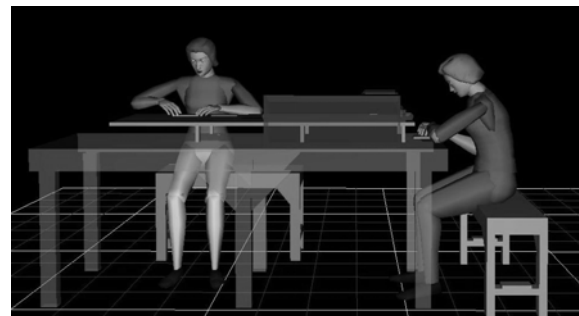
observasi lapangan. Data ini akan digunakan untuk membuat mesin dan alat dalam *software* AutoCAD. Setelah objek CAD tersebut jadi maka objek tersebut akan diimpor ke dalam Jack.

Langkah selanjutnya adalah memasukan model manusia digital ke dalam VE. Model manusia digital ini akan bertindak sebagai operator seperti layaknya di dunia nyata. Untuk membuat model manusia digital ini maka dibutuhkan data antropometri pekerja industri garmen. Jack memungkinkan *user* untuk memasukan data antropometri sehingga ukuran manusia digital yang dimasukan dalam VE dapat merepresentasikan ukuran manusia yang sesungguhnya. Model manusia digital yang telah dimasukan dalam VE *software* Jack akan diberikan tugas agar bekerja seperti operator sesungguhnya. Pemberian tugas pada model digital manusia pada VE ini akan difasilitasi dengan data rekaman video operasi dan postur kerja yang dikerjakan operator sesungguhnya. Gambar 2, 3, 4, dan 5 menunjukkan VE pada tiap divisi yang diteliti.

Setelah simulasi dijalankan oleh *software* Jack maka akan dilakukan 4 tahap analisis yang terdapat pada Jack *Task Analysis Toolkit* (TAT). Analisis yang pertama adalah analisis dengan menggunakan *tool* *Static Strength Prediction* (SSP). Pekerjaan dapat



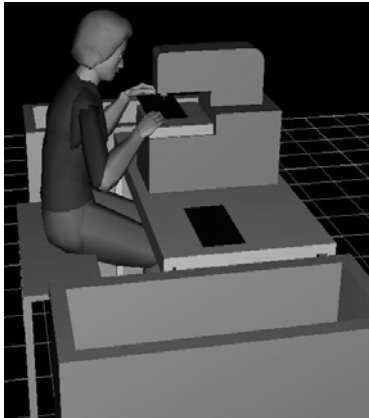
Gambar 1. Diagram Alir Pendekatan PEI



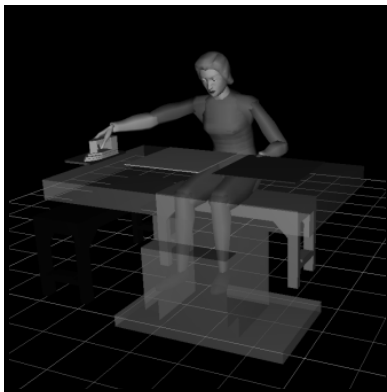
Gambar 2. VE Divisi Pemotongan



Gambar 3. VE Divisi Jahit



Gambar 4. VE Divisi Kancing



Gambar 5. VE Divisi Finishing

dipertimbangkan untuk tahap analisis selanjutnya jika nilai skor SSP yang dikeluarkan *software* Jack minimal 90%. Pekerjaan yang memiliki skor SSP di bawah 90% tidak akan dianalisis lebih lanjut.

Analisis yang kedua adalah LBA. LBA mengevaluasi secara *real time* beban yang diterima oleh bagian tulang belakang model manekin saat melakukan tugas yang diberikan. Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standar NIOSH yaitu 3400 N. Setelah analisis LBA dilakukan maka dilanjutkan dengan analisis OWAS. OWAS akan mengevaluasi tingkat kenyamanan model manekin ketika melakukan suatu pekerjaan. Analisis yang terakhir adalah RULA. RULA digunakan untuk mengevaluasi kualitas postur tubuh dan risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas model manekin.

Langkah terakhir adalah perhitungan skor PEI. Skor PEI adalah jumlah dari tiga buah variabel tanpa dimensi I_1 , I_2 , dan I_3 . I_1 adalah hasil normalisasi dari nilai analisis LBA dengan batas tekanan kompresi NIOSH (3400 N). I_2 dan I_3 adalah hasil normalisasi dari nilai analisis OWAS dengan nilai dengan nilai kritisnya ("4") dan nilai analisis RULA dengan nilai kritisnya ("7") [15].

$$PEI = I_1 + I_2 + mr.I_3 \quad (1)$$

dengan:

$I_1 = LBA/3400$ N, $I_2 = OWAS/4$, $I_3 = RULA/7$, dan mr adalah *amplification factor* dengan nilai 1,42.

Definisi PEI dan penggunaan LBA, OWAS dan RULA adalah berdasarkan konsep faktor risiko dari operasi kerja. Suatu operasi kerja memiliki lima faktor risiko, yaitu: repetisi (*repetition*), frekuensi (*frequency*), postur (*posture*), usaha (*effort*), dan waktu pemulihan (*recovery time*). Berdasarkan konsep tersebut maka hal-hal yang perlu diperhatikan ketika menganalisis suatu postur adalah evaluasi kekuatan kompresi terhadap L_4 dan L_5 *lumbar disks* (penentuan I_1), evaluasi tingkat ketidaknyamanan postur kerja (penentuan I_2), dan evaluasi tingkat kelelahan dari tubuh bagian atas. Jika dilihat dari pertimbangan yang digunakan maka tubuh bagian atas menjadi perhatian utama, hal ini disebabkan karena tubuh bagian atas mengeluarkan usaha terbesar ketika seseorang melakukan suatu gerakan. Karena mengeluarkan usaha terbesar maka tubuh bagian atas juga sangat rentan mengalami luka dan juga lebih mudah terkena penyakit musculoskeletal. Alasan ini pula yang membuat adanya faktor amplifikasi "Mr" sebesar 1,42 dalam rumus PEI. Postur paling ergonomis yang didapatkan adalah postur dengan nilai PEI paling rendah dan sebaliknya, postur dengan nilai PEI tertinggi adalah postur yang paling tidak ergonomis.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan Pembahasan Divisi Pemotongan. Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan nilai PEI pada divisi pemotongan.

Berdasarkan *low back analysis*, seluruh kegiatan yang terdapat pada divisi pemotongan berada di bawah batas standar NIOSH yaitu 3400 N. Sehingga dapat dikatakan bawah tekanan yang diterima tulang belakang pekerja divisi pemotongan tidak mengakibatkan risiko yang tinggi yang dapat menyebabkan cedera.

Hasil nilai OWAS menunjukkan bahwa secara umum, postur kerja yang terbentuk berada dalam kondisi normal dan tidak memerlukan langkah koreksi. Hanya

Tabel 1. Perhitungan Nilai PEI Divisi Pemotongan

Stasiun Kerja	Perhitungan Nilai			
	LBA (Newton)	OWAS	RULA	PEI
Mesin Potong Otomatis	473	1	4	1.201
Mesin Potong Tangan	1803	2	7	2.450
Mesin Press	722	1	7	1.882

mesin potong tangan yang menunjukkan angka 2 yang menandakan bahwa postur pada stasiun kerja tersebut memungkinkan menimbulkan rasa sakit pada sistem muskuloskeletal, tetapi tidak diperlukan langkah perbaikan yang segera.

Perhitungan nilai RULA menunjukkan bahwa stasiun kerja mesin potong tangan relatif lebih ergonomis dibandingkan dua stasiun kerja yang lain. Angka 4 dalam penilaian RULA untuk stasiun kerja ini menunjukkan bahwa terdapat resiko yang harus diinvestigasi lebih lanjut. Kondisi yang berbeda terjadi di stasiun mesin potong tangan dan mesin *press*. Kondisi tubuh bagian atas pada kedua stasiun kerja ini mengakibatkan risiko yang tinggi pada sistem muskuloskeletal. Risiko ini harus segera diinvestigasi dan diberi perbaikan.

Secara keseluruhan, stasiun kerja mesin potong otomatis memiliki nilai PEI terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa stasiun kerja tersebut merupakan stasiun kerja yang paling ergonomis pada divisi pemotongan.

Hasil dan Pembahasan Divisi Jahit. Tabel 2 menunjukkan perhitungan nilai PEI pada rangkaian kegiatan yang ada pada tiap stasiun kerja di divisi jahit.

Hasil analisis *low back analysis* menunjukkan bahwa postur tulang belakang yang terbentuk pada tiap stasiun kerja berada dalam kondisi yang dapat diterima, yaitu menerima tekanan di bawah 3400 N. Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh pekerja pada divisi penjahitan tidak berisiko tinggi mengalami cedera pada tulang punggungnya akibat tekanan yang diterima.

Berdasarkan analisis OWAS, stasiun kerja pada divisi jahit terbagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama adalah stasiun kerja mesin obras dan mesin *bartex* yang memiliki nilai OWAS sebesar 2. Nilai ini menunjukkan bahwa postur yang terbentuk memungkinkan menimbulkan rasa sakit dan tidak diperlukan langkah koreksi yang harus segera dilakukan. Kelompok kedua adalah stasiun kerja mesin jahit dan mesin *make up* yang memiliki nilai OWAS sebesar 3. Nilai ini menandakan bahwa postur yang terbentuk memberikan rasa sakit dan langkah perbaikan harus dilakukan sesegera mungkin.

Tabel 2. Perhitungan Nilai PEI Divisi Jahit

Stasiun Kerja	Perhitungan Nilai			
	LBA (Newton)	OWAS	RULA	PEI
Mesin Jahit	1083	3	4	2.083
Mesin Obras	916	2	7	1.987
Mesin Bartex	836	2	7	1.760
Mesin Make-Up	981	3	6	2.256

Kemudian, hasil analisis RULA menunjukkan bahwa keempat stasiun kerja pada divisi jahit berada dalam kategori nilai RULA yang sama. Nilai 5 pada mesin jahit dan mesin *bartex* serta nilai 6 pada mesin obras dan mesin *make up* sama menunjukkan bahwa tubuh bagian atas pekerja memiliki risiko cedera muskuloskeletal yang harus diinvestigasi lebih lanjut dan harus dilakukan perbaikan yang menyeluruh di dalamnya.

Dari perhitungan nilai PEI dapat disimpulkan, stasiun kerja mesin *bartex* adalah stasiun kerja yang paling ergonomis pada divisi jahit karena memiliki nilai PEI yang paling kecil.

Hasil dan Pembahasan Divisi Kancing. Tabel 3 menyajikan rekapitulasi perhitungan PEI pada 3 buah stasiun kerja yang ada pada divisi kancing.

Tabel 3 menunjukkan bahwa semua nilai LBA pada tiap stasiun kerja divisi kancing berada di bawah standar NIOSH. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan yang dirasakan oleh tulang belakang pekerja masih dapat diterima.

Dari hasil OWAS, secara umum dapat dikatakan bahwa postur kerja yang terbentuk pada kegiatan yang ada memungkinkan untuk menimbulkan rasa sakit dan tidak memerlukan koreksi sesegera mungkin. Kecuali pada stasiun kerja mesin *taking* yang menunjukkan nilai sebesar 3. Hal ini menunjukkan bahwa postur kerja pada stasiun kerja ini memberikan rasa sakit pada pekerja dan memerlukan langkah koreksi sesegera mungkin.

Berdasarkan hasil RULA, dapat dikatakan bahwa secara umum risiko yang terjadi pada tubuh bagian atas pekerja divisi kancing harus diinvestigasi lebih lanjut. Kecuali pada mesin *reece*. Langkah perbaikan yang cepat diperlukan untuk menanggulangi risiko yang ada.

Secara keseluruhan terlihat bahwa stasiun kerja mesin *snap* memiliki nilai PEI terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa stasiun ini merupakan stasiun kerja yang paling ergonomis.

Hasil dan Pembahasan Divisi Finishing. Tabel 4 memperlihatkan hasil perhitungan nilai PEI pada divisi *finishing*.

Tabel 3. Perhitungan Nilai PEI Divisi Kancing

Stasiun Kerja	Perhitungan Nilai			
	LBA (Newton)	OWAS	RULA	PEI
Mesin Snap	680	2	4	1.511
Mesin Taking	766	3	4	1.787
Mesin Reece	766	2	6	1.942

Tabel 4. Perhitungan Nilai PEI Divisi Jahit

Stasiun Kerja	Perhitungan Nilai			
	LBA (Newton)	OWAS	RULA	PEI
Pencabutan Benang	998	2	7	2.214
Mesin Sedot Debu	740	2	3	1.326
Penyetrikaan	1041	2	5	1.820
Pelipatan dan Pembungkusan	1000	2	4	1.606

Berdasarkan nilai LBA, dapat disimpulkan bahwa semua kegiatan kerja yang ada di divisi *finishing* relatif aman bagi tulang belakang pekerja. Hal ini terlihat dari nilai LBA semua stasiun kerja yang berada dalam batas aman standar NIOSH.

Hasil analisis OWAS menunjukkan semua stasiun kerja pada divisi ini memiliki nilai sebesar 2. Hal ini menunjukkan bahwa postur kerja yang terbantu dapat memberikan rasa sakit, tetapi tidak memerlukan langkah koreksi yang sesegera mungkin.

Hasil RULA menunjukkan bahwa kondisi tubuh bagian atas pada tiap stasiun kerja berada dalam kondisi yang berbeda. Stasiun kerja mesin sedot debu adalah yang paling dengan nilai RULA sebesar 3. Kemudian diikuti dengan stasiun kerja pelipatan dan pembungkusan yang memiliki nilai sebesar 4. Risiko yang terdapat pada keduanya harus diinvestigasi lebih lanjut. Sedangkan stasiun kerja penyetrikaan menunjukkan angka 5 yang mengindikasikan bahwa terdapat risiko yang harus diinvestigasi dan diberi perbaikan dengan cepat. Terakhir, stasiun kerja pencabutan benang memiliki risiko yang paling tinggi pada tubuh bagian atas karena memiliki nilai yang paling tinggi (7). Risiko yang ada harus segera diinvestigasi dan dilakukan perbaikan di dalamnya.

4. Simpulan

Penelitian ini berupaya mengkaji aspek ergonomi dari empat divisi yang ada pada industri garmen; divisi pemotongan, divisi jahit, divisi kancing, dan divisi *finishing* menggunakan pendekatan *virtual environment*. *Posture Evaluation Index* (PEI) digunakan sebagai alat untuk membandingkan nilai ergonomis dari tiap stasiun kerja yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stasiun kerja mesin potong otomatis, stasiun kerja mesin bartex, stasiun kerja mesin snap, dan stasiun kerja mesin sedot debu merupakan stasiun kerja yang paling ergonomis pada divisinya masing-masing. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi kerja yang terdapat pada industri garmen masih memiliki risiko yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan muskuloskeletal pada para pekerja industri ini.

Penelitian ini memperkaya khasanah keilmuan ergonomi di Indonesia karena merupakan penelitian pertama di Indonesia yang mengaplikasikan pendekatan *virtual environment* untuk analisis ergonomi di dunia industri. Tetapi penelitian ini memiliki dua keterbatasan utama. Yang pertama, penelitian ini hanya berfokus pada analisis ergonomi terhadap kondisi kerja yang ada di industri garmen. Industri garmen memiliki karakteristik kondisi kerja yang berbeda dengan jenis industri lainnya, sehingga hasil penelitian ini tidak dapat mewakili gambaran kondisi kerja yang ada di jenis industri lainnya. Yang kedua, perbaikan kondisi kerja yang diajukan barulah terbukti berdasarkan hasil simulasi. Hal ini tentu saja belum membuktikan bahwa hasil penelitian ini bermanfaat langsung pada perbaikan kondisi pekerja di dunia riil.

Dua keterbatasan di atas memunculkan agenda-agenda penelitian di masa yang akan datang. Analisis ergonomi dengan menggunakan *Virtual Environment* dapat dilakukan di berbagai macam jenis industri selain industri garmen, seperti industri manufaktur dan industri tambang. Selain itu, upaya pembuktian hasil rekomendasi simulasi ke dunia nyata menjadi penting, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara dampak perbaikan yang dihasilkan dalam simulasi dengan dampak perbaikan yang sesungguhnya di lapangan.

Daftar Acuan

- [1] R.S. Bridger, Introduction to Ergonomics, 2nd ed., Taylor & Francis, New York, 2003, p.548.
- [2] Ergonomics In The Garment Manufacturing Industry, Work Safe Bulletin, No 188. www.safemanitoba.com/uploads/bulletins/bltn188.pdf, 1997
- [3] L. Punnet, Wegman, H. David. J. Electromyography and Kinesiology 14 (2004) 13.
- [4] M. Hagberg, P. Buckle, L. Fine, A. Franzblau, Å. Kilbom, E. Menckel, L. Punnett, H. Riihimäki, B. Silverstein, E.V. Juntura, In: P. Seppälä, T. Luopajarvi, H. Nygård, M. Mattila, (Eds.), WMSDs: A Reference Book for Prevention, Taylor & Francis, London, 1997, p.6.
- [5] N. Adiputra, A. Manuaba, H. Purnomo, ejournal.unud.ac.id/abstrak/e_journal_hari_purnomo.doc, 2006.
- [6] Task Analysis Toolkit (TAT) for Jack. Siemens PLM Software. <http://www.siemens.com/plm>, 2008.
- [7] W. Karwowski, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factor, Taylor and Francis, New York, 2001, p.3299.
- [8] L. McAtamney, N. Corlett, Appl. Ergonomics. 1993, p.91.
- [9] R. Kalawsky, The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company, Wokingham, UK, 1993, p.396.

- [10] D.T. Pham, A. Ghanbarzadeh, E. Koc, S. Otri, M. Zaidi, 2nd I*PROMS Virtual International Conference 3/14 (2006) 425.
- [11] M. Tlauka, Computers in Human Behavior 23 (2007) 515.
- [12] I.D. Bishop, J.R. Wherrett, Landscape and Urban Planning 52 (2001) 225.
- [13] UGS The PLM Company, E-Factory JACK 2004, http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/ab_out_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=25686&ComponentTemplate=822, 2009.
- [14] F. Caputo, G.D. Gironimo, A. Marzano, Acta Polytechnica 46 (2006) 22.
- [15] G.D. Gironimo, G. Monacelia, S.A. Patalano, International Design Conference–Design, Dubrovnik, 2004, p.4.