

ANALISIS KETIGGIAN MEJA KERJA YANG IDEAL TERHADAP POSTUR PEKERJA DIVISI *CUTTING* INDUSTRI GARMEN DENGAN *POSTURE EVALUATION* (PEI) PADA *VIRTUAL ENVIROMENT*

Boy Nurtjahyo, Erlinda Muslim, Akhmad Hidayatno,
Nandyka Yogamaya, dan Zulkarnain

Staf Pengajar, Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia, Depok
Mahasiswa, Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia, Depok
Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia

Depok, 16424

Telp: 021-78888805, 021-78884805, Fax: 021-78885656,

boymoch@eng.ui.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mencoba untuk mengimplementasikan suatu metodologi untuk mempelajari, dalam lingkungan virtual, aspek ergonomi dari suatu tempat kerja di industri garmen. Variabel tempat kerja yang diteliti dalam penelitian ini adalah ketinggian meja kerja. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan konfigurasi ketinggian meja yang ideal bagi pekerja divisi cutting industri garmen. Tool yang digunakan dalam menyelesaikan skripsi ini adalah Posture Evaluation Index yang mengintegrasikan skor Low Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture (OWAS), dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Penentuan konfigurasi yang ideal dilakukan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan dan posisi kerja ketika melakukan pekerjaan tersebut, apakah dalam posisi duduk atau berdiri. Analisis dilakukan dengan menggunakan model manusia digital yang disediakan software Jack pada virtual environment. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dalam merancang tempat kerja yang lebih baik secara ergonomis.

Kata kunci : Ergonomi, Virtual Environment, Divisi Cutting Industri Garmen, Posture Evaluation Index

Abstract

The research deals with the implementation of a methodology in order to study, in a virtual environment, the ergonomics of a work cell in garment industry. The work cell's variable studied in this research is table height. The goal of this research is to determine an ideal table height for the workers of cutting division in garment industry. The tool to conduct this research is called Posture Evaluation Index (PEI) which integrates the score of Low Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture (OWAS), dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA). The Determination of table height configuration is based on type of work and work position (standing or sitting). The research uses digital human model form Jack software in a virtual environment. The result from this research can be a reference for future work cell design.

Keywords: *Ergonomics, Virtual Environment, Cutting Division of Garment Industry, Posture Evaluation Index*

PENDAHULUAN

Pekerjaan di industri garmen menuntut ketelitian cukup tinggi dengan karakteristik pekerjaan yang umumnya meliputi antara lain 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 serta harus melakukan pekerjaan yang berulang-ulang pada hanya satu jenis otot sehingga sangat berpotensi menimbulkan CTD (*Cumulative Trauma Disorders*) atau RSI (*Repetitive Strain Injuries*). Untuk itu desain tempat kerja

di industri garmen sangat berpengaruh signifikan terhadap kinerja pekerja.

Desain tempat kerja sangat bergantung pada jenis pekerjaan dan alat atau fasilitas yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan operasi kerja. Salah satu divisi yang termasuk dalam departemen produksi industri garmen adalah divisi *cutting*. Pada divisi *cutting* ini umumnya terdapat tiga mesin yang digunakan oleh para pekerja. Ketiga mesin ini adalah mesin potong otomatis, mesin potong tangan, dan mesin press. Operasi mesin potong dilakukan dalam posisi kerja berdiri, sedangkan untuk operasi kerja mesin press dilakukan dalam posisi kerja duduk. Jika dilihat dari desain tempat kerja, maka salah satu faktor yang menentukan kenyamanan pekerja adalah tinggi meja kerja yang digunakan. Analisis ergonomi ini dilakukan untuk menentukan ketinggian meja kerja yang ideal terhadap postur pekerja. Definisi ideal dalam penelitian ini berarti ketinggian meja kerja yang digunakan bertujuan mengurangi risiko ergonomi seperti timbulnya kelelahan atau penyakit akibat aktivitas kerja.

Hasil rancangan penelitian ini akan disimulasikan dengan *software* Jack pada *virtual environment* dengan menggunakan model manusia *digital*. Penggunaan ini untuk mensimulasikan realita perilaku fisik pekerja industri garmen secara lebih fleksibel. Keuntungan dari kegiatan simulasi ini adalah mampu menekan biaya *mockup testing*, meminimalisasi risiko kerja pada subjek hidup, dan memperpendek jangka waktu simulasi ergonomi pada proses sistem kerja. Dengan usulan perbaikan sistem kerja yang ergonomis melalui model simulasi manusia *virtual*, diharapkan kesehatan dan keselamatan pekerja meningkat sehingga pekerja dapat bekerja dengan nyaman dan meningkatkan produktivitas kerja pada divisi *cutting* industri garmen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan melakukan observasi lapangan untuk mempelajari alur operasi kerja di divisi

cutting. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan simulasi dengan menggunakan model manusia *digital* pada *virtual environment* (VE). Simulasi tersebut dilakukan dengan menggunakan *software* Jack. Dari hasil *report* yang dikeluarkan oleh *software* Jack maka dapat dilakukan analisis ergonomi dengan menggunakan *tool* yang disebut dengan *Posture Evaluation Index* (PEI). PEI akan menghasilkan satu nilai tunggal yang digunakan untuk menilai kualitas dari postur kerja tunggal dengan mengintegrasikan nilai LBA (*Low Back Analysis*), OWAS (*Ovako Working Posture Analysis*), dan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terutama berupa data input *software* Jack 6.0 karena pengolahan data dilakukan dengan mengaplikasikan *software* tersebut. Ketika menggunakan *software* Jack, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat VE. VE yang didapat dari divisi *cutting* akan merepresentasikan kondisi tempat kerja seperti di dunia nyata sehingga dibutuhkan data bentuk dan ukuran mesin. Pengumpulan data ini dilakukan dengan pengukuran langsung dan pengambilan foto-foto mesin. Data ini akan digunakan untuk membuat mesin-mesin divisi *cutting* dalam *software* AutoCAD. Setelah objek CAD tersebut jadi maka objek tersebut akan diimpor ke dalam *software* Jack. Setelah VE selesai dibuat 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 dibutuhkan data antropometri pekerja industri garmen. Jack memungkinkan *user* untuk memasukan data antropometri sehingga ukuran manusia *digital* yang dimasukan dalam VE 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 menggunakan data rekaman video operasi dan postur kerja yang dikerjakan operator sesungguhnya. Gambar 1 di bawah ini merupakan tampilan *virtual environment* divisi *cutting* yang dibuat dalam *software* Jack.



Gambar 1. Virtual Environment Divisi Cutting

Setelah simulasi ini dijalankan oleh *software* Jack maka akan dilakukan 4 tahap analisis. Analisis yang pertama adalah analisis dengan menggunakan *tool Static Strength Prediction* (SSP) dari *Jack Task Analysis Toolkit* (TAT) yang disediakan oleh *software* Jack. Analisis tersebut menilai apakah pekerjaan yang dilakukan dapat dipertimbangkan dalam analisis selanjutnya, dimana untuk tahap analisis selanjutnya yaitu jika nilai skor SSP yang dikeluarkan *software* Jack minimal 90%. Pekerjaan yang memiliki skor SSP di bawah 90% tidak akan dapat dianalisa lebih lanjut. Analisis yang kedua adalah LBA. Analisa ini 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 *standard* NIOSH yaitu 3400 N. Setelah analisis LBA dilakukan maka dilanjutkan dengan OWAS. OWAS sendiri akan mengevaluasi tingkat kenyamanan pekerja ketika melakukan suatu pekerjaan, dimana analisis yang

dikeluarkan oleh OWAS juga memberikan rekomendasi perlunya perbaikan postur kerja atau tidak. Analisis yang terakhir adalah RULA. RULA ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas postur tubuh bagian atas serta mengidentifikasi risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas.

Sebelumnya telah disebutkan bahwa PEI mengintegrasikan hasil dari LBA, OWAS, dan RULA yang dikeluarkan oleh *software* Jack. PEI menjumlahkan tiga variabel dimensional I1, I2, dan I3. Variabel I1 didapat dengan menormalisasikan skor LBA dengan batas aman kekuatan kompresi yang dapat diterima manusia. Nilai batas aman yang digunakan dalam metode ini merujuk pada nilai yang dikeluarkan oleh NIOSH sebesar 3400 N. Variabel I2 dan I3 adalah sama dengan indeks OWAS dinormalisasikan dengan nilai maksimumnya yaitu sebesar 4 dan indeks RULA dinormalisasi dengan angka 7 (batas maksimum tingkat ketidaknyamanan bagian tubuh atas manusia). Namun khusus untuk I3, hasil yang didapat dikalikan dengan *amplification factor* "mr". Perhitungan nilai PEI dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai I1, I2, dan I3 ke dalam persamaan PEI terlihat pada persamaan 1

$$PEI = I1 + I2 + I3 \cdot Mr \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7}$$

$$PEI = (\text{Skor LBA}/3400) + (\text{Skor OWAS}/4) + (\text{Skor RULA}/7 \times 1,42)$$

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 L4 dan L5 *lumbar disks* (penentuan I1), evaluasi tingkat ketidaknyamanan postur kerja (penentuan I2), 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. Sebaliknya, semakin besar nilai I1, I2, dan I3 maka akan semakin besar pula nilai PEI yang menunjukkan semakin tidak nyamannya postur kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dengan menggunakan *tool* PEI dilakukan setelah menjalankan simulasi operasi mesin kerja divisi *cutting* pada kondisi aktual. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penilaian ergonomi terhadap postur pekerja ketika bekerja pada kondisi tempat kerja yang ada. Variabel yang dilihat dari tempat kerja ini difokuskan pada ketinggian meja kerja. Pemilihan variabel ketinggian meja kerja dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuan *software* serta peralatan yang tersedia. Simulasi operasi kerja mesin potong otomatis dan mesin press dilakukan dengan menggunakan 2 model manusia *digital* berjenis kelamin wanita, sedangkan simulasi untuk mesin potong tangan dilakukan dengan menggunakan model manusia *digital* berjenis kelamin pria. Operator mesin potong otomatis dan mesin potong tangan melakukan pekerjaannya dalam posisi kerja berdiri sedangkan operator mesin press dalam posisi kerja duduk. Tabel 1 menunjukkan rekapitulasi nilai PEI setiap operator pada kondisi aktual. Setelah dilakukan analisis kondisi aktual maka langkah selanjutnya adalah menentukan konfigurasi ketinggian meja kerja. Konfigurasi ini bertujuan agar penelitian dapat menghasilkan suatu rekomendasi

ketinggian meja kerja yang paling ergonomis terhadap postur pekerja divisi *cutting* industri garmen. Apabila ketinggian permukaan meja kerja terlalu tinggi maka mengakibatkan bahu dan lengan atas akan terangkat ke dalam posisi tidak nyaman yang dapat menyebabkan kelelahan dan nyeri otot. Sedangkan apabila ketinggian permukaan meja kerja terlalu rendah, leher dan kepala akan tertunduk sehingga dapat mengakibatkan tulang belakang dan otot menegang. Ketika bekerja dalam posisi berdiri maka semua objek yang berkaitan dengan pekerjaan yang sedang dilakukan harus berada pada ketinggian antara pinggul dan bahu. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi *postural stress* yang terjadi akibat posisi tangan yang terlalu tinggi. Prinsip ini harus dipertimbangkan ketika mendesain meja kerja untuk pekerjaan yang dilakukan dalam posisi berdiri. Untuk posisi kerja berdiri maka ketinggian meja kerja yang ideal adalah 4 inci, 5 inci dan 6 inci di bawah tinggi siku [5].

Sedangkan untuk pekerjaan yang dilakukan dalam posisi duduk, khususnya untuk industri garmen, maka ketinggian meja yang dianjurkan adalah 5 cm, 10 cm dan 15 cm di atas tinggi siku [6]. Untuk pekerjaan yang dilakukan dalam posisi duduk maka selain tinggi meja kerja perlu diperhatikan juga tinggi kursi kerja. Ketinggian kursi kerja disesuaikan dengan ketinggian meja kerja. Perhitungan kursi kerja yang ideal dengan tinggi meja kerja dilakukan dengan mengurangi tinggi meja kerja yang didapat dengan tinggi siku. Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi tinggi meja setelah dilakukan konfigurasi.

Analisis Mesin Potong Otomatis

Analisis PEI model operator 1 dan 2 mesin potong otomatis menghasilkan konfigurasi optimum yang berbeda. Model operator 1 menghasilkan nilai PEI minimum pada konfigurasi 6 inci (15.24 cm) di bawah tinggi siku, sedangkan model operator 2 menghasilkan nilai PEI minimum pada konfigurasi 4 inci (10.16 cm) di bawah

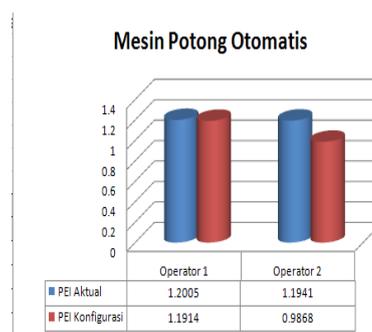
tinggi siku. Untuk mendapatkan solusi paling ergonomis yang menjembatani kebutuhan kedua operator pada operasi mesin yang sama maka analisis perbandingan keseluruhan PEI dilakukan. Tabel 3 menunjukkan perbandingan nilai PEI setiap konfigurasi pada mesin potong otomatis. Dari perbandingan nilai PEI, maka diketahui perubahan nilai PEI yang paling signifikan untuk konfigurasi mesin potong otomatis terjadi pada model operator 2 dengan konfigurasi 4 inci di bawah tinggi siku. Dengan mempertimbangkan bahwa perubahan nilai PEI yang paling signifikan adalah pada model operator 2 dengan konfigurasi 4 inci di bawah siku maka dilihat hasil PEI model operator 1 untuk konfigurasi yang sama. Hasil PEI model operator 1 untuk konfigurasi 4 inci di bawah tinggi siku menunjukkan nilai PEI yang juga sedikit lebih baik dibandingkan dengan kondisi aktual dan juga tidak terlalu jauh berbeda dengan konfigurasi 6 inci di bawah tinggi siku. Oleh karena itu, untuk konfigurasi mesin potong otomatis dengan perubahan variable tinggi meja maka solusi yang paling ergonomis untuk kedua model operator adalah dengan menggunakan meja pada ketinggian 4 inci di bawah tinggi siku. Gambar 2 di bawah ini merupakan diagram perbandingan nilai PEI optimum dan aktual pada mesin potong otomatis.

Analisis Mesin Potong Tangan

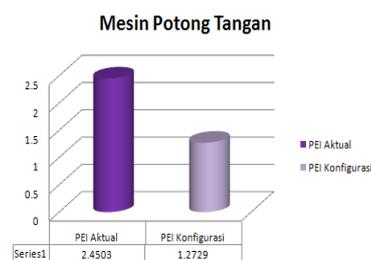
Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke konfigurasi menunjukkan perubahan yang sangat signifikan. Pengurangan yang signifikan ini disebabkan oleh berkurangnya momen yang terjadi pada L4-L5 spinal tulang belakang karena batang tubuh operator saat simulasi konfigurasi 5 inci tidak mengalami pembungkukan dan pemutaran batang tubuh seperti saat kondisi aktual. Permukaan tinggi meja kerja menjadi semakin tinggi setelah dilakukan konfigurasi. Permukaan kerja yang semakin tinggi ini membuat operator tidak perlu banyak membungkukan (*flexion*) dan memutar

badan (*twist*) ketika bekerja sehingga nilai momen yang terjadi pada L4-L5 spinal tulang belakang berkurang. Momen ini mengurangi resiko terjadinya penyakit pada tulang belakang (*low back pain*). Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai PEI setiap konfigurasi yang terdapat pada mesin potong tangan.

Ketiga konfigurasi yang disimulasikan pada model operator mesin potong tangan sebenarnya memberikan hasil yang cukup signifikan. Namun seperti di antara ketiga konfigurasi tersebut yang memberikan nilai PEI paling minimum adalah konfigurasi dengan perubahan variabel meja 5 inci di bawah tinggi siku. Karena alasan inilah maka konfigurasi 5 inci di bawah tinggi siku menjadi pilihan yang paling tepat untuk dijadikan rekomendasi perbaikan ergonomi pada stasiun kerja mesin potong tangan dibandingkan konfigurasi lainnya. Gambar 3 merupakan diagram perbandingan nilai PEI optimum dan aktual pada mesin potong tangan.



Gambar 2. Diagram Perbandingan Nilai PEI Optimum dan Aktual Pada Mesin Potong Otomatis



Gambar 3. Diagram Perbandingan Nilai PEI Optimum dan Aktual Pada Mesin Potong Tangan

Analisis Mesin Press

Analisis PEI model operator 1 dan 2 mesin press menghasilkan konfigurasi optimum yang berbeda. Model operator 1 menghasilkan nilai PEI minimum pada konfigurasi 5 cm di atas tinggi siku, sedangkan model operator 2 menghasilkan nilai PEI minimum pada

konfigurasi 10 cm di atas tinggi siku. Untuk mendapatkan solusi paling ergonomis yang menjembatani kebutuhan kedua operator pada operasi mesin yang sama maka analisis perbandingan keseluruhan PEI dilakukan. Tabel 5 menunjukkan perbandingan nilai PEI setiap konfigurasi pada mesin *press*.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai PEI Setiap Operator Pada Kondisi Aktual

Operasi Kerja	Posisi Kerja	Operator	SSP	LBA	OWAS	RULA	PEI
Mesin Potong Otomatis	berdiri	1	100	473	1	4	12005
Mesin Potong Otomatis	berdiri	2	200	451	1	4	11942
Mesin Potong Tangan	berdiri	1	98	1803	2	7	24503
Mesin Press	duduk	1	200	722	1	7	18824
Mesin Press	duduk	2	200	633	2	5	17005

Tabel 2. Rekapitulasi Tinggi Meja Setelah Konfigurasi

No	Stasiun Kerja	Posisi Kerja	Tinggi Meja Aktual (cm)	Konfigurasi Tinggi Meja	Tinggi Siku (cm)	Tinggi Meja Konfigurasi (cm)	Selisih (cm)
1			84	20.36 cm di bawah tinggi siku	96.6	86.44	2.44
2	mesin potong otomatis	berdiri	84	32.7 cm di bawah tinggi siku	96.6	83.9	(0.30)
3			84	35.24 cm di bawah tinggi siku	96.6	81.36	(2.54)
4			84	30.26 cm di bawah tinggi siku	105.3	94.34	10.34
5	mesin potong tangan	berdiri	84	32.7 cm di bawah tinggi siku	105.3	91.8	7.80
6			84	25.24 cm di bawah tinggi siku	105.3	89.26	5.26
7			80	5 cm di atas tinggi siku	62.4	66.4	(13.60)
8	mesin press	duduk	80	20 cm di atas tinggi siku	62.4	71.4	(8.52)
9			80	25 cm di atas tinggi siku	62.4	76.4	(3.52)

Tabel 3. Perbandingan Nilai PEI Setiap Konfigurasi Pada Mesin Potong Otomatis

Konfigurasi	OPERATOR 1			OPERATOR 2		
	PEI Aktual	PEI Konfigurasi	Selisih	PEI Aktual	PEI Konfigurasi	Selisih
4 inci di bawah tinggi siku	1.2005	1.1914	0.0091	1.1941	0.9868	0.2073
5 inci di bawah tinggi siku	1.2005	1.2005	0.0000	1.1942	1.1941	0.0000
6 inci di bawah tinggi siku	1.2005	1.1873	0.0132	1.1941	1.1870	0.0072

Tabel 4. Perbandingan Nilai PEI Setiap Konfigurasi Pada Mesin Potong Tangan

Konfigurasi	PEI Aktual	PEI Konfigurasi	Selisih
4 inci di bawah tinggi siku	2.4503	1.2973	1.1530
5 inci di bawah tinggi siku	2.4503	1.2729	1.1774
6 inci di bawah tinggi siku	2.4503	1.2755	1.1747

Tabel 5. Perbandingan Nilai PEI Setiap Konfigurasi Pada Mesin Press

Konfigurasi	OPERATOR 1			OPERATOR 2		
	PEI Aktual	PEI Konfigurasi	Selisih	PEI Aktual	PEI Konfigurasi	Selisih
5 cm atas tinggi siku	1.8824	1.4328	0.4496	1.7005	1.1908	0.5097
10 cm di atas tinggi siku	1.8824	1.6333	0.2491	1.7005	1.1879	0.5126
15 cm di atas tinggi siku	1.8824	1.6357	0.2457	1.7005	1.1964	0.5041

Perubahan nilai PEI yang paling signifikan untuk konfigurasi mesin press terjadi pada model operator 2 dengan konfigurasi 10 cm di atas tinggi siku. Namun jika dilihat dari signifikansi perubahan PEI pada satu operator maka konfigurasi 5 cm di atas tinggi siku menghasilkan perubahan nilai PEI yang paling signifikan dibandingkan dengan konfigurasi 10 cm dan 15 cm untuk model operator 1. Selain itu, nilai-nilai PEI yang didapatkan melalui simulasi konfigurasi pada operator 2 tidak terlalu saling berbeda jauh atau dapat dikatakan bahwa hasil yang didapatkan dari setiap konfigurasi hampir mirip. Dengan mempertimbangkan hal itu, maka konfigurasi optimum yang digunakan untuk menjembatani kedua operator mesin press adalah konfigurasi 5 cm di atas tinggi siku. Konfigurasi 5 cm di atas tinggi siku menghasilkan nilai PEI yang paling optimum untuk model operator 1. Selain itu pemilihan konfigurasi ini hanya menimbulkan *trade-off* nilai PEI sebanyak 0.0029 untuk operator 2, dibandingkan jika konfigurasi 10 cm di atas siku yang dipilih dengan *trade-off* PEI sebesar 0.2005 untuk operator 1. Gambar 4 di bawah ini merupakan diagram perbandingan nilai PEI optimum dan aktual pada mesin *press*.

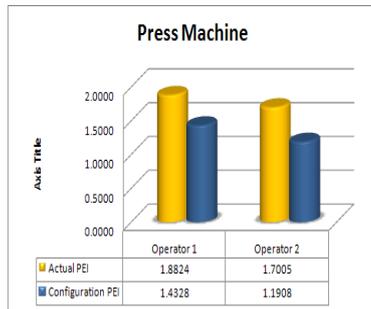
KESIMPULAN

Model operasi pekerjaan divisi *cutting* industri garmen telah dibuat pada sebuah *virtual environment* dengan menggunakan *software* Jack. Dari model operasi pekerjaan dan model manusia *digital* ini maka dapat dirancang suatu

desain tempat kerja yang ergonomis. Model operasi pekerjaan ini merepresentasikan operasi kerja mesin potong otomatis, mesin potong tangan dan mesin press dari industri garmen. Setelah dilakukan simulasi dan analisis hasil konfigurasi maka didapatkan konfigurasi paling ergonomis untuk mesin potong otomatis adalah 4 inci di bawah tinggi siku. Konfigurasi ini menghasilkan nilai PEI sebesar 1.1914 untuk operator 1 dan 0.9868 untuk operator 2. Nilai PEI kondisi aktual mesin potong otomatis adalah sebesar 1.2005 untuk model operator 1 dan 1.1941 untuk model operator 2. Tinggi meja yang ideal menurut konfigurasi ini adalah 86.44 cm, atau lebih tinggi 2.44 cm dari tinggi meja kerja aktual.

Konfigurasi paling ergonomis untuk mesin potong tangan adalah 5 inci di bawah tinggi siku. Konfigurasi ini menghasilkan nilai PEI sebesar 1.2729. Nilai PEI kondisi aktual mesin potong tangan sebelum dilakukan konfigurasi ini adalah sebesar 2.4503. Tinggi meja yang ideal menurut konfigurasi ini adalah 91.8 cm, atau lebih tinggi 7.8 cm dari tinggi meja kerja aktual. Konfigurasi paling ergonomis untuk mesin press adalah 5 cm di atas tinggi siku. Simulasi konfigurasi mesin press juga melibatkan perubahan variabel tinggi kursi kerja, tetapi perubahan tinggi kursi dalam konfigurasi mesin press bukanlah sebagai variabel utama karena perubahannya mengikuti perubahan tinggi meja. Konfigurasi 5 cm di atas tinggi siku menghasilkan nilai PEI sebesar 1.4328 untuk operator 1 dan 1.1908 untuk operator 2. Nilai PEI kondisi aktual mesin press adalah sebesar 1.8824 untuk model operator

1 dan 1.7005 untuk model operator 2. Tinggi meja yang ideal menurut konfigurasi ini adalah 66.4 cm, atau lebih rendah 13.6 cm dari tinggi meja kerja aktual.



Gambar 4. Diagram Perbandingan Nilai PEI Optimum dan Aktual Pada Mesin Press

DAFTAR PUSTAKA

1. NN, *Ergonomics In The Garment Manufacturing Industry*, (1997), Work Safe Buletin, No 188.
2. Caputo, F., Giuseppe Di Gironimo dan Adelaide Marzano, (2006), *Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment*, Acta Polytechnica, Vol. 46, No. 5/2006, p. 4.
3. Marzano, Adelaide., (2009), On-line interview.
4. Di Gironimo, Giuseppe, G Monacellia dan S.Patalano, (2004), *A Design Methodology For Maintainability of Automotive Components in Virtual Environment*, International Design Conference-Design 2004, Dubrovnik.
5. *Standing Workstation Guidelines*, (2009), http://www.scif.com/safety/ergo_matters/StandingGuidelines.html.
6. Balraj Singh Brar, Chandandeep Singh Grewal and Kuldeep Kumar Sareen, (2008), *Ergonomics Considerations in Sewing Machine Work Station Design*, India.
7. Stephen Pheasant, (2003), *"Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work 2nd Edition"*, Taylor & Francise, USA, page. 94-96.