



Perancangan Fasilitas Kerja Stasiun Kerja Pemotongan dengan Metode PEI Menggunakan *Virtual Environment Modelling*

Mochamad Ridwan Firdaus, Nur Rahman As'ad*

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 15/12/2022

Revised : 17/11/2022

Published : 21/12/2022



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 2

No. : 2

Halaman : 171-178

Terbitan : Desember 2022

ABSTRAK

Home Industry X adalah perusahaan yang memproduksi berbagai jenis tas untuk keperluan sehari-hari. Dalam kegiatan produksinya, perusahaan kerap mengalami kerugian karena tidak dapat mencapai target produksinya. Hal ini disebabkan oleh hasil potong tidak sesuai pola. Kesalahan potong ini terjadi karena postur kerja operator yang tidak alamiah sehingga menyebabkan keluhan pada sistem muskuloskeletal. Dilakukan observasi lebih lanjut mengenai keluhan operator menggunakan kuesioner Nordic Body Map (NBM) dan penilaian risiko kerja menggunakan metode Posture Evaluation Index (PEI) melalui pemodelan virtual menggunakan software Jack Simulation 9.0. Hasil kuesioner NBM menunjukkan terjadi keluhan pada beberapa bagian tubuh. Risiko kerja pada aktifitas kerja pemotongan menunjukkan skor PEI pada rentang 2,75-3,54. Skor tersebut dikategorikan tinggi karena mendekati nilai maksimum PEI sebesar 3,42. Berdasarkan tingginya risiko kerja yang terjadi maka dirancang fasilitas kerja berupa meja pemotongan dengan pendekatan antropometri yang menghasilkan ukuran panjang meja sebesar 186 cm, lebar meja sebesar 86 cm, tinggi meja sebesar 104 cm, dan jarak lantai ke rak penyimpanan sebesar 59 cm. Usulan tersebut dapat merubah sikap kerja operator yang semula jongkok dan membungkak menjadi berdiri tegap dan terbukti dapat mengurangi risiko kerja. Skor PEI yang dihasilkan dengan menggunakan usulan fasilitas kerja berada pada rentang 1,12-2,01.

Kata Kunci : Nordic Body Map; Posture Evaluation Index; Virtual Environment

ABSTRACT

Home Industry X is a company that produces various types of bags for daily use. In its production activities, companies often experience losses because they cannot achieve their production targets. This is caused by the cut result do not matching the pattern. This cutting error occurs due to the operator's unnatural working posture, causing complaints occurred about the musculoskeletal system. Further observations on operator complaints were made using the Nordic Body Map (NBM) questionnaire and occupational risk assessment using the Posture Evaluation Index (PEI) method through virtual modeling using Jack Simulation 9.0 software. The results of the NBM questionnaire showed that there were complaints in several parts of the body. The work risk of cutting work activities shows a PEI score in the range of 2.75-3.54. The score is categorized as high because it is close to the maximum PEI value of 3.42. Based on the high work risk that occurs, a work facility is designed in the form of a cutting table with an anthropometric approach which results in a table length of 186 cm, a table width of 86 cm, a table height of 104 cm, and a floor distance of 59 cm from a storage rack. This proposal can change the operator's working attitude from squatting and bending to standing up straight and has been proven to reduce work risk. The PEI score generated using the proposed work facility is in the range of 1.12-2.01.

Keywords : Nordic Body Map; Posture Evaluation Index; Virtual Environment

@ 2022 Jurnal Riset Teknik Industri Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Semua jenis pekerjaan yang dilakukan akan berlangsung efektif dan efisien bahkan terhindar dari risiko gangguan musculoskeletal disorder apabila pekerjaan yang dilakukan secara berulang dapat memberikan rasa nyaman, sehat, dan sesuai dengan standar ergonomis [1]. Maka dari itu, perlu adanya alat kerja atau fasilitas kerja yang dapat menunjang kenyamanan dan kesehatan pekerja saat melakukan pekerjaannya. Salah satu usaha untuk mengurangi keluhan pekerja dengan merancang ulang fasilitas kerja [2], [3]. Perancangan fasilitas kerja diperlukan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya.

Perusahaan Home Industry ABAA PRODUCTION adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang konveksi tas dan memproduksi beberapa jenis produk tas seperti tas duffle bag, sling bag, dan lunar running bag. Perusahaan ini memulai produksinya 6 hari kerja (Senin – Sabtu) yang dimulai pukul 07.00-17.00 WIB, dimana waktu istirahat selama 1 jam dan jam kerja efektif selama 9 jam. Data produksi perusahaan pada bulan maret 2021 menunjukkan bahwa terjadi keterlambatan produksi untuk ketiga jenis tas yang diproduksi. Akibat dari keterlambatan ini perusahaan perlu membayar denda keterlambatan kepada konsumennya.

Keterlambatan produksi ini disebabkan oleh hasil potong tidak sesuai pola sehingga komponen yang akan dijahit harus dikembalikan kembali ke stasiun kerja pemotongan untuk dilakukan pemotongan ulang. Dampak dari hal tersebut akan berpengaruh terhadap efektivitas dari proses produksi yang dimana terbuangnya waktu produksi dan akan menyebabkan keterlambatan. Kesalahan pemotongan komponen yang tidak sesuai ini diakibatkan oleh cara kerja operator yang tidak ergonomis, dimana operator yang bekerja pada stasiun kerja pemotongan tidak difasilitasi fasilitas kerja berupa meja sebagai alas untuk melakukan pemotongan sehingga proses pemotongan yang dilakukan hanya menggunakan lantai sebagai alas pemotongan. Hal ini menyebabkan postur kerja operator saat melakukan proses pemotongan ini jangkang dan membungkuk secara repetitive (berulang-ulang). Posisi dan sikap kerja yang tidak ergonomis merupakan salah satu penyebab dari keluhan musculoskeletal [4]. Keluhan musculoskeletal merupakan keluhan rasa nyeri serta pegal pada sistem otot yang diakibatkan oleh aktifitas kerja [5]. Hal tersebut terjadi karena sistem otot yang bekerja tanpa adanya istirahat serta jangka waktu yang lama pada bagian sendi, ligament dan tendon. Keluhan Musculoskeletal yang tidak segera diatasi akan menyebabkan penurunan konsentrasi dalam bekerja, sehingga akan menyebabkan kelelahan dan menurunkan produktivitas [6].

Berdasarkan fenomena yang telah diuraikan, penelitian yang akan dilakukan berupa pengukuran tingkat keluhan dan nilai rasa sakit operator, pengukuran risiko kerja yang terjadi pada operator stasiun kerja pemotongan serta merancang usulan fasilitas kerja ergonomis untuk meminimasi risiko kerja yang terjadi. Penelitian akan dilakukan dengan penyebaran kuesioner Nordic Body Map (NBM) untuk mengetahui tingkat keluhan apa saja yang dialami operator. Kemudian penelitian ini akan ditunjang dengan pembuatan simulasi virtual pekerjaan menggunakan software Jack Simulation 9.0 yang akan mewakili kegiatan pemotongan yang sebenarnya. Kelebihan software ini sangat memperhatikan pembuatan model manusia yang akurat, postur dan dimensi antropometri benar-benar mewakili manusia nyata sehingga hasil perhitungan risiko kerja menggunakan metode Posture Evaluation Index menjadi lebih akurat [7]. Selain itu, perancangan usulan fasilitas kerja akan menggunakan pendekatan antropometri. Maka dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian sebagai berikut: 1) Menentukan tingkat keluhan dan penilaian rasa sakit yang dialami oleh operator stasiun kerja pemotongan; 2) Menganalisis risiko kerja yang terjadi pada operator stasiun kerja pemotongan; 3) Merekomendasikan desain fasilitas kerja yang ergonomis pada stasiun kerja pemotongan.

B. Metode Penelitian

Questionnaire Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map adalah metode evaluasi tingkat keluhan dan rasa sakit pada sistem muskuloskeletal berdasarkan validitas dan reabilitas yang cukup, dimana metode ini bergantung pada keadaan yang dilalui pekerja saat melakukan pekerjaannya dan pengalaman peneliti yang bersangkutan [1]. Tujuan penggunaan dari kuesioner ini adalah untuk mendapatkan gambaran terkait data keluhan pada tubuh pekerja baik pada sebelum maupun sesudah melakukan pekerjaan. Sembilan komponen utama yang menjadi bahan dalam pembuatan kuesioner digambarkan pada tubuh manusia diantaranya:

1. Leher
2. Bahu
3. Punggung bagian atas
4. Siku
5. Punggung bagian bawah
6. Pergelangan tangan/tangan
7. Pantat
8. Lutut
9. Kaki

Virtual Environment (Lingkungan Virtual)

Lingkungan virtual dapat diartikan sebagai penggambaran suatu lingkungan fisik yang dibuat oleh kecerdasan komputer dengan maksud mempermudah pengguna untuk mengidentifikasi hubungan dengan lingkungan buatan yang mirip dengan lingkungan sebenarnya [8]. Berikut merupakan contoh penggunaan lingkungan virtual bagi keselamatan dan kesehatan kerja, diantaranya [9]:

- a. Penilaian ergonomis lingkungan kerja meliputi perancangan tata letak ruang kerja.
- b. Pelatihan umum untuk pekerja, seperti penerapan SOP penggunaan mesin.
- c. Analisis kesalahan (error) dan perbaikan proses produksi pada perusahaan.
- d. Pelatihan teknisi seperti untuk pekerja yang bekerja di lingkungan berbahaya.

Pembuatan lingkungan virtual ini perlu didukung oleh teknologi berupa *software*. *Software* yang dapat digunakan adalah *software* Siemens Human Tecnomatic Jack.

Siemens Jack Simulation 9.0

Jack Simulation 9.0 merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membangun suatu lingkungan virtual. Dalam penggunaannya, ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk membuat simulasi pekerjaan dalam lingkungan virtual, yaitu [10]: 1) Memasukan obyek yang telah dirancang pada *software* CAD ke *software* Jack dan memposisikan obyek sesuai dengan keadaan actual; 2) Penyesuaian ukuran antropometri dengan ukuran yang diinginkan pada manusia virtual (*virtual human*) dilakukan dengan menggunakan *tools Advanced Human Scaling* pada *software* Jack; 3) Mengatur posisi manusia virtual yang telah dimasukkan kedalam lingkungan virtual sesuai dengan kondisi aktualnya; 4) Mengatur animasi yang menunjukkan mekanisme gerakan operasi pekerjaan yang bertujuan untuk memberi tugas pada manusia virtual; 5) Menggunakan Task Analysis Toolkit (TAT) pada *software* Jack untuk menganalisis hasil simulasi.

Postur Evaluation Index (PEI)

Analisis PEI digunakan sebagai pendekatan yang memberikan hasil integrasi dari analisis *Lower Back Analysis*, OWAS, dan RULA. Skor PEI bergantung kepada tingkat ketidaknyamanan postur kerja. Berikut adalah persamaan untuk menghitung skor PEI.

$$PEI = I1 + I2 + I3.mr$$

$$PEI = \frac{LBA}{3400} + \frac{OWAS}{4} + \frac{RULA}{7} mr$$

Keterangan:

3400 N : batas gaya tekan pada tulang punggung.

4 : nilai indeks maksimal analisis OWAS

7 : Nilai maksimal risiko tubuh bagian atas hasil analisis RULA.

Mr : koefisien amplifikasi nilai PEI (1,42)

Dinyatakan semakin rendah nilai PEI maka semakin baik kenyamanan pekerja serta risiko kerja pun rendah. Sebaliknya, nilai PEI semakin tinggi maka tingkat kenyamanan pekerja semakin tidak baik dan risiko kerja dapat dikatakan tinggi. Diketahui nilai minimum PEI adalah 0,47 yaitu kondisi dimana operator tidak mendapat beban sama sekali, dan nilai maksimum PEI adalah 3,42 tergantung pada nilai I1 yang diasumsikan dengan nilai $I1 \geq 1$ adalah tidak valid.

Antropometri

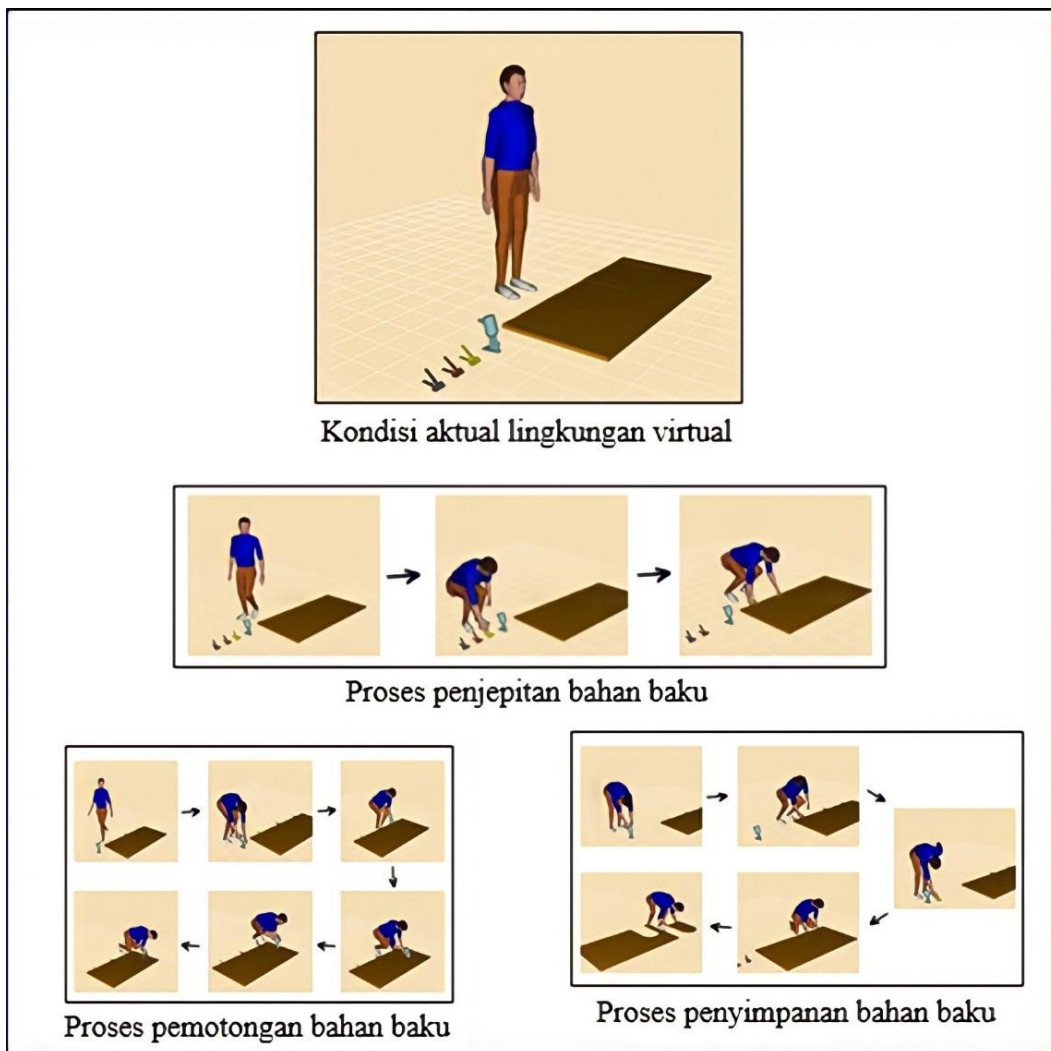
Antropometri digunakan untuk meninjau dimensi fisik tubuh manusia, termasuk usia, tinggi & berat badan, dan semua ukuran dimensi bagian tubuh pada manusia. Ukuran dimensi tubuh tersebut digunakan dalam merancangan suatu produk atau peralatan dan tempat kerja agar lebih baik [11]. Manusia sebagai objek utama dalam pengukuran antropometri memiliki ukuran dimensi tubuh yang berbeda. Keragaman dimensi tubuh ini

dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik itu secara fisik ataupun non fisik. Adapun faktor keberagaman dimensi tubuh manusia yang dapat mempengaruhi pengukuran antropometri tersebut yaitu [2]: 1) Keacakan/random; 2) Jenis kelamin; 3) Suku bangsa; 4) Usia; 5) Jenis pekerjaan; 6) Pakaian; 7) Faktor kehamilan; 8) Cacat tubuh secara fisik.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil kuesioner yang telah disebar menunjukkan bahwa operator yang bertugas dalam proses pemotongan mengalami keluhan dan merasakan gangguan pada beberapa bagian tubuh seperti leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, serta bokong/paha. Penilaian rasa sakit pada bagian bokong/paha dinilai rendah, karena dari skala 0-9 dari keseluruhan operator memberikan rata-rata nilai 3. Kemudian keluhan yang terjadi pada bagian leher, bahu, punggung atas, dan punggung bawah memiliki penilaian rasa sakit yang cukup tinggi dengan nilai tertinggi mencapai skor 7.

Hasil penilaian risiko kerja pada seluruh aktivitas yang dilakukan pada stasiun kerja pemotongan nilai *Lower Back Analysis* (LBA) berada pada kisaran 1125-1665 Newton, nilai *Ovako Working Posture Analysis* (OWAS) berada pada kisaran 3-4 untuk kedua operator, dan nilai *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA) berada pada kisaran 6-7 untuk kedua operator. Mengacu pada nilai tersebut didapatkan nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) pada kisaran 2,75-3,53. Nilai PEI yang ditunjukkan untuk kedua operator dapat diklasifikasikan tinggi karena mendekati nilai maksimal dari PEI yaitu sebesar 3,42. Berikut ini adalah hasil penggambaran simulasi pekerjaan pada lingkungan virtual dapat dilihat pada Gambar 1.

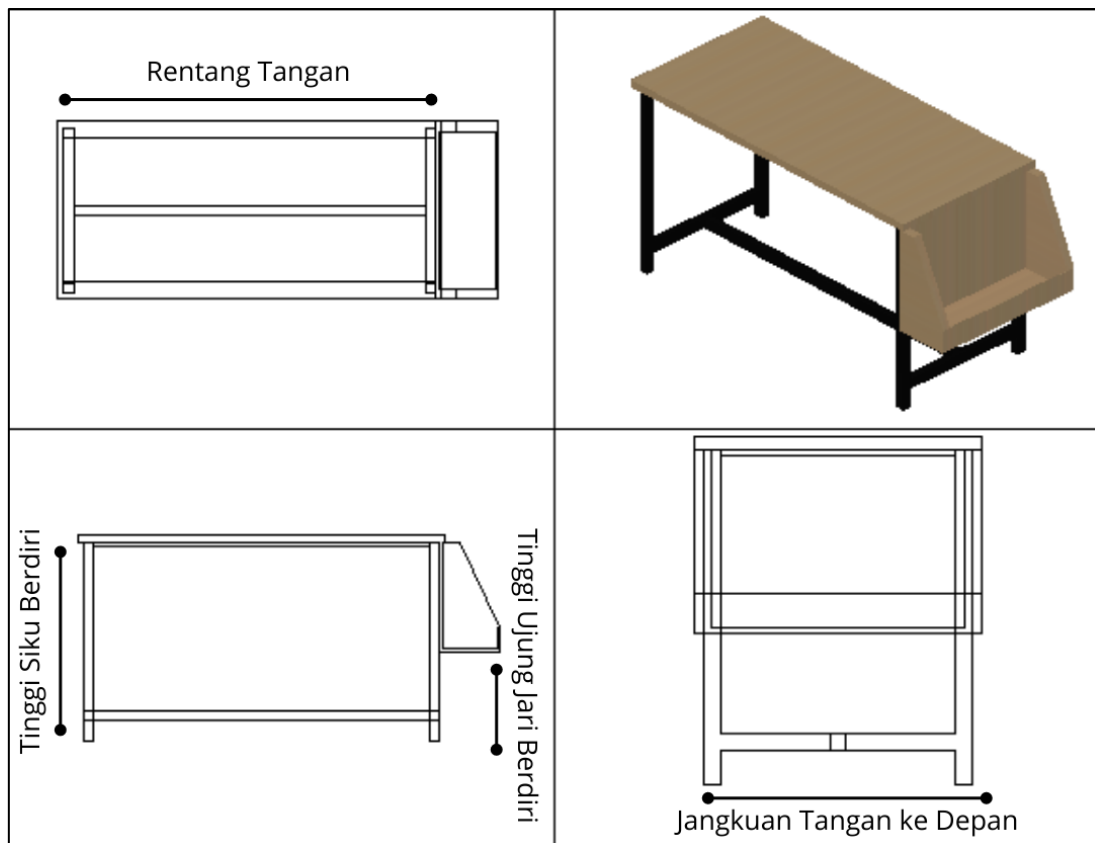


Gambar 1. Hasil penggambaran simulasi pekerjaan pada lingkungan virtual

Postur pekerjaan yang dihasilkan pada seluruh aktivitas stasiun kerja pemotongan dinilai berisiko, hal ini mengacu kepada penilaian OWAS yang menunjukkan rata-rata skor akhir 4 dan penilaian RULA dengan menunjukkan rata rata skor akhir 6. Skor akhir 4 pada penilaian OWAS memberikan indikasi bahwa postur yang dihasilkan oleh simulasi pekerjaan termasuk kedalam kategori *Extremely Harmful* sehingga dapat menyebabkan gangguan sistem muskuloskeletal dan skor akhir 6 pada penilaian RULA memberikan indikasi bahwa investigasi lebih lanjut dan perubahan/perbaikan perlu untuk segera dilakukan.

Nilai skor akhir OWAS dan RULA sangat mempengaruhi nilai akhir dari PEI. Nilai skor akhir pada OWAS yang tinggi dipengaruhi oleh seluruh aktivitas yang dilakukan oleh operator stasiun kerja pemotongan mengharuskan operator membungkuk (*bent forward*) dan dada condong kedepan membentuk sudut $> 20^\circ$ terhadap garis vertikal, dimana kondisi ini dapat mengakibatkan gangguan pada sistem muskuloskeletal [12]. Sedangkan nilai skor akhir RULA yang tinggi disebabkan oleh hasil penilaian tubuh bagian bawah yang terdiri dari batang tubuh dan leher. Tingginya penilaian nilai pada tubuh bagian bawah dikarenakan postur jongkok dan membungkuk yang dilakukan secara *repetitive* dan dalam jangka waktu yang lama. Seluruh postur kerja berisiko yang dihasilkan oleh simulasi kerja ini disebabkan oleh tidak adanya fasilitas kerja yang layak berupa meja untuk melakukan pemotongan sehingga para operator menjadikan lantai sebagai alas untuk melakukan pekerjaannya. Postur kerja statis yang dipertahankan dalam jangka waktu yang lama dapat meningkatkan risiko munculnya keluhan pada sistem muskuloskeletal [1].

Perancangan fasilitas kerja ini mengacu kepada hasil analisis risiko kerja menggunakan *Posture Evaluation Index* (PEI). maka dirancang sebuah meja pemotongan agar mengurangi beban pada saat pengambilan mesin potong, mengurangi sikap kerja jongkok dan membungkuk pada saat melakukan pekerjaan pemotongan, dan sikap kerja membungkuk pada saat penyimpanan bahan yang telah selesai dipotong. Perancangan fasilitas kerja ini menggunakan pendekatan antropometri agar hasil rancangan lebih ergonomis. Dimensi tubuh yang digunakan dalam perancangan fasilitas kerja ini adalah Rentang Tangan (RT), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD), Tinggi Siku Berdiri (TSB), dan Tinggi Ujung Jari Berdiri (TUJB). Perancangan fasilitas kerja ditunjukkan pada Gambar 2.



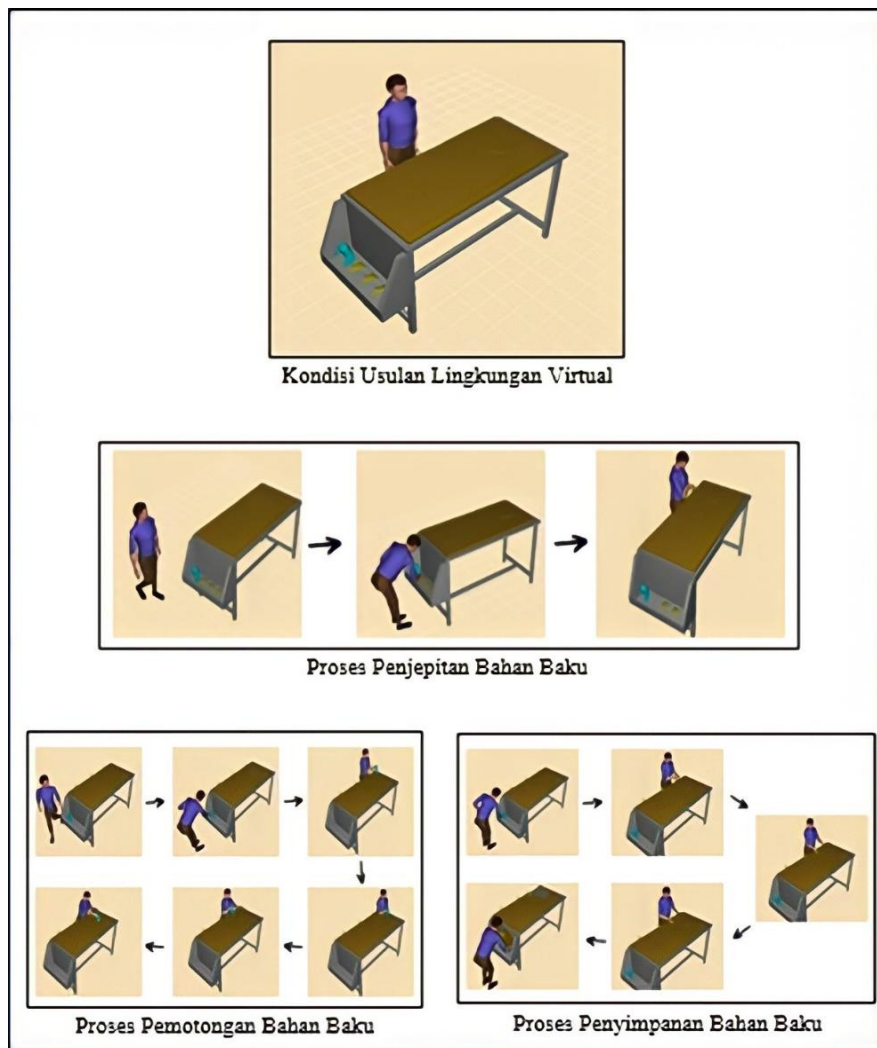
Gambar 2. Rancangan Fasilitas Kerja

Hasil pengolahan data antropometri yang telah dilakukan untuk ukuran rancangan fasilitas kerja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Antropometri

Dimensi Fasilitas Kerja	Dimensi Tubuh	Persentil yang Digunakan	Ukuran Akhir (cm)
Panjang Meja	RT	P95	186
Lebar Meja dan Panjang Rak Penyimpanan	JTD	P50	85
Tinggi Meja	TSB	P50	104
Jarak Rak Penyimpanan ke Lantai	TUJB	P50	59

Rancangan fasilitas kerja ergonomis berupa meja yang telah selesai dirancang kemudian akan dibuatkan model virtual dan simulasi pekerjaan menggunakan software Jack Simulation 9.0 dengan perbedaan postur atau sikap kerja pada saat melakukan proses pemotongan. Hasil pemodelan virtual stasiun kerja pemotongan dengan rancangan fasilitas kerja ergonomis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil penggambaran simulasi pekerjaan pada lingkungan virtual (Usulan)

Hasil penilaian risiko kerja pada seluruh aktivitas yang dilakukan pada stasiun kerja pemotongan kondisi usulan nilai *Lower Back Analysis* (LBA) berada pada kisaran 449-1505 Newton, nilai *Ovako Working Posture Analysis* (OWAS) berada pada kisaran 1-2 untuk kedua operator, dan nilai *Rapid Upper Limb Assesment*

(RULA) berada pada kisaran 3-4 untuk kedua operator. Mengacu pada nilai tersebut didapatkan nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) pada kisaran 1,12-2,01. Rancangan fasilitas kerja terbukti dapat mengurangi risiko kerja karena terjadi pengurangan Nilai PEI yang cukup signifikan.

Nilai LBA model aktual mengalami pengurangan gaya tekan dengan dirancangnya fasilitas kerja pada proses pemotongan. Postur atau sikap kerja berdiri pada operator membuat punggung bawah tidak lagi menjadi bagian tubuh utama yang menopang langsung tubuh, akan tetapi lebih dibebankan kepada dua kaki sehingga tekanan pada punggung bawah (tulang belakang L4/L5) dapat dikurangi.

Nilai skor OWAS pada model aktual juga mengalami penurunan yang cukup signifikan. Pengurangan skor OWAS yang terjadi disebabkan oleh perubahan posisi model punggung operator. Model aktual pada kedua operator memiliki postur atau sikap kerja punggung yang jongkok dan cenderung membungkuk kedepan karena alas yang digunakan untuk melakukan proses pemotongan adalah lantai. Sedangkan model rancangan menggunakan meja sebagai alas untuk melakukan pemotongan dimana postur atau sikap kerja yang dihasilkan adalah berdiri sehingga punggung menjadi lebih tegak dalam melakukan pekerjaannya.

Nilai skor RULA pada model aktual memiliki nilai maksimal yang lebih tinggi dibandingkan dengan skor RULA pada model rancangan. Perbedaan yang terjadi ini dipengaruhi pada tingkat risiko pekerjaan yang dilakukan. Model aktual memiliki postur atau sikap kerja jongkok dan membungkuk, posisi lengan atas dan bawah menghasilkan sudut yang besar dan kedua kaki menekuk. Sedangkan model rancangan memiliki postur atau sikap kerja berdiri, leher cenderung tegak, dengan posisi lengan yang tidak menghasilkan sudut terlalu besar. Hal tersebut yang mempengaruhi nilai RULA model rancangan dapat berkurang dan lebih kecil dari nilai RULA model aktual. Maka dapat dikatakan nilai RULA model ergonomis hasil perancangan sudah lebih baik dibandingkan dengan model aktual.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut: 1) Hasil penyebaran kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) terhadap operator stasiun kerja pemotongan menyebutkan bahwa terdapat keluhan yang sama pada beberapa bagian tubuh seperti leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, serta bokong/paha dengan tingkat rasa sakit berada pada rentang nilai 3-7; 2) Hasil penilaian risiko kerja yang dilakukan untuk kondisi aktual menunjukkan bahwa aktivitas pemotongan pada stasiun kerja pemotongan menimbulkan risiko pekerjaan pada operator dan perlu segera dilakukan perbaikan. Hal ini dibuktikan dengan nilai skor PEI aktual yang mencapai kisaran 2,76-3,49 dan nilai tersebut mendekati dan bahkan melebihi nilai maksimum skor PEI yaitu sebesar 3,42; 3) Perancangan fasilitas kerja yang diusulkan adalah meja pemotongan dengan penambahan fitur rak penyimpanan. Perancangan fasilitas kerja ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan antropometri. Perancangan meja pemotongan ini merubah postur atau sikap kerja operator yang semula jongkok dan membungkuk (berisiko tinggi) menjadi berdiri tegak. Hasil penilaian antropometri untuk ukuran meja yaitu panjang meja sebesar 186 cm, lebar meja sebesar 85 cm, Tinggi Meja sebesar 104 cm, dan Tinggi rak penyimpanan sebesar 59 cm. Perancangan meja ini terbukti dapat mengurangi nilai skor PEI yang semula berada pada kisaran 2,76-3,49 menjadi kisaran 1,12-2,01.

Acknowledge

Puji syukur kepada Allah SWT, penelitian ini dapat selesai sesuai dengan apa yang telah diharapkan. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik bagi diri kita pribadi, maupun bagi orang-orang disekitar kita..

Daftar Pustaka

- [1] Tarwaka, *Ergonomi Industri Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Solo: Harapan Press Solo, 2015.
- [2] E. Nurmiyanto, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: PT Guna Widya, 2015.
- [3] C. Dewi, "Perbaikan Postur Kerja Untuk Menurunkan Gangguan Musculoskeletal Pada Industri Kecil Kerajinan Pembuatan Sapu," *J. Ilm. Widya Tek.*, vol. 16, no. 2, 2017.

- [4] T. Rotulung, “Hubungan Antara Masa Kerja Dan Sikap Kerja Dengan Keluhan Musculoskeletal Pada Petani Di Desa Tolombukan Barat Kecamatan Pasan Kabupaten Minahasa Tenggara,” Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2015.
- [5] F. Utari, “Hubungan Sikap Kerja dengan Keluhan Muskuloskeletal pada Penyortir Tembakau Di gudang Sortasi Tembakau Kebun Klumpang SUTK II,” *J. Univ. Sumatra Utara*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [6] E. Bukhori, “Hubungan Faktor Risiko Pekerjaan dengan Trjadinya Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada Tukang Angkut Beban Penambang Emas di Kecamatan Cilugrang Kabupaten Lebak,” Universitas Islam Negeri, Jakarta, 2010.
- [7] B. Nurtjahyo, E. Muslim, A. Hidayatno, N. Yogamaya, and Zulkarnain, “Analisis Ketiggian Meja Kerja Yang Ideal Terhadap Postur Pekerja Divisi Cutting Industri Garmen Dengan Posture Evaluation (PEI) Pada Virtual Enviroment,” *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 97–104, 2010.
- [8] A. Ahmad, “Analisis Stasiun Kerja Pemotongan Tahu Dan Rancang Bangun Alat Potong Tahu Dengan Virtual Environment Pada Industri Kecil Tahu,” Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali, 2019.
- [9] J. R. Wilson, “Virtual environments applications and applied ergonomics,” *Appl. Ergon.*, vol. 30, no. 1, pp. 3–9, Feb. 1999, doi: 10.1016/S0003-6870(98)00040-4.
- [10] L. Löfqvist, M. B. Chafi, A. L. Osvalder, L. O. Bligård, and S. Pinzke, “Ergonomic evaluation of long-shafted tools used in horse stables: the effects of shaft length variation and work technique on working posture,” *Int. J. Hum. Factors Ergon.*, vol. 1, no. 3, p. 298, 2012, doi: 10.1504/IJHFE.2012.050872.
- [11] H. Iridiastadi and Yassierli, *Ergonomi Suatu Pengantar*, vol. 4. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014.
- [12] R. Y. Kurnianto, “GAMBARAN POSTUR KERJA DAN RISIKO TERJADINYA MUSKULOSKELETAL PADA PEKERJA BAGIAN WELDING DI AREA WORKSHOP BAY 4.2 PT. ALSTOM POWER ENERGY SYSTEMS INDONESIA,” *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 6, no. 2, p. 245, Mar. 2018, doi: 10.20473/ijosh.v6i2.2017.245-256.