



Identifikasi Sistem Kerja Dalam Mengurangi Muskuloskeletal Dan Risiko Cedera Pada Proses Manufaktur (Studi Kasus Pelatihan Mesin Bubut Mahasiswa Teknik Universitas Wijaya Putra Surabaya)

Krisnadhi Hariyanto¹, Astria Hindratmo²

Program Studi Teknik Industri, Universitas Wijaya Putra Surabaya, Jl. Raya Benowo No. 1-3
Surabaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
33-42

Tanggal penyerahan:
16 September 2020

Tanggal diterima:
5 Oktober 2020

Tanggal terbit:
13 Oktober 2020

ABSTRACT

Wijaya Putra University's production systems laboratory is one of the centers for developing both theoretical and practical skills obtained from lecture activities. Ergonomics problems in the production system laboratory have not received attention in several training programs. In building a good system design, a design approach with macro-ergonomic analysis with musculoskeletal disorders (WMSD) is required. The results of this study resulted in a variance in the symmetrical manufacture of 150 taper using a lathe that was difficult and time consuming. The whole work system ergonomically in taper making requires a comfortable and pleasant environment in order to improve work skills. The manufacture of tapers with an angle of 15° must be adjusted to the existing equipment in the form of chairs, work tables with leg rests, better lighting and drinking water facilities. The data normality test was performed on 150 tapering on the same subject and object and the results showed a reduction of about 64.40% in musculoskeletal disorders and a reduction of about 24.20% in the risk of injury. Normality test, the data shows a normal distribution of $p > 0.05$. The test results showed that the trainees' musculoskeletal disorders and injuries had a probability of 0.00 ($p < 0.05$), indicating that H_0 could be rejected. This means that the musculoskeletal disorders and risk of injury showed a significant reduction for the control and experimental groups.

Keywords: Ergonomics, Competence, WMSD, Tire

EMAIL

¹krisnadi@wup.ac.id

²astriahindratmo@wup.ac.id

ABSTRAK

Laboratorium sistem produksi Universitas Wijaya Putra merupakan salah satu pusat pengembangan keahlian baik teori dan praktek yang didapatkan dari kegiatan perkuliahan. Masalah ergonomi di laboratorium sistem produksi tersebut masih belum mendapatkan perhatian dalam beberapa program pelatihan. Dalam membangun desain sistem yang baik diperlukan pendekatan desain dengan analisis makro ergonomi dengan work musculoskeletal disorders (WMSD). Hasil penelitian ini menghasilkan variansi pada pembuatan tirus 15° secara simetris menggunakan mesin bubut yang sulit dan memakan waktu. Keseluruhan sistem kerja secara ergonomis pada pembuatan tirus memerlukan lingkungan yang nyaman dan menyenangkan dalam meningkatkan keahlian kerja. Pembuatan tirus dengan sudut 15° harus disesuaikan dengan peralatan yang ada berupa kursi, meja kerja dengan sandaran kaki, pencahayaan yang lebih baik dan fasilitas air minum. Uji kenormalan data dilakukan pada pembuatan tirus 15° pada subyek dan obyek yang sama dan hasilnya menunjukkan pengurangan sekitar 64,40% pada gangguan muskuloskeletal dan pengurangan sekitar 24,20% pada risiko cedera. Uji normalitas, data menunjukkan distribusi normal $p > 0,05$. Uji t hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan muskuloskeletal peserta pelatihan dan risiko cedera memiliki kemungkinan 0,00 ($p < 0,05$), menunjukkan bahwa H_0 bisa ditolak. Ini berarti gangguan muskuloskeletal dan risiko cedera menunjukkan penurunan yang signifikan untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Kata kunci: Ergonomi, Kompetensi, WMSD, Tirus

PENDAHULUAN

Gangguan sistem kerja atau work muskuloskeletal disorders (WMSD) yang dimasalahkan oleh peserta / mahasiswa di laboratorium sistem produksi Universitas Wijaya Putra disebabkan oleh kondisi kerja yang kurang nyaman saat dalam mempraktekkan dan pengoperasian mesin bubut. Keadaan ini didukung oleh beberapa penelitian workstation dalam merancang tata letak peralatan secara ergonomis yang dapat mengurangi gangguan sistem kerja atau gangguan work muskuloskeletal disorders (WMSD) dan dapat meningkatkan produktifitas. Roebuck [1] menyatakan bahwa ada saling ketergantungan antara tuntutan kekuatan tinggi dan pengurangan faktor risiko WMSD. Studi lain juga menemukan bahwa bentuk tubuh pekerja yang buruk dapat berdampak negatif dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Pengembangan penelitian kinerja pekerjaan atau quick exposure check (QEC) menemukan bahwa ada risiko stres kerja dan bentuk tubuh berhubungan langsung serta mendapat perhatian lebih untuk mengurangi risiko gangguan sistem kerja atau work muskuloskeletal disorders (WMSD) [2]. Gangguan tersebut berupa gejala nyeri di berbagai bagian tubuh yang berhubungan dengan faktor usia, pengalaman kerja, shift kerja dan indeks massa tubuh atau body mass index (BMI) [3]. Selain itu pekerjaan yang monoton dan repetitif ini ditambah dengan alat kerja yang tidak ergonomis dapat menyebabkan *Work Related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs) [4]. Selain itu keluhan pada otot-otot skeletal seringkali diakibatkan pada kursi kerja yang kurang ergonomis. Tempat duduk yang kurang ergonomis pada akan menyebabkan keluhan pada otot skeletal [5]. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan metode kerja yang baik untuk mengurangi kelelahan dan cedera [6]. Kesehatan kerja dalam dunia kerja sangat penting apabila hal tersebut dilakukan dengan merancang desain metode kerja yang baik [7].

Unit pelaksana Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra mempunyai tugas dalam melaksanakan semua kegiatan pelatihan di laboratorium bagi mahasiswanya. Penelitian sebelumnya menunjukkan perlunya meningkatkan sistem kerja dimana pelatihan operator mesin bubut menemukan gejala gangguan sistem kerja atau work muskuloskeletal disorders (WMSD) yang dialami pekerja 67% sakit punggung, 57% sakit pinggul, 43% sakit lutut dan 34% sakit leher bagian bawah. Semua kondisi tersebut terkait dengan operasi secara non ergonomis dari sistem manusia dan mesin. Secara garis besar kesimpulannya adalah dasar untuk menciptakan metode sistem sebuah pekerjaan pada pelatihan berdasarkan kompetensi dengan menggunakan makro ergonomis kerja terpusat atau work training center (WTC). Pendekatan makro ergonomi mempunyai keunggulan yang dapat menghasilkan kinerja lebih besar sesuai capaian melalui ergonomi intervensi.

Urgensi penelitian ini yaitu untuk menalisa cedera yang dialami mahasiswa untuk bahan evaluasi program studi dalam kegiatan praktikum untuk diperimbangkan dalam merubah tata letak peralatan agar risiki cedera berkurang. Masalah utama yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu mengurangi tingkat risiko kecelakaan kerja pada praktikum manufaktur karena sering terjadi cidera di tangan, kaki, punggung atau pinggang, penurunan motivasi dan kenyamanan selama proses pelatihan, kesulitan menggerakkan kaki, tangan dan leher saat praktikum. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi sistem kerja dalam mengurangi muskuloskeletal dan risiko cedera pada praktikum proses manufaktur.

METODE

Subyek dan Instrumen Evaluasi

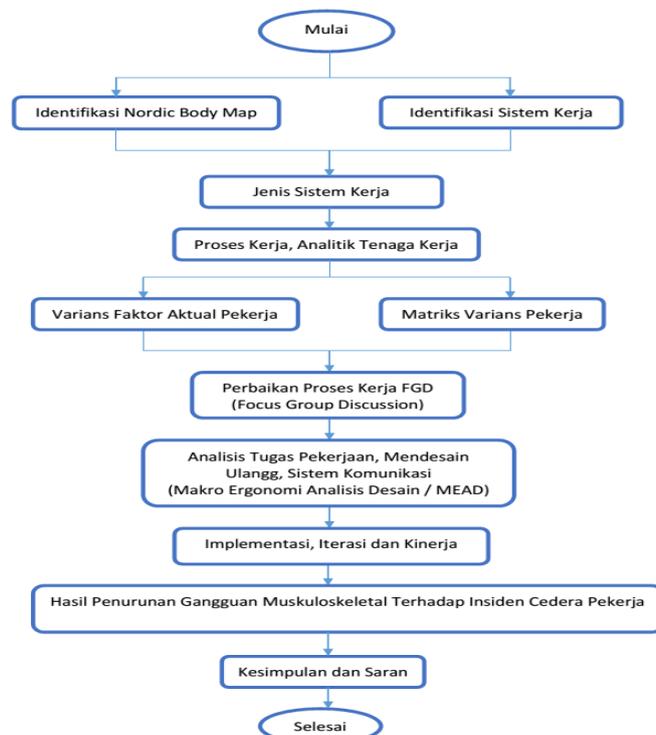
Penelitian ini berlokasi di laboratorium sistem produksi di unit pelaksana Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra. Pesertanya adalah 16 mahasiswa yang memenuhi kriteria : (1) perempuan ; (2) usia $20 \pm 2,8$ tahun ; (3) tinggi $155,5 \pm 5,8$ cm ; (4) berat $48,5 \pm 6,8$ kg ; (5) BMI $21,4 \pm 4,8$ kg / m ; (6) sehat, tanpa cacat ; (7) bersedia menjadi peserta dalam pelatihan dibuktikan dengan memberikan persetujuan. Instrumen yang digunakan adalah sebagai berikut : (1) Daftar peta tubuh mengukur gangguan muskuloskeletal ; (2) kuesioner untuk mengukur tingkat cedera ; (3) kamera digital canon EOS 550D untuk dokumentasi ; (4) meteran garis fisika merk Lux untuk mengukur pencahayaan ; (5) meteran tingkat suara merk Cirrus untuk mengukur kebisingan ; (6) monitor lingkungan termal merk Quest untuk mengukur iklim mikro.

Prosedur Penelitian

1. Kuesioner *nordic body map* disiapkan bersamaan dengan formulir penilaian risiko QEC untuk postur kerja dan formulir data biografi untuk mengumpulkan nama, jenis kelamin, usia dan tingkat pendidikan dari masing-masing peserta.
2. Menentukan sistem sub organisasi yang terdiri dari input-output, proses kerja, umpan balik pada visi organisasi dan tinjauan misi, identifikasi pernyataan formal visi dan misi, pemangku kepentingan utama dalam sistem organisasi dan keinginan para peserta dan pemilik.
3. Tentukan jenis sistem kerja dan membangun kinerja yang ingin dicapai dan tingkat kerja yang diinginkan.
4. Tentukan proses kerja dan analitik tenaga kerja dengan mengidentifikasi unit kerja, proses kerja dari unit untuk mengukur potensi peningkatan dan identifikasi masalah koordinasi.
5. Tentukan varians faktor aktual yang diinginkan dalam kesenjangan antara keinginan pekerja dan identifikasi pemilik.
6. Buat matriks varians menggunakan hasil deviasi untuk analisis langkah yang digunakan dalam mengidentifikasi pengaruh penyimpangan satu sama lain.
 - a. Identifikasi personel yang bertanggung jawab atas unit atas penyimpangan terjadi berdasarkan alokasi fungsi, penggabungan rancangan, membuat perbaikan dalam proses kerja.
 - b. Analisis perilaku dan tanggung jawab atas keterampilan dan pengetahuan pada identifikasi tugas pekerjaan dan mendesain ulang sistem komunikasi.
 - c. Tingkatkan implementasi, iterasi dan kinerja.
 - d. Ukur penurunan gangguan muskuloskeletal terhadap insiden cedera pada kelompok yang diawasi dan kelompok eksperimen dalam menghasilkan tingkat signifikansi 5%.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (Rata-rata gangguan muskuloskeletal dan nilai risiko cedera pada kelompok kontrol adalah setara dengan rata-rata gangguan muskuloskeletal dan nilai risiko cedera dari kelompok eksperimen).

$H_0 : \mu_1 > \mu_2$ (Rerata gangguan muskuloskeletal dan nilai risiko cedera dari kelompok kontrol adalah lebih besar dari rata-rata gangguan muskuloskeletal dan nilai risiko cedera dari kelompok eksperimen).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 36 peserta mengikuti pelatihan mesin bubut selama 5 hari dengan dua instruktur. Proses produksi dengan mesin bubut pada pelatihan pembuatan tirus 15°. Peserta pelatihan harus mengikuti jadwal mulai pukul 08.00 hingga 15.00 dengan istirahat 15 menit pada pukul 10.00 dan makan siang 30 menit pukul 12.00 siang.

Proses pelatihan operator mesin membutuhkan 8 unit dalam kompetensinya yaitu :

1. Melakukan metodologi organisasi tempat kerja 5S.
2. Mengikuti prosedur tempat kerja K3.
3. Melakukan pemeliharaan.
4. Membaca dan memahami desain gambar.
5. Pengaturan dan pengukuran material pada mesin bubut.
6. Memasang bahan dan pembuatan tirus.
7. Mengoperasikan mesin bubut.
8. Menerapkan standar kualitas.

Kinerja utama yang ingin dicapai adalah sama dengan tingkat kinerja karyawan yang diukur dengan persentase musculoskeletal peserta pelatihan yang mengurangi gangguan selama proses pelatihan dan persentase penurunan risiko cedera peserta pelatihan selama proses pelatihan. Sistem kerja yang ergonomis perlu diterapkan pada proses pelatihan agar peserta pelatihan dapat melakukannya untuk menghindari cedera saat berdiri, membungkuk, jongkok dan mengangkat dan memindahkan material berulang kali dan terus menerus.

Analisis pekerjaan tentang proses kerja yang ada di pelatihan mesin bubut mengidentifikasi posisi tubuh yang tidak wajar dan tidak ergonomis terhadap cara-cara bekerja untuk waktu yang lama dan terus menerus sebagai penyebab utama kesehatan pekerja yang menjadi penyebab masalah. Masalah-masalah ini termasuk rasa sakit di tangan, kaki, punggung atau pinggang tergantung pada pekerjaan yang dilakukannya ; penurunan motivasi dan kenyamanan selama proses pelatihan ; dan gangguan pergerakan dibagian tubuh tertentu termasuk kesulitan menggerakkan kaki, tangan dan leher (lihat gambar 1).

Tabel 1 menunjukkan berbagai data dalam langkah proses pelatihan, keluhan peserta pelatihan, masalah dan efek dari masalah itu. Pada tahap ini unit kompetensi utama pembuatan tirus pada mesin bubut dianalisis. Tabel 2 adalah matrik varians yang dibuat untuk melihat hubungan antara faktor-faktor yang terlibat dalam pelatihan operator mesin bubut. Dalam wawancara dengan 36 peserta pelatihan (12 peserta pelatihan dalam tiga periode pelatihan), 10 peserta (27,78%) menyatakan bahwa pembuatan tirus dan memakan waktu ; 6 peserta (16,67%) menyatakan memiliki masalah dalam mengoperasikan mesin kerja ; 5 peserta (13,89%) menyatakan mengeluhkan penerangan yang buruk ; 3 peserta (8,33%) menyatakan terganggu oleh tingkat kebisingan yang tinggi ; 4 peserta (11,11%) menyatakan debu material mengganggu pekerjaan mereka ; dan 8 peserta (22,22%) menyatakan bahwa tata letak tidak teratur.

Tabel 2, bobot varians terbesar 4,06 diberikan untuk pekerjaan yang sulit dan memakan waktu. Varians kunci yang memiliki prioritas untuk sistem kerja dalam perbaikan. Prioritas lain dalam urutan berat adalah tata letak, pengoperasian mesin kerja, penerangan, debu material, dan tingkat kebisingan. Tabel 3, masalah instalasi disebabkan oleh persiapan yang tidak memadai sehingga peran peserta adalah untuk memecahkan masalah ini. Secara teknis, masalah ini membutuhkan dukungan fasilitas kerja untuk menyediakan bahan material, meja dan kursi, dan tumpuan kaki.

Tabel 2, bobot varians terbesar 4,06 diberikan untuk pekerjaan yang sulit dan memakan waktu. Varians kunci yang memiliki prioritas untuk sistem kerja dalam perbaikan. Prioritas lain dalam urutan berat adalah tata letak, pengoperasian mesin kerja, penerangan, debu material, dan tingkat kebisingan. Tabel 3, masalah instalasi disebabkan oleh persiapan yang tidak memadai sehingga peran peserta adalah untuk memecahkan masalah ini. Secara teknis, masalah ini membutuhkan dukungan fasilitas kerja untuk menyediakan bahan material, meja dan kursi, dan tumpuan kaki.

Tahap ini bertujuan untuk memberikan analisis terhadap program pelatihan sistem kerja. Sistem desain akan menyediakan ruang kerja yang nyaman untuk tujuan pengarahan pada pelatihan

berbasis kompetensi yang terbaik. Desain sistem kerja dimaksudkan untuk memberikan solusi terhadap masalah-masalah utama pada pelatihan mesin bubut yaitu peserta menghadapi proses pemasangan material (membuat tirus 15°) yang sulit dan memakan waktu. Peran dari peserta pelatihan adalah pemangku kepentingan utama yang terlibat didalam dan bertanggung jawab atas desain sistem kerja. Diskusi kelompok terfokus untuk memfasilitasi dan mengakomodasi ide-ide peserta pelatihan, dan mendorong keterlibatan peserta dalam desain fasilitas merupakan tanggung jawab bersama. Metode yang digunakan untuk mencapai desain fasilitas adalah diskusi kelompok terarah (focus group discussion / FGD). Anggota FGD terdiri dari 7 orang, terdiri dari 2 orang peserta, 2 instruktur, 1 orang peneliti, 1 orang desainer, dan kepala WTC (work training center) atau pusat pelatihan kerja. 7 anggota cukup karena total anggota ideal direkomendasikan antara 6 dan 12 orang. FGD itu bertemu sekali di minggu pertama, sekali di minggu kedua, sekali di minggu ketiga yang berkeinginan merumuskan desain dari hasil input FGD.

Tabel 1. Varians Data

Tahap Proses Pelatihan	Varians	Penyebab	Efek	Ekspektasi
Pengaturan dan perbaikan pembuatan tirus.	a. Pencahayaan yang buruk. b. Mesin terlalu tinggi dalam meraih dengan nyaman.	a. Penerangan kurang. b. Tidak ada pijakan kaki.	a. Tingkat kenyamanan rendah. b. Kompetensi tidak tercapai. c. Gangguan kesehatan dan keselamatan kerja.	a. Meningkatkan kenyamanan dan keamanan kerja. b. Pencahayaan yang memadai. c. Menjangkau mesin dengan nyaman.
Memasang material.	a. Kesulitan memasang material dan memakan waktu. b. Pencahayaan yang buruk. c. Tingkat kebisingan yang tinggi. d. Gangguan debu material. e. Mesin terlalu tinggi untuk mencapai kenyamanan. f. Tata letak tidak teratur.	a. Intensitas penerangan rendah. b. Intensitas kebisingan yang tinggi. c. Tidak ada peralatan perlindungan diri. d. Tidak ada tumpuan kaki. e. Tata letak belum teratur.	a. Tingkat kenyamanan rendah. b. Kompetensi tidak tercapai. c. Gangguan kesehatan dan keselamatan kerja.	a. Meningkatkan kenyamanan dan keamanan kerja. b. Pencahayaan yang memadai dan tingkat kebisingan secara normal. c. Perlindungan debu dengan menggunakan masker.

Tabel 2. Matrik Variansi

Variansi	Bobot (%)	1	2	3	4	5	6	Total
Kesulitan memasang material dan memakan waktu.	27,78			■		□	□	4,06
Mesin terlalu tinggi untuk mencapai kenyamanan	16,67			□	○			0,83
Pencahayaan yang buruk	13,89	■	□				□	2,50
Tingkat kebisingan yang tinggi	8,33		○				○	0,21
Gangguan debu material	11,11	□					○	0,33
Tata letak tidak teratur	22,22	□		□	○	○		1,33

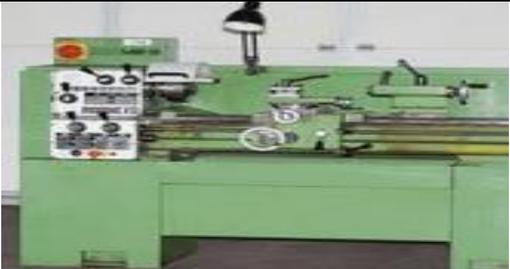
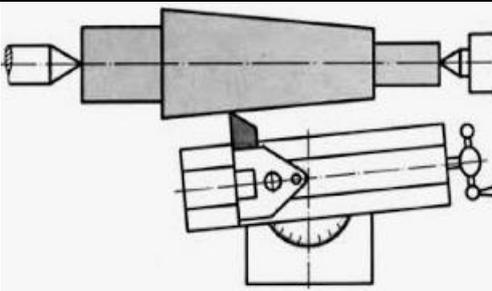
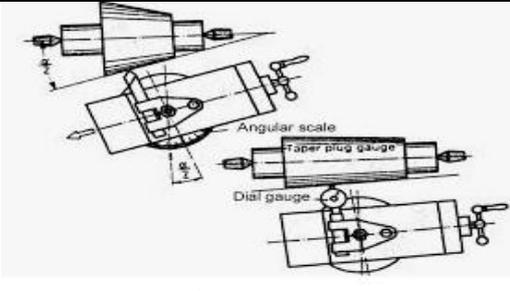
Tabel 3 : Kontrol Varians Utama dan Analisis Peran Personel

No.	Kontrol Varians	Keterlibatan Personil	Penanggung Jawab	Kontrol	Dukungan Teknis
1	Kesulitan memasang material dan memakan waktu.	Trainer	Trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Lingkaran, kursi dan meja.
2	Mesin terlalu tinggi untuk mencapai kenyamanan	Trainer	Trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Tumpuan kaki
3	Pencahayaan yang buruk	Trainer	Tambahan trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Pencahayaan yang lebih baik.
4	Tingkat kebisingan yang tinggi	Trainer	Tambahan trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Penutup telinga
5	Gangguan debu material	Trainer	Tambahan trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Penutup wajah
6	Tata letak tidak teratur	Trainer	Tambahan trainer	Penekanan pada program budaya K3 dan 5S.	Tata letak yang benar

Pada tahap ini mempunyai tujuan yaitu membuat desain sistem kerja dan mengalokasikan personel yang bertanggungjawab untuk membuat alternatif peningkatan sistem kerja. Sistem kerja yang lama bersifat langsung dan tidak ergonomis, sementara sistem kerja yang baru mempertimbangkan kenyamanan peserta pelatihan untuk mencapai tingkat kompetensi yang diinginkan.

Tabel 4. Perbedaan Sistem Kerja Lama dan Sistem Kerja Baru

No.	Faktor	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1.	Lingkungan Fisik		
	a. Polusi / udara berdebu.	a. Tidak menggunakan masker.	a. Menggunakan masker.
	b. Suhu panas.	b. Pendingin udara / AC.	b. Pendingin udara / AC.
	c. Tingkat kebisingan mesin tinggi.	c. Tidak menggunakan penutup telinga.	c. Menggunakan penutup telinga.
	d. Pencahayaan tidak memadai	d. Pencahayaan tidak memadai.	d. Pencahayaan minimum 600 lumen.
2.	Kelelahan	Penyediaan air mineral biasa.	Penyediaan dispenser untuk air minum panas dan dingin dalam mempermudah akses.
3.	Musculoskeletal	Tidak ada latihan peregangan.	Ada latihan peregangan.
4.	Risiko cedera	Fasilitas kerja non ergonomis.	Fasilitas kerja ergonomis (penyediaan bahan, meja dan kursi, dan tumpuan kaki).
5.	Tata letak kerja	Tata letak kerja diputar.	Tata letak kerja berdampingan.

No	Sebelum	Sesudah
1	 Pengerjaan Tanpa Ukuran	 Pengerjaan Menggunakan Ukuran
2	 Operator Tanpa Menggunakan Pelindung	 Operator Menggunakan Pelindung
3	 Design Awal	 Desain Baru
4	 Pengerjaan Proses Awal	 Pengerjaan Proses Baru

Gambar 1. Analisis Proses Sistem Kerja Sebelum - Sesudah

Evaluasi hasil meningkatkan desain untuk mencapai tahap konsep akhir. Evaluasi peningkatan desain adalah sebagai berikut :

1. Tahap satu : dimensi untuk meja disesuaikan dengan antropometri pengguna dalam posisi berdiri ; dimensi untuk kursi disesuaikan dengan antropometri pengguna dalam posisi duduk untuk berdiri ; sandaran kaki disesuaikan dengan antropometri pengguna ; kursi dan meja harus disebelah kiri mesin ; kursi, meja dan bahan sandaran kaki harus merupakan bahan higienis yang dapat diterima.
2. Tahap dua : hasil FGD pada tahap ini mengacu pada tahap pertama dan melakukan beberapa perbaikan dengan menambahkan atau menempatkan sandaran kaki dibawah meja.
3. Tahap tiga : perbaikan dilakukan pada tahap kedua dengan memasukkan kursi dengan rangka besi atau baja dan alas lingkar yang dilengkapi dengan karet anti slip untuk sol kaki.

Hasil akhir FGD menggunakan fasilitas duduk-ke-berdiri yang dirumuskan oleh para peserta pelatihan, meja kerja, dan sandaran kaki disesuaikan dengan antropometri peserta pelatihan sebagai koreksi alternatif. Evaluasi akhir dilakukan dengan mencapai kesepakatan dalam FGD untuk hasil yang lebih baik.

Dimensi yang digunakan dalam desain fasilitas berdasarkan antropometri peserta pelatihan dan antropometri data yang digunakan adalah :

1. Tinggi dudukan siku dengan rata-rata $92,3 \pm 5$ cm digunakan untuk merancang tinggi meja (A) menggunakan persentil ke 5 dengan demikian dimensi A menjadi 85,8 cm. Persentil ke 5 untuk tinggi meja digunakan untuk memastikan tidak ada jangkauan yang luas atau kondisi yang tidak nyaman.
2. Rata-rata panjang lengan $70,8 \pm 4$ cm digunakan untuk merancang lebar meja (B) menggunakan persentil ke 5 dengan demikian dimensi B menjadi 62,8 cm. Lebar meja menggunakan persentil ke 5 disesuaikan terhadap kebutuhan peserta dengan antropometri terkecil.
3. Rentang lengan dengan rata-rata $152,9 \pm 6$ cm digunakan untuk merancang panjang meja (C) menggunakan persentil ke 5 dengan demikian dimensi C adalah 144,8 cm. Panjang meja menggunakan persentil ke 5 disesuaikan terhadap orang dengan dimensi terkecil.
4. Tinggi pinggul dengan rata-rata $65,3 \pm 5$ cm digunakan untuk merancang ketinggian kursi (D) menggunakan persentil ke 5 dengan demikian dimensi D adalah 60,8 cm. Tinggi kursi menggunakan persentil ke 5 agar supaya tidak diluar jangkauan.
5. Lebar pinggul dengan rata-rata $34,8 \pm 3$ cm digunakan untuk merancang lebar kursi (E) menggunakan persentil ke 5 dengan demikian dimensi E adalah 39,4 cm. Lebar kursi menggunakan persentil ke 5 untuk disesuaikan terhadap lebar pinggul yang lebih besar.
6. Tinggi cahaya dari permukaan meja (F) dirancang 85 cm di atas papan meja menggunakan 2 lampu dengan masing-masing mempunyai kekuatan cahaya 40 watt yang mampu menghasilkan intensitas cahaya sebesar 600 lumen.
7. Ketinggian kursi siku digunakan untuk merancang tinggi sandaran kaki (G). Tinggi persentil ke 5 adalah 86, 4 cm, tetapi ketinggian permukaan meja adalah 100 cm. Tinggi sandaran kaki (G) adalah 13,6 cm.

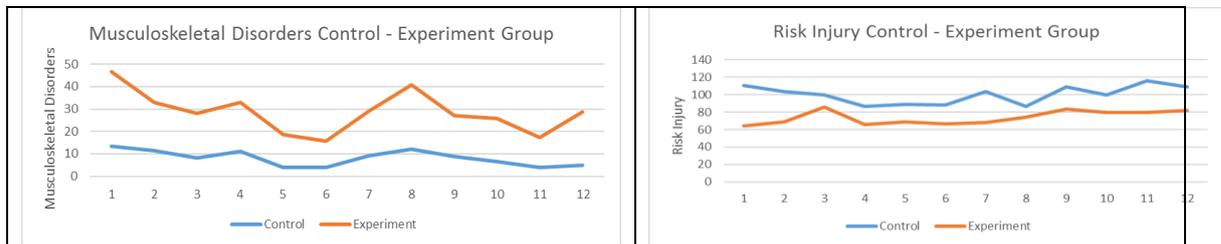
Perbedaan antara tata letak sebelumnya dan baru adalah sebagai berikut :

- a. Tata letak sebelumnya menempatkan peserta pelatihan di belakang mesin, memaksanya untuk berputar untuk mengerjakan mesin bubut.
- b. Tata letak baru termasuk kursi tambahan dan meja kerja bubut terbaru.
- c. Posisi meja diletakkan di sebelah kiri mesin bubut.

Desain sistem kerja yang didasarkan pada kompetensi dalam program operator mesin bubut dalam mendukung pencapaian kompetensi peserta didik memerlukan integrasi komponen sistem kerja. Faktor lingkungan kerja dan fasilitas kerja harus disesuaikan dengan yang diinginkan untuk peningkatan kinerja. Desain fasilitas kerja yang diterapkan dalam hal ini adalah : kursi duduk, meja bubut dan sandaran kaki. Lingkungan kerja yang ergonomis dicapai dengan menerapkan standar pencahayaan, menggunakan masker untuk melindungi peserta pelatihan dari debu yang terhirup dan menggunakan penutup telinga saat mengoperasikan mesin. Tata letak dicapai dengan menempatkan mesin secara efisien dan pengurangan gangguan muskuloskeletal yang diinginkan dengan peregangan selama 5 menit.

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa hasil akhir dari sistem kerja makro ergonomis diukur dengan uji t berpasangan dengan menggunakan subyek yang sama. Hasil akhir ini direncanakan untuk memiliki kelompok kontrol sebagai subyek yang dilakukan pada waktu yang berbeda. Berdasarkan uji normalitas, data menunjukkan distribusi normal $p > 0,05$. Uji t hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan muskuloskeletal peserta pelatihan dan risiko cedera memiliki kemungkinan 0,00 ($p < 0,05$), menunjukkan bahwa H_0 bisa ditolak. Ini berarti gangguan muskuloskeletal dan risiko cedera menunjukkan penurunan yang signifikan untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Perbedaan rata-rata untuk gangguan muskuloskeletal antara

kelompok kontrol dan kelompok eksperimen adalah 13,34 dalam artian menurun sebesar 64,40 %. Perbedaan rata-rata untuk risiko cedera antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen adalah 7,52 dalam artian menurun sebesar 24,20 %.



Gambar 2. Grafik Penurunan Gangguan Muskuloskeletal dan Risiko Cedera Dalam Kontrol dan Grup Eksperimen

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa desain sistem kerja pelatihan berbasis kompetensi menggunakan makro ergonomi analisis desain (MEAD) mampu mengidentifikasi nilai varian secara negatif mempengaruhi proses kompetensi secara nyata dalam program pelatihan. Berdasarkan uji normalitas, data menunjukkan distribusi normal $p > 0,05$. Uji t hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan muskuloskeletal peserta pelatihan dan risiko cedera memiliki kemungkinan 0,00 ($p < 0,05$), menunjukkan bahwa H_0 bisa ditolak. Ini berarti gangguan muskuloskeletal dan risiko cedera menunjukkan penurunan yang signifikan untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Hal tersebut menunjukkan bahwa gangguan muskuloskeletal dan risiko cedera dapat dikurangi dengan penggunaan desain sistem kerja yang ergonomis serta dapat mengintegrasikan terhadap kursi, meja kerja dan sandaran kaki secara terstruktur. Peningkatan di lingkungan pekerjaan dapat dicapai dengan menerapkan standar yang memadai dan tata ruang secara efektif pada pekerjaan. Tersedianya masker dan penutup telinga pada saat mengoperasikan mesin dan melakukan peregangan sebelum pelatihan dimulai untuk meningkatkan standar kesehatan dan keselamatan. Desain sistem kerja menggunakan MEAD secara signifikan dapat mengurangi gangguan muskuloskeletal dan risiko cedera.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Water, Thomas. *Applications Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*. 1994.
- [2] Niebel B.W. and Freivalds, A. *Methods, Standards and Work Design*, 9th Ed. New York. Mc. Graw Hill. 1999.
- [3] Roebuck, John. *Anthropometric Methods : Designing to Fit The Human Body*, Human Factors and Ergonomics Society. 1995.
- [4] Bidiawati, Ayu J. R. dan Suryani, Eva., 2015, *Improving the Work Position of Worker's Based on Quick Exposure Check Method to Reduce the Risk of Work Related Musculoskeletal Disorders*, Industrial Engineering and Service Science (IESS) 2015. *Procedia Manufacturing*, Vol. 4, pages 496-503. 2015.
- [5] Wardaningsih, Ika, 2016, *Pengaruh Sikap Kerja Duduk Pada Kursi Kerja yang tidak Ergonomis Terhadap Keluhan Otot-Otot Skeletal bagi Pekerja Wanita Bagian Mesin Cucuk di PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta*, Universitas Sebelas Maret.
- [6] Santoso, Sidik., Yasra, Refdilzon., Purbasari, Annisa.. *Perancangan Metode Kerja untuk Mengurangi Kelelahan Kerja pada Aktivitas Mesin Bor di Workshop Bubut PT. Cahaya Samudra Shipyard*, Profesiensi, Vol. 2, No. 2, halaman 155-164. 2014.
- [7] Suma'mur, PK., 2016, *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, CV. Hajimsagung, Jakarta.

- [8] Jing Li, Xianke Huang, Linfan Cui, Nan Chen, Liangti Qu. Review : Preparation and supercapacitor performance of assembled graphene fiber and foam. *Progress in Natural Science : Materials International* 26. 2016: 212–220.
- [9] Zeeshan Baig, Othman Mamat, Mazli Mustapha, Asad Mumtaz, Khurram S. Munir, Mansoor Sarfraz. Investigation of tip sonication effects on structural quality of graphene nanoplatelets (GNPs) for superior solvent dispersion. *Ultrasonic-Sonochemistry* 45. 2018: 133–149.
- [10] Wen Yang, Mei Ni, Xin Ren, Yafen Tian, Ning Li, Yuefen Su, Xiaoling Zhang. Graphene in Supercapacitor Application. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2015; 20:416–428
- [11] Fatima Tuz Johra, Jee-Wook Lee, Woo-Gwang Jung. Facile and safe graphene preparation on solution based platform. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20. 2014:2883–2887