

CAE2013

NATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ERGONOMICS

KAMIS, 12 SEPTEMBER 2013
Ruang Seminar Lantai 5
Gedung Sekolah Pascasarjana
Universitas Gadjah Mada

PROSIDING



Ergonomics for Special Needs



LABORATORIUM ERGONOMIKA
Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

ISBN 978-602-14349-0-1

Pengantar

Ergonomika telah berkembang pesat dan semakin dikenal oleh masyarakat luas. Ergonomika merupakan bidang ilmu yang berhubungan dengan interaksi antara manusia dan elemen lain dalam suatu sistem kerja dengan tujuan mengoptimalkan *human well-being* dan performansi sistem.

Konferensi nasional ini diselenggarakan sebagai sarana untuk memperluas pengetahuan, forum diskusi, tukar informasi dan menjalin kerjasama antar peneliti dan praktisi dari berbagai latar belakang bidang ilmu. Dari konferensi nasional ini diharapkan dapat diperoleh kesamaan visi dan misi yang bermanfaat bagi perkembangan aplikasi ergonomika di Indonesia.

Topik utama konferensi nasional ini adalah: *Ergonomics for Special Needs*, karena orang dengan kebutuhan khusus perlu diberikan hak yang sama dengan orang biasa. Namun demikian, topik bidang ergonomika lainnya juga dapat disampaikan dalam konferensi ini.

NATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ERGONOMICS berjudul: "*Ergonomics for Special Needs*", yang diselenggarakan oleh Laboratorium Ergonomika, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM, pada tanggal 12 September, merupakan CAE yang keempat sejak tahun 2008.

Di dalam konferensi ini dipresentasikan sejumlah 62 makalah, yang meliputi topik:

1. *Anthropometry*
2. *Human Physiology and Biomechanics*
3. *Cognitive Ergonomics*
4. *Environmental Ergonomics*
5. *Safety and Health*
6. *Macro Ergonomics*
7. *Workplace Design and Evaluation*
8. *Product Design and Evaluation*
9. *Usability and Human Computer Interactions*

Walaupun, dalam penyusunan prosiding, telah diusahakan semaksimal mungkin, namun masukan dan kritik dari para pembaca masih sangat diharapkan.

Konferensi ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pembicara inti, pemakalah, peserta, dan semua pihak yang telah membantu terselenggaranya konferensi ini.

Ketua Panitia

Andi Rahadiyan Wijaya, ST. M.Sc. Lic., Ph.D
NIP. 197402261999031001



LABORATORIUM PENDIDIKAN VOKASI LAS LENGAN ROBOT YANG NYAMAN, SEHAT DAN AMAN

Ketut Ima Ismara

Fakultas Teknik UNY

E-mail: kimaismara@gmail.com

Abstrak

Kompetensi lulusan dapat ditingkatkan melalui pengembangan proses belajar di laboratorium pendidikan vokasi teknik yang nyaman, sehat dan aman (K3). Pendukung proses belajar tersebut meliputi tempat belajar dan lingkungan belajar yang mengakomodasi keterbatasan mahasiswa. Hasil analisis ruang las lengan robot di industri mitra sebagai model digunakan untuk mendesain ulang laboratorium pendidikan las di FT UNY. Kelayakan hasil ditentukan melalui audit-trail secara triangulasi oleh para ahli yang relevan, yaitu dosen pengampu, pimpinan industri, dan teknisi atau tenaga ahli di industri. Kemudian secara simulatif diujicobakan kepada kelompok operator di industri mitra dan mahasiswa sebagai calon pengguna. Keberhasilan diukur menggunakan indikator kemudahan penerapan, kelebihan, kekurangan, peluang penyempurnaan kembali dan hambatan yang akan timbul. Hasil penelitian adalah draft desain ulang laboratorium pendidikan vokasi teknik las menggunakan lengan robot dengan mempertimbangkan K3, 5S dan ergonomika. Hasil penilaian dari para ahli menunjukkan telah memenuhi kriteria ergonomic check point, K3 dan 5S, diasumsikan akan menjadi lebih nyaman, sehat dan selamat.

Kata kunci: laboratorium vokasi, las, K3, ergonomika

1. Pendahuluan

Tata letak laboratorium pendidikan vokasi teknik harus dapat memperlancar proses belajar praktik secara cepat, akurat, dan relevan. Selain itu juga dapat memberikan jaminan keselamatan dan kesehatan, serta ketenangan dan kenyamanan sehingga diharapkan dapat mendukung efisiensi dan efektivitas proses belajar praktek.

Masalahnya adalah bagaimana analisis dan desain ulang sebuah laboratorium pendidikan vokasi pada proses otomasi las dengan lengan robot yang nyaman, sehat, dan selamat, sehingga mampu meningkatkan produktivitas belajar. Desain laboratorium pendidikan vokasi ini meliputi dimensi, ukuran, cakupan jangkauan dan tata letak meja belajar, kursi, mesin atau peralatan pendukung lain yang dikaitkan dengan keterbatasan pengguna.

1.1 Tata Letak Laboratorium

Tata letak laboratorium pendidikan vokasi teknik las meliputi penggunaan ruang untuk tempat robot dan perlengkapan pendukungnya, yang bertujuan untuk memperlancar proses belajar praktek. Mengadopsi Apple (1990) tempat kerja dalam laboratorium pendidikan vokasi adalah ruangan yang didesain dengan baik untuk mesin atau meja belajar, dan peralatan pendukung, yang dapat menunjang produktivitas belajar.

Desain ulang tata letak tempat belajar yang mengakomodasi keterbatasan antropometris, bertujuan agar para mahasiswa dapat melakukan kegiatannya dengan nyaman, sehat, dan selamat, sehingga tidak menimbulkan penyakit akibat kerja praktek, misalnya CTDs (Walters & Sticoff, 1995). Harapannya proses belajar praktek dapat berjalan dengan lebih efisien dan efektif, berkualitas dan prestatif.

Interaksi yang baik antara robot las dan penggunaannya didasarkan pada data antropometri dan keterbatasan gerakan mahasiswa (*human-factor*). Gerakan yang canggung, janggal atau ekstrim, perlu banyak pengulangan dan perlu tenaga yang berlebihan dapat direduksi dengan pengaturan tata letak mesin las lengan robot, peralatan atau perlengkapan pendukung dan bahan baku lainnya. Antropometri digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam desain ulang, yang meliputi



pengukuran dimensi dan karakteristik tertentu seperti bentuk, ukuran, tinggi, lebar, berat dari tubuh manusia seperti volume, titik berat, perangkat inersia dan masa dari bagian-bagian tubuh. (Wigjosoebroto, 1995).

1.2 Las dengan Lengan Robot

Barnes (1990), dan Pulat (1992) mengartikan otomasi sebagai mekanisasi dalam proses kerja, untuk kepentingan kemudahan, penghematan biaya, dan peningkatan hasil kerja secara masal dan terstandar. Robot diartikan sebagai segala peralatan otomatis berupa manipulator multifungsi yang dapat diprogram menggantikan sebagian fungsi manusia untuk melakukan tugas yang berbahaya, dalam hal ini las di industri manufaktur, lebih efisien dan efektif jika hanya menggunakan lengan robot saja. Penggunaan robot, bertujuan untuk mendukung kenyamanan, keselamatan, keamanan, dan kesehatan, serta mengatasi keterbatasan manusia. Selanjutnya Pulat (1992) dan Sugiyanto (2000) menyatakan bahwa keberadaan otomatisasi, akan sangat mempengaruhi bagaimana interaksi manusia dan mesin, yang diakomodasi dalam desain ulang sistem belajar praktek las dengan lengan robot yang ergonomik, terkait dengan *human-robot interactions*.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian R & D ini terbatas sampai pada tahap uji coba kelayakan *draft* hasil desain. Studi kasus yang digunakan adalah 2 industri menengah yang telah mulai menerapkan teknologi robot dalam proses pengelasan produk manufakturnya. Analisis campuran (*mix*) melalui pengamatan mendalam di tempat kerja las lengan robot industri mitra, meliputi pengumpulan data menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode observasi, wawancara dan konten analisis terhadap data dokumentasi. Tahap ini dilengkapi dengan pengukuran secara langsung dimensi tempat belajar, peralatan pendukung, dan antropometri pengguna.

Hasil analisis studi kasus di atas digunakan untuk menyusun desain ulang berupa gambar sketsa, konstruksi, dan sistem kegiatan yang disesuaikan dengan penggunaannya. Uji coba hasil desain secara teoritik melalui *audit-trail* secara *triangulasi* dari para ahli relevan, menggunakan pendekatan ECCS (*eliminate, combine, change, simplify*) dan QFD (*quality function deployment*). Indikator yang digunakan adalah kemudahan penerapan (*applicative, adaptability and flexibility*), kelebihan (*strength*), kekurangan (*weakness*), peluang penyempurnaan kembali (*opportunity*) dan hambatan yang mungkin timbul dalam penerapan (*threat*). Deskriptornya adalah lebih nyaman, sehat dan selamat, dengan mengakomodasi faktor-faktor manusia (*human factor*).

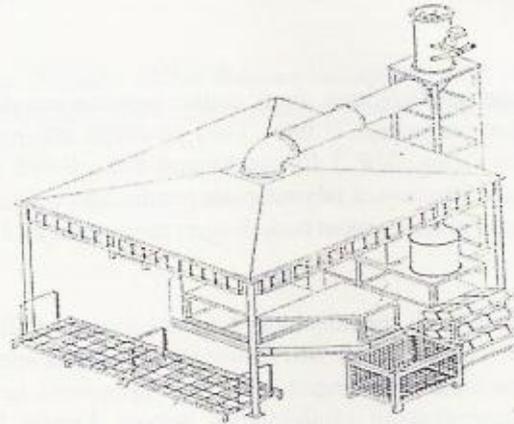
Rancangan ini meliputi desain ulang tata letak laboratorium pendidikan vokasi untuk proses belajar praktek las menggunakan lengan robot. Data flow diagram dan flowchart digunakan untuk memaparkan urutan proses belajar berdasarkan *motion and time analysis* dan untuk menentukan *critical control point* yang perlu penekanan pentingnya sentuhan aspek K3, 5S dan ergonomika.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisis maka ruangan dibagi menjadi ruang belajar dan praktek las, diatur dalam konfigurasi U/L untuk keleluasaan gerak mahasiswa. Ruangan ini dilengkapi dengan poster promosi yang bersifat provokatif dan preventif, berupa manual operasi belajar terstandar, informasi tentang K3, prosedur evakuasi keadaan darurat, 5S dan peningkatan kualitas produk.

Luas ruangan belajar las yang dibutuhkan adalah 12x5m dimana setiap robot dipisahkan oleh pengaman (*safety fence*) dari bahan yang tembus pandang yang secara otomatis akan menutup ketika proses praktek pengelasan berlangsung, dilengkapi dengan saluran udara untuk mengeluarkan bahaya gas dan debu.





Gambar 1. Ruang Laboratorium Pendidikan Vokasi Las Robot

Dimensi untuk tiap ruang robot berdasarkan panduan *Maintenance and Inspection Robot* adalah 3,296 (l)m x 3,945 (p)m x 3,0 (t)m. Tinggi untuk saluran udara adalah 4,620m. Antar ruang satu dengan lainnya diberi jarak 0,5m dan jarak tembok-robot sekitar 1m mahasiswa lebih leluasa. Pengoperasian lengan robot las melalui *Teach pendant* terletak 1025mm dari atas permukaan lantai, sesuai antropometri mahasiswa saat berdiri. Rentang dimensi belajar sebesar 304,6–426,7 cm.

Kemudahan penerapan (*aplicative, adaptability and flexibility*) desain tersebut relatif baik, karena semua kebutuhan sumber daya pendukung baik informasi, teknologi, perlengkapan, bahan baku maupun tenaga ahli yang terkait telah tersedia dan mudah ditemukan di pasaran Indonesia. Informasi tentang pedoman dan persyaratan desain pun mudah didapatkan. Perbedaan ketinggian tempat penyimpanan terhadap permukaan meja diatur agar memudahkan dalam perpindahan barang dengan memanfaatkan gravitasi. Kelebihan (*strength*) desain tata letak laboratorium pendidikan vokasi telah memenuhi aspek ergonomika, dengan demikian kenyamanan, kesehatan dan keselamatan belajar akan terpenuhi pula.

Deskriptor lebih menyenangkan, nyaman, sehat dan selamat; karena ruang gerak mahasiswa menjadi lebih leluasa dan mengacu pada aspek ergonomis, sehingga memperkecil kemungkinan resiko berbenturan antar lengan robot. Semua mesin, bahan baku dan peralatan pendukung tertata secara rapi dan teratur sesuai dengan kebutuhan sehingga mudah dijangkau (5S), pemenuhan pencahayaan alami melalui atap kaca, dan suhu yang tepat diatur oleh AC split. pengoperasian mesin maupun peralatan lain secara *remote*. Sehat dan selamat karena sumber potensi bahaya dapat diisolasi, dieliminasi dan diproteksi dengan lebih baik oleh *safety fence*, dan *exhaust fan* untuk mengeluarkan asap dan debu. Ketersediaan alat pelindung diri yang lengkap merupakan jaminan keselamatan belajar yang memadai. Mahasiswa yang terjamin kesehatan dan keselamatan belajarnya, akan merasa aman dalam belajar, sehingga dapat meningkatkan produktivitas belajar praktik. Kenyamanan ditentukan oleh suasana, warna dinding, kebersihan, kerapihan, dan keindahan tata letak ruang lab.

Kesadaran terhadap keselamatan yang terkait dengan penggunaan mesin lengan robot las oleh operator dalam suatu ruang belajar dengan tata letak yang didesain menjadi lebih baik, merupakan salah satu *predictor* yang harus diperhatikan. Sebagai contoh adalah bunyi alarm atau tanda terjadinya kegagalan atau selesainya tahapan dalam proses belajar praktik. Hal ini terkait juga dengan abilitas mahasiswa dalam memahami interaksi terhadap mesin dan peralatan tersebut, terkait dengan tata letak ruang belajar, yang disesuaikan dengan karakteristik antropometrik (*human factor*) pengguna. Bagaimana pengguna mempersepsikan elemen lingkungan yang terkait dengan proses belajar praktik, durasi waktu, ukuran, bentuk, berat, warna, ketermudahan jangkauan dan pengoperasiannya, dan bagaimana pemberian makna, atau proyeksi status alat tersebut (misalnya *teach pendant or human-robot interface*) bagi mahasiswa. Dampaknya adalah performansi belajar mahasiswa sebagai pengguna tata letak ruang belajar las dengan lengan robot akan meningkat.



Data penilaian ahli media pembelajaran untuk angket tertutup mendapatkan rerata skor 3.08, simpangan baku 0.282 dengan persentase 77.08%. Data penilaian ahli materi K3 diperoleh untuk angket tertutup mendapatkan rerata skor 3.40, simpangan baku 0.498 dengan persentase 85%. Secara keseluruhan tingkat validitas desain laboratorium pendidikan vokasi pada proses otomasi las lengan robot dari penilaian *user* dikategorikan baik dengan presentase 78.175%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas telah menunjukkan bahwa banyak sekali faktor yang menunjang produktivitas dan performansi belajar. Salah satu faktornya adalah tata letak tempat belajar praktik. Apa yang diungkapkan di atas adalah pandangan dari segi kenyamanan, kesehatan dan keselamatan belajar, sehingga mampu meningkatkan produktivitas belajar. Desain laboratorium pendidikan vokasi teknik ini meliputi dimensi, ukuran, cakupan jangkauan dan tata letak meja belajar, kursi, mesin atau peralatan pendukung lain yang dikaitkan dengan keterbatasan manusia mahasiswanya (*human-factor*).

Hasil desain ini juga dapat dimanfaatkan secara nyata oleh pihak industri sebagai materi pelatihan/diklat kesehatan dan keselamatan kerja (K3) di industri.

Hasil desain laboratorium pendidikan vokasi di atas adalah salah satu usulan perbaikan dari kondisi laboratorium pendidikan vokasi yang lama terutama pada ruang proses belajar praktek las yang rencananya akan menggunakan lengan robot. Harapannya para mahasiswa yang berlatih sebagai operator akan merasa *home*, senang, nyaman, tidak tertekan, sehingga dapat meningkatkan semangat belajar.

Laboratorium pendidikan vokasi yang nyaman, sehat dan selamat, terkait pula dengan penggunaan alat-alat yang disesuaikan dengan antropometri karyawan, dan memperhatikan kaidah manajemen kaizen, sehingga perlu dilakukan redesign tata letak peralatan belajar yang mengacu pada prinsip-prinsip 5S/5R (ringkas, rapi, resik, rawat, dan rajin).

Daftar Pustaka

- Adams, J.A. 1989. *Human Factor Engineering*. New York: Macmillan PC.
- Apple, James M. 1987. *Plant Tata letak and Material Handling*. New York : John Wiley & Sons.
- Barnes, Ralph M. 1990. *Motion and Time Study (Design and Measurement of Work)*. New York : John Wiley & Sons.
- Freeman, Roger L. 2000. *Workplace: OSHA Is Trying to Regulate Injuries to Employees*. <http://www.dgslaw.com/articles/291568.html>
- Hirano, Hiroyuki. 1995. *Penerapan 5S di Tempat Belajar*. Jakarta : PQM Consultants.
- ILO. 1968. *Ergonomic and Physical Environment Factors*. Genewa : International Labour Office.
- Davis, W.S., 1983. *System Analysis and Design a Structured Approach*. Massachusetts: Wesley Addison.
- Jeffrey, L.W., Lonnie, DB. & Thomas, IM. 1986. *System Analysis and Design Methods*. St. Louis: Time Mirror-Mosby CP.
- NIOSH. 2005. *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factor*. Download 22 Januari 2005. <http://www.ede.gov/NIOSH/homepage.html>.
- Osmond, Inc. 2005. *Osmond Ergonomics Workplace Solution*. Download 14 Februari 2005 <http://www.ergoergo.info/workstation.html>
- Panero, Julius and Zelnik, Martin. 1980. *Human Dimension and Interior Space: A Source Book of Design Reference Standarts*. USA: Whitney Library Of Design.
- Pulat, Mustafa. 1992. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. New Jersey : Prentice Hall.
- Sutalaksana, Anggawisastra dan Tjakraatmaja. 1989. *Teknik dan Tata Cara Belajar*. Bandung : ITB.
- Sastrowinoto, S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*. Jakarta: PT. Pratinja.
- Suzaki, Kiyoshi. 1997. *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuing Improvement*. California: Diamond Pub. Comp.
- Wignjosebroto, Sritomo. 2000. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Belajar*. Edisi 1 Cetakan kedua. Surabaya : Guna Widya.

