

**ANALISIS ERGONOMI TERHADAP KONDISI INTERAKSI MANUSIA-MESIN  
MELALUI PENDEKATAN PARTISIPATORI PADA BENGKEL KAYU  
JURUSAN TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BALI (PNB)**

Lilik Sudiajeng<sup>1</sup>, Titin Isna Oesman<sup>2</sup>, Nyoman Sutapa<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 17 Maret 2010, revisi masuk : 4 Juli 2010, diterima: 27 Juli 2010

**ABSTRACT**

*Woodworking industries is one of the funding resources of Indonesia. Mechanization was done but less awareness of occupational safety and health, so there were still high risk of occupational accidents and diseases. One of the main problems was man-machine interaction. Research was conducted at the woodworking workshop Bali State Polytechnic with 13 students as participants. It was a participatory research with one group pre and post test design. Result showed that the clearance among machines was about 1.2 – 1.5 m, while the shoulder width and the distance of spreading arms' participants were 0.52 m and 1.825 m (percentile-95). The terminal blade of radial saw was 30.5 cm out of reach limit (percentile-5). In addition, the terminal ankle blade of drilling machine was 36.5 cm out of reach limit (percentile-5). Participants got complains for the right shoulder (76.92%), left shoulder (69.23%), the right and left hips (61.54%) and low back (53.85%). In similarities, 54.62% of participants got weakened activities, 44.62% got weakened motivation and 68.46% got physically fatigue. In conclusion, the man-machine interaction was not harmony and caused musculoskeletal complain and fatigue. It is needed the improvement of work condition to protect the workers' safety and health.*

**Keywords:** *man-machine interaction, participatory approach, the woodworking workshop.*

**INTISARI**

Industri kayu di Indonesia merupakan andalan sumber keuangan Negara. Mekanisasi dilakukan namun kurang memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja, sehingga risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja masih tinggi. Salah satu penyebabnya adalah kondisi interaksi manusia-mesin yang kurang harmonis. Penelitian dilakukan pada bengkel kayu Politeknik Negeri Bali dengan subjek 13 orang mahasiswa. Penelitian dilakukan melalui pendekatan partisipatori dengan rancangan *one group pre and post test design*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak antar mesin 1,2 - 1,5 m, sedangkan lebar bahu dan bentang lengan mahasiswa (persentil-95) adalah 0,52 m dan 1,825 m. Terminal pisau mesin gergaji potong 30,5 cm di luar batas jangkauan lengan (persentil-5), sedangkan posisi awal engkel mesin bor 36,5 cm di atas batas jangkauan lengan mahasiswa (persentil-5). Subjek menderita gangguan otot pada bahu kanan (76,92 %), bahu kiri (69,23 %), paha kanan dan kiri (61,54 %) serta pinggang (53,85%). Sementara itu, 54,62 % mahasiswa mengalami pelemahan kegiatan, 44,62 % mengalami pelemahan motivasi, dan 68,46 % mengalami kelelahan fisik. Sebagai kesimpulan, interaksi manusia-mesin kurang harmonis dan menyebabkan gangguan otot serta kelelahan. Oleh karenanya perlu dilakukan perbaikan kondisi kerja agar keselamatan dan kesehatan mahasiswa lebih terjamin.

**Kata kunci:** interaksi manusia-mesin, pendekatan participatory, bengkel kayu

<sup>1</sup>diajenglilik@yahoo.com

<sup>2</sup>ti\_oesman@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Industri kayu merupakan andalan sumber keuangan dan penyumbang devisa yang besar bagi Negara. Nilai ekspor dari tahun ke tahun meningkat dan konsumen yang terbesar adalah sektor perumahan dan konstruksi dengan nilai ekspor mencapai US\$ 3,14 milyar atau 41,76 % dari total nilai ekspor (Media Industri, 2007). Meningkatnya kebutuhan kayu mendorong berkembangnya industri kayu di seluruh Indonesia, termasuk di Bali. Untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi, mekanisasi telah dilakukan dengan memanfaatkan mesin-mesin kayu berteknologi tinggi. Namun kurang diimbangi oleh perhatian terhadap jaminan kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan kerja, sehingga risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja masih tinggi. Salah satu penyebabnya adalah karena mesin yang digunakan pada umumnya diimpor dari negara-negara maju seperti Eropa dan Amerika dengan kurang diikuti oleh proses alih teknologi yang memadai serta kurang mempertimbangkan keterbatasan dan kesiapan potensi lokal, termasuk potensi SDM. Karakteristik pekerjaan, kondisi lingkungan dan organisasi kerja yang kurang proporsional dapat menimbulkan gangguan kesehatan, kelelahan, penurunan kewaspadaan, peningkatan angka kecelakaan kerja dan pada akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi dan produktivitas kerja (Manuaba, 2000; Grandjean, 1993; Pulat, 1992; Sanders & McCormick, 1987). Varonen & Mattila (2000) melaporkan bahwa kecelakaan kerja di industri kayu antara lain disebabkan oleh kondisi kerja khususnya yang terkait dengan organisasi dan tindakan pencegahan yang dilakukan oleh perusahaan dengan ( $r > 0,60$ ) dan perilaku pekerja serta pengawasan ( $0,199 < r < 0,40$ ).

Menurut data U.S. Department of Labor (2007), pada tahun 1997, untuk setiap 10.000 pekerja, rata-rata jumlah kasus sakit atau kecelakaan kerja kayu untuk pekerjaan konstruksi mencapai 445,2 kasus/tahun, sedangkan untuk

pekerjaan perabotan rumah tangga mencapai 167,8 kasus/tahun.

Di Indonesia, pendataan angka kecelakaan dan sakit akibat kerja masih bersifat umum. Data Jamsostek yang dikutip oleh Markkanen (2004) menunjukkan bahwa pada tahun 1999, total kasus kecelakaan yang tercatat mencapai 80.542 kasus dengan total kompensasi yang dibayarkan mencapai 83 milyar rupiah. Dari data tersebut terlihat bahwa angka kecelakaan kerja di Indonesia masih tinggi.

Bertitik tolak dari latar belakang dan pemikiran tersebut, maka untuk mengetahui secara lebih terukur kondisi kerja, khususnya kondisi interaksi manusia-mesin dan dampaknya terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja, maka perlu dilakukan analisis ergonomi melalui pendekatan partisipatori.

Penelitian dilakukan pada bengkel kayu Jurusan Teknik Sipil PNB dengan rancangan *one group pre-posttest design*. Subjek adalah 13 mahasiswa peserta praktek kerja kayu pada tahun akademik berjalan. Selanjutnya dilakukan pengukuran langsung terhadap *hardware* (tata letak, tinggi dan lebar meja kerja serta posisi pisau) dan sarana kerja pendukung lainnya. Di samping itu juga dilakukan observasi terhadap posisi kerja, sikap dan cara kerja serta wawancara langsung dengan subjek. Pengambilan foto dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi interaksi antara subjek dengan mesin kayu dan sarana kerja yang lainnya. Beban kerja dihitung berdasarkan parameter denyut nadi kerja dengan menggunakan metode 10 denyut dengan cara palpasi pada arteri radialis yang dilakukan sebelum kerja dan sebelum istirahat. Data gangguan sistem muskuloskeletal diperoleh melalui pengisian kuesioner *Body Map for evaluating body part discomfort*, sedangkan kelelahan subjektif diukur dengan menggunakan kuesioner 30 item pertanyaan. Analisis perbedaan kemaknaan rerata *pre-posttest* dilakukan dengan *t-paired test* pada tingkat kemaknaan ( $\alpha=0,05$ ), sedangkan hasil pengisian kuesioner keluhan dan kelelahan subjektif dianalisis secara proporsional.

## PEMBAHASAN

Keserasian interaksi manusia (*liveware*)-mesin (*hardware*). Dalam hal perancangan alat kerja, penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) atau rancang ulang (*redesign*) yang disesuaikan dengan kemajuan teknologi dengan tanpa melupakan unsur anatomi, psikologi, lingkungan, dan kesehatan kerja. Untuk memudahkan proses perancangan atau perbaikan suatu produk / alat bantu kerja, diperlukan pemahaman tentang antropometri, yaitu ilmu yang mempelajari proporsi ukuran dari setiap bagian tubuh manusia (Pulat, 1992). Data ukuran tubuh ini digunakan untuk menentukan dimensi atau ukuran alat dan perlengkapan kerja sehingga tercipta keserasian antara alat dengan pemakaiannya (Manuaba, 2000; Sanders & McCormick, 1897; Grandjean, 1993 ; Pulat, 1992; Suma'mur, 1982).

Menurut Pheasant (1988), ada tiga informasi penting yang diperlukan untuk dapat memilih ukuran terbaik yang menciptakan keserasian antara pekerja dengan mesin, yaitu karakteristik ukuran tubuh dari populasi pengguna; bagaimana karakteristik ukuran tubuh tersebut memberikan rasa nyaman dalam bekerja; dan kriteria tentang keserasian yang efektif antara hasil rancangan/produk dengan pengguna.

Atas dasar teori tersebut, maka untuk menciptakan keserasian antara alat kerja dengan pengguna, maka aspek ergonomi yang perlu diperhatikan sehubungan dengan ukuran tubuh populasi mahasiswa dalam praktek kerja kayu adalah ruang gerak (*clearance*) dan jangkauan (*reach*)

Pada faktor ruang gerak (*clearance*) penempatan alat atau material harus diatur sedemikian rupa sehingga mahasiswa mempunyai ruang gerak yang optimal untuk bekerja dengan aman dan nyaman. Ruang gerak yang tersedia harus dirancang berdasarkan ukuran pengguna (95 persentil), karakteristik dan jenis aktivitas. Hasil penelitian menunjukkan sirkulasi kerja yang kurang memadai. Jarak antara mesin yang satu ke yang lainnya berkisar antara 1,2 m – 1,5 m. Pada umumnya

mahasiswa hilir-mudik, berpindah dari mesin yang satu ke mesin yang lainnya sambil membawa kayu dengan ukuran panjang sekitar 1,5 m. Hasil analisis data antropometri mahasiswa menunjukkan bahwa ukuran lebar bahu dan jarak bentang ujung jari kiri dan kanan pada persentil-95 masing-masing adalah 0,52 m dan 1,825 m. Dengan demikian, areal sirkulasi yang ada relatif sempit untuk memfasilitasi pergerakan mahasiswa selama melakukan tugasnya. Areal sirkulasi yang sempit dengan aktivitas yang dinamis sangat memungkinkan terjadinya kecelakaan kerja seperti tertabrak, menabrak dan tersandung. Data yang dilaporkan oleh *the U.S Bureau of Labor Statistic's Supplementary Data Sistem* pada tahun 1987 menunjukkan bahwa kecelakaan kerja yang sering terjadi di industri konstruksi adalah ditabrak : 20,1 %; menabrak : 7,8 %; dan jatuh atau tersandung 6,6 % (Hsiao & Stanevich, 1986). Oleh karena itu, desain stasiun kerja perlu mempertimbangkan areal sirkulasi kerja. Bila dilihat dari penempatan mesin-mesin pada bengkel kerja kayu Jurusan Teknik Sipil PNB yang sudah bersifat permanen, maka sangat sulit dan memerlukan investasi besar untuk melakukan redesain ruang gerak melalui rekayasa teknik. Langkah perbaikan yang mungkin dapat dilakukan adalah melalui perbaikan organisasi.

Pada faktor jangkauan (*reach*) penempatan bahan dan alat bantu kerja harus disesuaikan dengan jangkauan lengan maksimal (5 persentil). Dari hasil penelitian diketahui bahwa untuk bisa menjangkau material dan alat bantu, mahasiswa harus membungkuk atau menjangkau terlalu jauh dari posisi kerjanya. Pada mesin potong, mahasiswa harus menjangkau pegangan pisau yang berada 30,5 cm di luar batas jangkauan lengan (persentil-5) yang memaksa mahasiswa untuk membungkuk pada saat mengoperasikan mesin (Gambar 1). Sedangkan pada mesin bor, posisi awal engkel berada 36,5 cm di atas batas jangkauan lengan mahasiswa (persentil-5) yang memaksa mahasiswa untuk mengangkat lengan untuk menjangkau engkel tersebut (Gambar 2).

Permasalahan interaksi manusia-mesin yang kurang proporsional juga dijumpai pada proses perakitan benda kerja. Hal ini terjadi karena tidak tersedianya meja perakitan sehingga memaksa mahasiswa untuk melakukan perakitan benda kerja dalam sikap jongkok (Gambar 3).

Posisi terminal pisau di luar jangkauan maksimal mahasiswa



Gambar 1 Sikap kerja mahasiswa pada saat mengoperasikan mesin gergaji potong

Lengan atas terangkat dengan sudut > 23° dengan sumbu tubuh



Gambar 2. Posisi awal engkel dan sikap lengan mahasiswa saat mengoperasikan mesin bor

Ketidaksesuaian dimensi mesin dengan antropometri mahasiswa, kondisi interaksi manusia-mesin yang tidak harmonis juga dapat menyebabkan kurangnya pemahaman mahasiswa terhadap sikap kerja yang sehat dan aman. Posisi meja kerja pada mesin serut dan belah sebenarnya dapat diatur sesuai dengan batasan jangkauan mahasiswa, namun pengaturan seringkali tidak dilakukan sehingga pada akhirnya mahasiswa melakukan tugasnya dengan sikap kerja yang tidak alamiah.

Sikap jongkok

Sikap membungkuk



Gambar 3. Sikap kerja sebelum menggunakan meja kerja untuk proses perakitan

Kondisi interaksi manusia-mesin yang kurang harmonis menyebabkan timbulnya sikap kerja paksa, keluhan muskuloskeletal dan pengerahan tenaga otot yang berlebihan dan pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya kelelahan dini (Grandjean, 1993; Pulat, 1992; Sanders & McCormick, 1987). Oleh karena itu diperlukan langkah perbaikan, di antaranya dengan melakukan redesain meja kerja yang sesuai dengan jenis pekerjaan, kapasitas jangkauan lengan dan tidak menimbulkan sikap kerja paksa.

Beban angkat harus disesuaikan dengan kekuatan mahasiswa. Dimensi dan panjang kayu menentukan berat-ringannya beban yang diangkat oleh mahasiswa. Mahasiswa perlu memahami batas kemampuan angkat masing-

masing sehingga dapat menentukan kapan suatu beban mampu diangkat sendiri atau harus berdua dengan rekan kerjanya. Beban yang diangkat oleh mahasiswa yang dominan adalah bahan kayu kruing dengan ukuran 6 cm x 15 cm x 400 cm atau seberat kurang lebih 30 kg dan benda jadi seberat kurang lebih 45 kg. Menurut Grandjean (1993), untuk laki-laki muda dengan sikap kerja pada saat mengangkat beban adalah berdiri, mengangkat dengan dua tangan, jarak jangkauan kurang lebih  $\frac{1}{2}$  lengan, frekuensi  $\leq 1$  kali per menit, dan posisi beban angkat di depan tubuh seperti yang dilakukan oleh mahasiswa, beban angkat maksimum adalah 25 kg. Oleh karena itu, untuk pengangkatan beban yang diperkirakan  $> 25$  kg, maka harus dilakukan oleh dua orang.

Pengaruh interaksi manusia-mesin terhadap gangguan sistem muskuloskeletal menurut Grandjean (1993), secara garis besar keluhan otot dikelompokkan menjadi dua, yaitu: Keluhan Sementara (*reversible*), keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, keluhan tersebut akan segera hilang apabila pemberian beban dihentikan dan Keluhan Menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pemberian beban kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Keluhan otot skeletal ini terjadi karena adanya sikap tubuh tidak alamiah yang disebabkan oleh adanya ketidaksesuaian antara dimensi dan desain alat/ sarana kerja dengan ukuran tubuh pekerja (Manuaba 2000; Grandjean 1993; Pheasant 1988; Woodson, 1986). Di samping itu keluhan otot skeletal juga disebabkan oleh kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Keluhan otot tidak akan terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar 15 – 20% kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20% maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme

karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat (Grandjean, 1993; Suma'mur, 1982). Untuk jenis pekerjaan mengangkat dan mengangkut dengan sikap kerja berdiri dan berjalan, maka bagian tubuh yang rentan terhadap keluhan otot skeletal adalah bahu, lengan atas, lengan bawah, tangan, punggung, pinggang, lutut, betis, dan kaki. Hasil pengukuran keluhan otot melalui kuesioner *Nordic Body Map* yang dilakukan segera setelah menghentikan pekerjaan menunjukkan bahwa gangguan otot skeletal yang paling banyak dirasakan oleh mahasiswa adalah pada bahu kanan (76,92 %), bahu kiri (69,23 %), paha kanan dan kiri (61,54 %) dan pinggang (53,85%). Gangguan otot lainnya adalah pada leher bagian bawah, punggung, lengan atas kanan, lengan bawah kiri, pergelangan tangan kanan dan kiri, tangan kiri, lutut kiri dan pergelangan kaki kanan (46,15 %). Di samping dapat memberikan beban tambahan, keluhan otot skeletal ini juga dapat mempercepat terjadinya kelelahan.

Pengaruh interaksi manusia-mesin terhadap kelelahan. Kelelahan bagi setiap orang bersifat subjektif karena terkait dengan perasaan. Hasil penelitian para ahli menyatakan bahwa keadaan dan perasaan lelah adalah reaksi fungsional dari pusat kesadaran yaitu korteks kerebri, yang dipengaruhi oleh dua sistem antagonis yaitu sistem penghambat (inhibisi) dan sistem penggerak (aktivasi). Sistem penghambat terdapat dalam *thalamus* yang mampu menyebabkan kecenderungan untuk tidur. Adapun sistem penggerak terdapat dalam *formatio retikularis* yang dapat merangsang pusat-pusat vegetatif untuk konversi *ergotropis* dari peralatan dalam tubuh ke arah bekerja. Maka keadaan seseorang pada suatu saat tergantung kepada hasil kerja dua sistem tersebut. Apabila sistem penghambat lebih kuat, maka seseorang akan berada dalam kelelahan atau sebaliknya apabila dalam sistem aktivasi lebih kuat maka seseorang dalam keadaan segar untuk bekerja (Grandjean, 1993; Suma'mur, 1982). Secara umum gejala kelelahan dapat dimulai dari yang sangat ringan

sampai perasaan yang sangat melelahkan. Kelelahan subjektif biasanya terjadi pada akhir jam kerja, yaitu apabila rerata beban kerja melebihi 30 – 40% dari tenaga aerobik maksimal (Pulat, 1992; Astrand & Rodahl, 1977). Hasil pengukuran tingkat kelelahan melalui pengisian kuisisioner 30 pertanyaan menunjukkan bahwa 54,62 % mahasiswa mengalami pelemahan kegiatan, 44,62 % mahasiswa mengalami pelemahan motivasi, dan 68,46 % mahasiswa mengalami kelelahan fisik. Dari data hasil pengukuran tingkat kelelahan tersebut terlihat bahwa beban kerja yang dominan adalah beban kerja fisik.

Penilaian beban kerja fisik. Beban kerja fisik adalah beban kerja yang disebabkan oleh faktor eksternal yang bersifat fisik yang melibatkan kelompok otot dalam jumlah besar, lebih membutuhkan konsumsi energi dan dapat memberikan beban yang kuat pada jantung dan paru (Grandjean, 1993). Untuk penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan secara objektif baik secara langsung maupun tidak langsung sebagai berikut (Astrand & Rodahl, 1977; Louhevaara, 1995) Penilaian secara langsung yaitu penilaian secara langsung dapat dilakukan melalui penghitungan kebutuhan energi yang diperlukan untuk melakukan tugas, yaitu dengan mengukur konsumsi oksigen selama bekerja (misalnya dengan menggunakan oxycon 4). Cara ini lebih akurat, tetapi hanya bisa digunakan untuk waktu kerja yang pendek sehingga kurang menggambarkan tingkat beban kerja secara umum atau sepanjang jam kerja.

Penilaian secara tidak langsung Penilaian beban kerja secara tidak langsung dapat dilakukan dengan merekam denyut nadi selama bekerja (Adiputra, 2002). Denyut nadi kerja dapat menggambarkan tingkat beban kerja karena untuk kerja dinamik yang melibatkan kelompok otot dalam jumlah besar, terdapat hubungan linier antara kebutuhan energi dengan denyut nadi. Untuk tuntutan tugas yang berbeda, hubungan tersebut dapat berubah menjadi tidak linier, terutama bagi seseorang yang kurang terlatih atau memiliki tingkat kebugaran (kesegaran

jasmani) yang rendah, namun tetap mencerminkan adanya hubungan antara kebutuhan energi dengan denyut nadi (Pheasant, 1991).

Di samping melalui penghitungan kebutuhan energi dan denyut nadi, berat ringannya beban kerja juga dapat diketahui dengan menghitung kapasitas ventilasi paru pada suhu inti tubuh. Pada batas tertentu, ventilasi paru, denyut jantung, dan suhu tubuh mempunyai hubungan yang linier dengan konsumsi oksigen (Grandjean, 1993; Christensen, 1991). Selanjutnya, berdasarkan variabel faal (metabolisme, respirasi, suhu tubuh, dan denyut jantung) dapat ditentukan kategori beban kerja seperti dalam Table 1.

Tabel 1. Kategori Beban Kerja Berdasarkan Variabel Faal

Kategori Beban Kerja	VO <sub>2</sub> (l/mnt)	Denyut Jantung (denyut/min)	Kebutuhan Daya (kj/menit)
Ringan	< 0,5	< 90	< 10,5
Sedang	0,5 – 1,0	90 – 110	10,5 – 21
Berat	1,0 – 1,5	110 – 130	21 – 31,5
Sangat berat	1,5 – 2,0	130 - 150	31,5 – 42
Sangat berat sekali	> 2,0	150 - 170	> 42

Sumber : Bridger (2003), halaman 203.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata denyut nadi kerja mahasiswa adalah 112 denyut/menit. Ini berarti bahwa beban kerja mahasiswa selama mengikuti praktek kerja kayu dalam kategori berat. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa keluhan otot dan kelelahan lebih disebabkan oleh adanya interaksi manusia-mesin yang kurang harmonis yang menyebabkan adanya sikap kerja paksa dan pengerahan tenaga otot yang berlebihan.

## KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan seperti tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa telah terjadi interaksi yang kurang harmonis antara manusia-mesin pada bengkel kerja kayu Jurusan Teknik Sipil PNB. Hal ini terbukti dengan adanya sikap kerja paksa dan gerakan menjangkau berlebihan (badan membungkuk, sikap kerja jangkak, lengan

terangkat tinggi). Akibat interaksi manusia-mesin yang kurang harmonis, mahasiswa mengalami gangguan sistem muskuloskeletal secara signifikan pada anggota tubuh bagian pinggang, punggung, bahu, leher, lengan, betis dan telapak kaki. Beban kerja mahasiswa lebih bersifat mental dari pada fisik.

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan perlu segera dipertimbangkan secara mendalam oleh pihak manajemen, redesain stasiun kerja yang didasarkan pada kemampuan, kebolehan dan keterbatasan manusia pemakai, termasuk antropometri mahasiswa. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan sikap paksa waktu kerja. Perlu dilakukan pendekatan *participatory* yang melibatkan seluruh komponen (operator, supervisor dan kepala bengkel dan manajemen) dalam setiap perbaikan kondisi kerja.

Untuk mengurangi kelelahan dan menjaga performansi kerja, khususnya pada saat melakukan perakitan benda kerja, perlu disediakan meja kerja yang didesain atas dasar antropometri mahasiswa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, N. 2002 Denyut Nadi dan Kegunaannya dalam Ergonomi. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, Vol. 3, No. 1. Juni 2002. Denpasar. Program Studi Ergonomi – Fisiologi Kerja, Pascasarjana Universitas Udayana.
- Astrand, P.O. and Rodahl, K. 1977. *Textbook of work physiology*, 2<sup>th</sup> ed. USA : McGraw-Hill Book Company.
- Bridger, R.S.. 2003. *Introduction to Ergonomics*. UK : Taylor & Francis.
- Grandjean, E. 1993. *Fitting the task to the man*, 4<sup>th</sup> ed. London : Taylor & Francis Inc.
- Hsiao, H. & Stanevich, R.L., 1996. Injuries and ergonomic applications in construction. In : Bhattacharya, A & McGlothlin, J.D. *Occupational Ergonomics Theory and Applications*. New York : Marcel Dekker Inc. p. 545-568.
- Louhevaara, V. 1995. Assessment of Physical Load at Work Sites : a Finnish-German Concept. In : *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1995, Vol.1, No. 2. Finland. P. 144-152
- Manuaba, A. 2000. Ergonomi, kesehatan dan keselamatan kerja. Editor : Sritomo Wingnyosoebroto dan Stefanus Eko Wiranto. 2000. *Proceeding Seminar Nasional Ergonomi 2000*. Surabaya : Guna Wijaya. P. 1-4
- Media Industri, 2007. Kinerja Industri Pengolahan Kayu Antara dan Hilir Terus Meningkatkan. Jakarta : Media Industri No. 5, 2007.
- Pheasant, S. 1988. *Bodyspace – anthropology, ergonomics and design*. London – New York – Philadelphia : Taylor & Francis.
- Pulat, B.M. 1992. *Fundamentals of industrial ergonomics*. New Jersey : Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Sanders, M.S. & McCormick. 1987. *Human Factor in Engineering and Design*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Suma'mur, P.K. 1982. *Ergonomi untuk produktivitas kerja*. Jakarta : Yayasan Swabhawa Karya.
- Varonen, U. & Mattila, M. 2000. The safety climate and its relationship to safety practices, safety of the work environment and occupational accidents in eight wood-processing companies. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 32 : 761–769
- Woodson, W.E. 1986. *Human Factors Design Handbook*. USA : McGraw-Hill Book Company.

