

PHYSIOLOGICAL DEMAND PADA PEKERJA KAYU BANGUNAN

Firdhani Faujiyah
Teknik Mesin, Politeknik TEDC Bandung
Email : f.firdhani@gmail.com

Abstrak

Kelelahan fisik pada pekerja kayu bangunan yang merupakan salah satu tipe pekerjaan konstruksi terjadi akibat aktifitas kerja fisik yang berlebihan. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan performansi bahkan menyebabkan kecelakaan kerja. Untuk menanggulangi hal tersebut perlu dilakukan pengukuran fisiologis kerja dari para pekerja kayu bangunan untuk mengetahui kondisi pekerja konstruksi saat ini. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai *HR average* 95.3 ± 10.8 bpm dan *HR Peak* 132.2 ± 31.8 bpm yang artinya bahwa pekerjaan kayu bangunan berada pada klasifikasi moderat hingga berat dengan besar *energy expenditure* yang dihasilkan adalah 4.2 kcal/min. Hal ini dapat menjadi sebuah gambaran untuk pekerjaan konstruksi Indonesia. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi terkait pekerjaan konstruksi yang lebih luas.

Kata Kunci: pekerja kayu bangunan, pengukuran fisiologis, *heart rate*, volume oksigen, *energy expenditure*

Abstract

Physical fatigue in building wood workers which is one type of construction work occurs due to excessive physical work activities. This can cause performance degradation and even cause workplace accidents. To overcome this problem, it is necessary to carry out physiological measurements of the work of building wood workers to determine the current condition of construction workers. Based on the measurement results, the average HR value is 95.3 ± 10.8 bpm and HR Peak 132.2 ± 31.8 bpm which means that the woodwork of the building is in the moderate to severe classification with the energy expenditure produced is 4.2 kcal / min. This can be an illustration for Indonesian construction work. So that further research is needed regarding wider construction work.

Keywords: building wood worker, physiological measurement, heart rate, volume of oxygen, energy expenditure.

I. PENDAHULUAN

Pekerjaan Kayu Bangunan adalah salah satu jenis Usaha Mandiri Kecil Menengah yang bergerak di bidang konstruksi Indonesia. Pekerjaan konstruksi itu sendiri merupakan pekerjaan yang penuh dengan aktifitas kerja fisik. Aktifitas fisik adalah suatu kebiasaan yang memiliki karakteristik meliputi pergerakan seluruh tubuh yang menghasilkan peningkatan *energy expenditure* diatas tingkat istirahat (Casperse, 1989, dalam Freedson, 2015).

Pekerjaan dengan tingkat aktifitas fisik yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kelelahan fisik (Abdelhamid et al., 2002). Kelelahan fisik dinyatakan sebagai pengurangan kapasitas fisik untuk melakukan suatu pekerjaan (Toomingas et al., 2012) Kelelahan fisik tersebut dapat menyebabkan penurunan performansi kerja dan motivasi, serta dalam kondisi yang fatal dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja (Brouha, 1967). Untuk mengurangi resiko dari kelelahan fisik tersebut perlu dilakukan suatu

upaya penanggulangan peningkatan aktifitas fisik tersebut.

Penanggulan dapat dilakukan apabila telah diketahui batasan kemampuan dari pekerja dan standar pekerjaannya, sehingga perlu dilakukan pengukuran aktifitas pekerjaan tersebut. Pengukuran aktifitas fisik untuk mengetahui batasan suatu pekerjaan menjadi salah satu upaya dalam mengurangi risiko kelelahan fisik (Eston, 1998). Dalam mengukur tingkat aktifitas fisik tersebut, mulai banyak dikembangkan alat ukur dan teknik pengukuran secara objektif (Freedson, 2015). Salah satu pengukuran objektif yang dapat digunakan dalam mengukur aktifitas fisik adalah melalui denyut jantung dan konsumsi oksigen. Denyut jantung tidak secara langsung mengukur aktifitas fisik namun berdasarkan hubungan linear antara konsumsi oksigen dan denyut jantung itu sendiri (Eston, 1998). Sayangnya aspek fisiologi kerja masih diabaikan dalam bidang konstruksi Aldehamid (2002).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Aldehamid (2002) terkait fisiologi kerja dibidang

konstruksi, menghasilkan simpulan bahwa pekerjaan konstruksi itu termasuk dalam klasifikasi pekerjaan moderat hingga pekerjaan sangat berat di Amerika Serikat berdasarkan standar pengukuran HR dan VO_2 Astrand dan Rodahl (1986).

Di Indonesia sendiri, penelitian mengenai fisiologi kerja pada pekerja konstruksi khususnya bidang pekerjaan kayu bangunan belum banyak dilakukan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana kondisi fisiologis pekerjaan tingkat pekerjaan fisik pekerja kayu bangunan di Indonesia, apakah tergolong kedalam pekerjaan moderat atau berat seperti di Amerika Serikat.

II. LANDASAN TEORI

Fisiologi kerja merupakan disiplin ilmu yang menitik beratkan pada pemahaman tentang metabolisme dan respon fisiologis pada pekerjaan manual (Abdelhamid, 2002). Astrand dan Rodahl (2002) menyatakan bahwa fokus utama dari fisiologi kerja adalah untuk mencegah terjadinya kelelahan kerja dengan mengurangi *physiological demand* dari pekerjaan. Beberapa pekerjaan yang dilaporkan merupakan pekerjaan fisik berat, diantaranya di bidang pertanian, kehutanan, hortikultura, dan perikanan, pekerjaan kerajinan dalam industri bangunan dan manufaktur, serta pekerja jasa pengiriman (Thomingas, 2012).

Untuk dapat mengungkap beban fisiologis tersebut maka diperlukan pengukuran terlebih dahulu. Tugas dasar dalam mengukur *physiological demand* dari suatu pekerjaan yaitu (Astrand dan Rodahl, 1986), fisiologi kerja harus mengukur tingkat dimana pekerjaan sedang dilakukan, diantaranya beban kerja, dengan kecocokan nilai tersebut dengan kemampuan pekerja untuk melakukan suatu pekerjaan. Pada umumnya beban kerja ditentukan dengan pengukuran langsung melalui beban serapan oksigen rata-rata (VO_2) dan kapasitas pengambilan oksigen maksimum (VO_{2max}) serta detak jantung selama pekerjaan aktual.

Physiological demand juga dapat diukur melalui energi yang dikeluarkan manusia saat istirahat atau selama bekerja. Kcal merupakan satuan yang digunakan dalam mengukur energi. Kcal didefinisikan sebagai jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu dari 1L air sebanyak 1°C. Untuk penggunaan praktis, sulit untuk mengukur metabolisme energi secara langsung, karena membutuhkan pengukuran jumlah karbohidrat, lemak, dan protein yang dipasok dan digunakan masing-masing, seberapa besar simpanan energi tubuh, dan bagaimana

mereka telah berubah. Penyerapan oksigen, seperti metabolisme energi, meningkat secara linier dengan meningkatnya beban kerja (Thomingas, 2012). Metabolisme energi dapat diukur secara tidak langsung berdasarkan koefisien energi dengan mengukur penyerapan oksigen. Pengukuran energi ini bisa melalui *direct calorimetry*, dan *indirect calorimetry*.

Biswas (2006) membentuk suatu persamaan prediksi dalam bentuk regresi linier melalui nilai nilai denyut jantung sebagai variabel prediktor dan konsumsi oksigen sebagai variabel kriteria. Meluasnya penggunaan pamantauan denyut jantung karena kemudahan pengukurannya kemampuannya untuk merekam nilai dari waktu ke waktu, dan refleksi dari tenakan relatif yang ditempatkan pada acardiopulmonary sistem karena aktifitas fisik (Eston, 2009). Saat ini orang dapat menemukan peralatan yang ramah penggunaan dan relatif murah yang dapat digunakan untuk memantau detak jantung sepanjang hari dengan tingkat akurasi yang baik.

Untuk melakukan jenis pengukuran ini, diperlukan kalibrasi biologis. Kalibrasi ini biasanya dilakukan pada siklus ergometer. Korelasi individu antara beban kerja/konsumsi oksigen dan detak jantung ditentukan setidaknya dua, tetapi lebih disukai tiga, beban submaksimal dalam interval detak jantung yang dimaksud. Berdasarkan korelasi linier individu, konsumsi oksigen kemudian dapat diperkirakan berdasarkan denyut jantung yang diukur pada kondisi stabil selama tugas kerja.

Keterbatasan penting dalam penggunaan detak jantung sebagai ukuran beban kerja energik adalah, detak jantung dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain penyerapan oksigen saja. Dalam paparan panas dan kerja, termasuk beban statis serta bekerja oleh kelompok otot kecil denyut jantung meningkat dan mengubah korelasi linier normal antara denyut jantung dan pengambilan oksigen. (Thomingas, 2012).

III. METODA PENELITIAN

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini berupa observasi dan eksperimen langsung pada responden. Hasil dari eksperimen berupa data langsung yang kemudian akan dioleh menggunakan bantuan *software*.

Partisipan

Sebanyak 5 orang pekerja kayu dengan rata-rata umur 38 ± 6.2 tahun yang berasal dari kota Bandung, Indonesia, berpartisipasi dalam

penelitian ini. Semua pekerja dipilih berdasarkan beberapa kriteria, yaitu:

- a. Laki-laki,
- b. Memiliki pengalaman dibidangnya minimal 10 tahun, dan
- c. Menyetujui prasyarat pada surat ketersediaan menjadi partisipan penelitian.

Setiap partisipan menandatangani surat ketersediaan tersebut dan mendapatkan kompensasi berupa bingkisan. Partisipan diharuskan memiliki waktu tidur yang cukup semalam sebelum pengukuran berlangsung, tidak mengkonsumsi kafein dan merokok selama proses pengukuran berlangsung. **Tabel 1.** menunjukkan karakteristik dari partisipan.

Tabel 1. Karakteristik Partisipan

Karakteristik	Total (%) /Rataan (SD)
Karakteristik Demografis	
Usia (tahun)	38 (6.2)
BMI	21.8(1.6)
Karakteristik Operasional	
Lama Jam Kerja (jam)	9
Pengalaman Kerja (tahun)	21 (5.6)
Karakteristik Kesehatan	
Status Penyakit Berat	0%
Status Merokok	100%
Kebiasaan Olahraga	20%
Konsumsi Kafein	100%

Instrumen

Heart Rate Monitor digunakan dalam penelitian ini untuk merekam data *Heart Rate* selama bekerja. HRM yang digunakan adalah *Polar Smart watch Rs800cx* dengan heart rate sensor, diproduksi oleh Polar, Finland. Unit pengukuran alat ini adalah beat/min Alat ini akan merekam data *heart rate* dan data dapat dilihat melalui bantuan program *Polar Pro Trainer 5*.

Penggunaan dari *Polar Smart Watch Rs800cx* ini yaitu bersifat khusus, *Heart Rate Monitor* yang berbentuk sabuk dengan sensor di atasnya digunakan pada bagian tubuh tepatnya diantara dada dan perut. Sedangkan *Smart Watch* yang berfungsi merekam data digunakan di tangan bersamaan dengan pemasangan *heart rate monitor*. Penggunaan *Heart Rate Monitor* disarankan dalam kondisi bersih sebelum pemasangannya. Hal ini dianjurkan dalam rangka menghindari adanya gangguan-gangguan penangkapan sinyal dan *noise-noise* lainnya.



Gambar 1. Bentuk Polar Rs800cx yang digunakan dalam penelitian 1 set

Prosedur

Semua partisipan diminta untuk menggunakan *Heart Rate Monitor* (HRM) selama 5 menit sebelum hingga 5 menit sesudah bekerja. Waktu kerja yang diukur kurang lebih selama 3 jam untuk setiap partisipan. Sehingga total waktu pengukuran adalah 3 jam 10 menit untuk setiap partisipan. Setelah pengukuran selesai, data yang direkam pada HRM kemudian dilihat melalui program *Polar Pro Trainer 5*. Dari program *Polar Pro Trainer 5* tersebut, nilai *HR average* dan *HR peak*, yang telah diperhitungkan diambil sebagai data langsung. Sedangkan *HR Rest* dilihat berdasarkan detak jantung 5 menit sebelum dan 5 menit setelah bekerja.

Selain ketiga data tersebut diperhitungkan juga besarnya *Oxygen consumption* (VO_2) melalui perhitungan persamaan $f(HR) = VO_2$ untuk pekerja Indonesia, berdasarkan penelitian Yuliani (2010). Selain itu dilakukan pula perhitungan *energy expenditure* (EE) melalui $f(HR) = EE$ berdasarkan penelitian Keytel et al. (2005). Sehingga total data yang diambil dari setiap responden yaitu lima data dimana tiga data merupakan hasil pengukuran langsung, dan dua data merupakan hasil perhitungan berdasarkan data langsung yang didapatkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data HR 5 orang pekerja dikumpulkan dengan total waktu 16 jam 50 menit. Setiap responden pada pekerjaan kayu ini sudah memiliki spesialisasi untuk mengerjakan sesifikasi pekerjaan tertentu seperti proses memotong, merakit, dan mengaluskan dilakukan secara terpisah. Setiap pekerjaan didalamnya sudah termasuk kedalam pengukuran, pengecekan dan penghalusan sementara. Beban kerja absolute didapatkan dari *HR Peak* yang merepresentasikan *physical strain*

pada pekerja (Astrand dan Rodahl, 1986 dalam Aldehamid, 2002).

Berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan didapatkan rata-rata nilai *HR average* adalah 95.3 ± 10.8 bpm, *HR Peak* 132.2 ± 31.8 bpm, dan *HR Rest* 64 ± 5.7 bpm, dengan nilai % *Heart Rate Range* sebesar 50%. Sedangkan untuk *Oxygen Consumption* (VO_2) dihitung berdasarkan

rumusan Yuliani (2010) didapatkan rata-rata sebesar 17.7 ± 4.4 kcal/min. Selain itu untuk *Energy Expenditure* berdasarkan rumus Keytel et al. (2005) didapatkan rata-rata 4.2 ± 1.1 L/min. Tabel 2 memperlihatkan hasil detail dari setiap bagian pekerjaan kayu bangunan.

Tabel 2. Hasil detail dari setiap bagian pekerjaan kayu bangunan.

Aktifitas	HR Average (Beat/min)	HR Peak (Beat/min)	HR Rest (Beat/min)	HRR (%)	VO ₂ (L/min)	EE (kcal/min)	Umur (tahun)	BMI	Lama Kerja (Tahun)	Rokok /Hari	Kafein /Hari (gls)
Proses Akhir	81.9	104	57.8	52%	0.4	2.9	40	20.2	20	6	3
Pemotongan Kayu	108.4	133	72.2	60%	0.8	5.6	36	22.3	19	24	8
Penghalusan Kayu	104.1	186	63.2	33%	0.9	4.9	35	23.9	19	12	3
Perakitan Pintu	91.5	116	59.5	57%	0.5	4.0	48	22.3	30	12	3
Penghalusan Pintu	90.4	122	61.1	48%	0.5	3.7	32	20.2	15	0	5
<i>Rata-rata</i>	95.3	132.2	62.8	50%	0.6	4.2	0.1	21.8	20.6	10.8	4.4
<i>SD</i>	10.8	31.8	5.6	10%	0.2	1.1	0.0	1.6	5.6	8.9	2.2
<i>Max</i>	108.4	186.0	72.2	60%	0.9	5.6	0.1	23.9	30.0	24.0	8.0

Berdasarkan hasil pengukuran pada kelima pekerja kayu bangunan dapat dilihat bahwa rata-rata HR berada pada klasifikasi pekerjaan moderate. Hal ini berarti mendukung penelitian yang dilakukan oleh Aldehamid (2002) yang menyatakan berdasarkan nilai HR pekerjaan konstruksi secara umum berada pada tingkat moderat. Namun jika berdasarkan klasifikasi kroemer (2001) maka pekerjaan kayu bangunan ini berada pada klasifikasi ringan.

Dilain hal jika dilihat berdasarkan *peak HR* pekerjaan konstruksi ini dapat dikategorikan sebagai pekerjaan berat. Jika nilai *peak HR* dilihat berdasarkan spesialisasi pekerjaannya 60% dari pekerjaan terdapat pada klasifikasi berat dan sisanya moderat. Hal ini berarti mendukung penelitian yang dilakukan oleh Aldehamid (2002) yang menyatakan sekitar 63% pekerja konstruksi berdasarkan *peak HR* berada pada klasifikasi berat. Selain itu jika dilihat berdasarkan nilai %HRR rata-rata mencapai 50% yang artinya berada lebih dari batas yang disarankan yaitu 33% untuk pekerjaan yang dilakukan selama 8 jam (Chengalur et. al) sehingga dapat dikatakan bahwa pekerjaan ini bukanlah pekerjaan ringan.

Selain itu berdasarkan nilai VO_2 juga memperlihatkan bahwa pekerja kayu bangunan

terdapat pada klasifikasi moderat. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Aldehamid (2002) pada pekerja kayu bangunan nilai *energy expenditure* yang didapat berkisar 4.2 kkal/min. Jika dilihat berdasarkan klasifikasi Satriawan (2008) berdasarkan nilai rata-rata HR dan VO_2 termasuk dalam klasifikasi pekerjaan yang ringan, namun berdasarkan jumlah *energy expenditure* yang dihasilkan terdapat pada klasifikasi moderate. Selain itu jika dilihat berdasarkan klasifikasi yang dilakukan oleh Soleman (2009) berdasarkan nilai HR termasuk dalam klasifikasi ringan, namun dilihat berdasarkan VO_2 termasuk dalam klasifikasi moderat, dan berdasarkan jumlah *energy expenditure* masuk kedalam klasifikasi berat. Perlu diketahui bahwa dalam perhitungan baik VO_2 dan *energy expenditure* dipengaruhi oleh usia dan berat badan. Standard dan rumusan yang digunakan berdasarkan standar usia 25 tahun, dan hal ini dapat menjadi faktor yang mempengaruhi hasil dari partisipan dengan rata-rata usia 35 tahun keatas. Selain itu besarnya VO_2 dipengaruhi oleh *physical exercise*, sehingga hal ini juga perlu dipertimbangkan mengingat pada penelitian ini hal tersebut belum diperhitungkan.

Tabel 3. Standar VO₂ dan HR pada pekerja (Astrand, 1986).

Work severity	Mean VO ₂ (L·min ⁻¹)	Mean HR (beats·min ⁻¹)	Peak VO ₂ (L·min ⁻¹)	Peak HR (beats·min ⁻¹)
Very light work	NA	NA	Up to 0.5	Up to 75
Light work	Up to 0.5	Up to 90	0.5–1.0	75–100
Moderate work	0.5–1.0	90–110	1.0–1.5	100–125
Heavy work	1.0–1.5	110–130	1.5–2.0	125–150
Very heavy work	1.5–2.0	130–150	2.0–2.5	150–175
Extremely heavy work	Over 2.0	150–170	Over 2.5	Over 175

Note: Source: adapted from Astrand and Rodahl (1986) and Christensen (1983).

Oleh sebab itu, penelitian ini dapat menjadi gambaran untuk penelitian selanjutnya dan menjadi hipotesis bahwa berdasarkan nilai rata-rata HR, peak HR, dan VO₂ pekerja kayu bangunan Indonesia terklasifikasi pada pekerjaan moderat atau pekerjaan ringan. Namun berdasarkan jumlah *energy expenditure* pekerjaan kayu bangunan termasuk kedalam klasifikasi pekerjaan berat. Karena VO₂ dan EE dipengaruhi oleh HR dan peningkatan HR dipengaruhi oleh temperatur ruangan, tingkat kelembaban, dan stress emosional, yang merupakan *uncontroable factor* dilapangan (Melanson & Freedson, 1996) sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kondisi pekerjaan kayu bangunan ini.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa berdasarkan rata-rata HR, *peak HR*, % HRR dan VO₂ pekerjaan kayu bangunan di Indonesia termasuk dalam klasifikasi moderat hingga berat. Selain itu besarnya *energy expenditure* yang termasuk dalam klasifikasi berat. Hal ini mendukung penelitian yang dilakukan pada pekerja konstruksi di Amerika Serikat bahwa pekerjaan kayu bangunan yang termasuk dalam pekerjaan konstruksi berada dalam klasifikasi pekerjaan moderat hingga berat.

Klasifikasi moderat hingga berat dapat ditanggulangi dengan cara pembagian kerja yang lebih merata, pengaturan jam kerja dan pelatihan kerja. Selain dari kemampuan fisik pekerja sebaiknya manajemen pekerjaan yang sesuai pun perlu dilakukan oleh pimpinan. Selain itu pengukuran kapasitas kerja fisik yang dilakukan masih berdasarkan kerja jantung dan paru-paru, sehingga masih terdapat teknik dan metode pengukuran lain yang belum dilakukan. Sehingga masih dapat dikaji lebih mendalam lagi melalui

parameter-parameter lain terkait pengukuran kerja fisik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhamid, T. S., & Everett, J.G., 2002, Physiologiccal demands during construction work. *Journal of Construction Engineering and Management* 128: 5 (1)
- Astrand, P., & Rodahl, K., 1986, *Textbook of work physiology: Physiological based of exercise*, McGraw-Hill, New York.
- Biswan, R., & Samanta, A., 2006, Assesment of physiological strain in inland fising activity. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine* 10.
- Brouha, L., 1967, *Physiology in industry*, Pergamon Press, New York.
- Eston, R.G., Rowlands, A.V., & Inglendew, D.K., 1998, Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *American Physiological Society*.
- Freedson, P.S., & Miller, K., 2015, Objective monitoring of physical activity using motion sensor and heart rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 71, 21-29.
- Grandjean, E. & Koromer, K.H.E. (2009). *Fitting The Task to The Human: A Textbook of Occupational Ergonomic*. London: Taylor & Francis Inc.
- Iridiastadi, H., & Yassierli, 2014, *Ergonomi Suatu Pengantar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Keytel, L. R., Goedecke, J. H., Noakes, T. D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., & Lambert, E.V. (2005) Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal Sport Science*, 23, 289-297.
- Kroemer, K.H.E, Kroemer, H.B., & Kroemer K.E. (2001) *Ergonomics: How to design for ease and efficiency*. New Jearsey: Prestise-Hall.

- Melanson, E.L. & Freedson, P.S., 1996, Physical activity assessment: a review methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 385-396.
- Satriawan, A., 2008, Pengembangan persamaan prediksi konsumsi oksigen berdasarkan denyut jantung, faktor antropometri, dan demografi pekerja industri pria. *Tugas Akhir Sarjana Unpublish*. Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Soeleman, A., 2009. Kapasitas aerobik maksimum dan persamaan prediksi konsumsi oksigen pada perempuan pekerja industri. Unpublish Tesis Magister. Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung, ITB
- Toomingas, A., Mathiassen, S.E., Tornqvist, E.W., 2012, *Occupational Psychology*. CRC Press. London : Taylor & Francis Group
- Yuliani, E. N., 2010, Study of aerobic capacity determination and metabolic cost formula of industrial workers. *Unpublished Master Thesis. Industrial and Management Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia.*