

Evaluasi Fisiologi Kerja pada Pengrajin Sepatu Surabaya

Perdana Suteja Putra^{1*}, Meidina Nabila¹

¹Fakultas Teknik Elektro dan Industri Cerdas, Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email : ^{1*}perdanasuteja@ittelkom-sby.ac.id, ²meidina.nabila.mn@gmail.com

(*: corresponding author)

Abstrak– Penelitian ini bertujuan untuk menilai regangan kardiovaskular selama operasi kerajinan dalam hal beban kerja fisik, berdasarkan perubahan detak jantung dan tingkat keluhan nyeri. Peneliti mengukur detak jantung istirahat dan kerja dan menghitung beban kardiovaskular (%CVL), tekanan kardiovaskular (%CVS), detak jantung cadangan (%RHR), pengeluaran energi, konsumsi oksigen, dan mengukur tingkat keluhan nyeri pada 35 perajin menggunakan *Nordic Body Map Questionnaire* (NBM). Berdasarkan hasil %CVL dan %CVS, pekerjaan diklasifikasikan sebagai tingkat yang dapat diterima. Demikian pula, kategori tingkat tinggi dicatat untuk %RHR dalam pengeluaran energi sedang. Namun, terdapat keluhan tingkat nyeri tangan yang sangat tinggi dengan menggunakan kuesioner NBM. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mendesain ulang konten kerja dari peralatan yang digunakan dan menjaga beban kerja fisik pada tingkat yang dapat diterima, karena hal ini akan meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko kesehatan mereka.

Kata Kunci: Fisiologi, Kardiovaskular, Pengrajin, Beban Kerja Fisik, Ergonomi

Abstract– The purpose of this study was to assess cardiovascular strain during crafting procedures in terms of physical workload, using heart rate fluctuations and pain complaints. Researchers used the Nordic Body Map questionnaire (NBM) to quantify resting and working heart rates, cardiovascular load (%CVL), cardiovascular strain (%CVS), reserve heart rate (%RHR), energy expenditure, oxygen intake, and pain complaints in 35 participants. The job was assessed as satisfactory based on the results of %CVL and %CVS. Similarly, a high-level category for %RHR in moderate energy expenditure was recorded. However, utilising the NBM questionnaire, there are many complaints of hand pain. As a result, there is a need to adapt the work content of the equipment used while keeping the physical effort at an acceptable level, as this will increase their productivity and reduce their health risk.

Keywords: Physiology, Cardiovascular, Crafter, Physical Workload, Ergonomic

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang ergonomi meliputi ergonomi fisik, ergonomi kognitif dan ergonomi organisasi (Fonseca et al., 2016). Anatomi manusia, antropometri, fisiologi kerja dan biomekanik merupakan bagian dari ergonomi fisik yang perlu diamati dalam dunia industri. Fisiologi kerja adalah cabang teknik industri yang berhubungan dengan kebutuhan metabolisme, kinerja fungsi tubuh dan komponennya di tempat kerja dan desain tempat kerja (Sari et al., 2016). Maka dari itu, tujuan pengukuran aktivitas fisik manusia adalah untuk melakukan suatu tugas yang dapat diukur dengan dua kriteria yaitu kriteria fungsional dan kriteria fisiologis. Sesuai dengan kebutuhan fisiologis, energi yang dibutuhkan seseorang untuk bekerja selama 8 jam di industri tidak boleh melebihi 30% - 40% dari kapasitas aerobik maksimum (VO₂ max) pekerja (Lee et al., 2022). Beban kerja fisik yang melebihi batas tersebut memiliki beberapa akibat negatif, seperti berkurangnya efisiensi kerja, meningkatnya kelelahan serta kemungkinan terjadinya kecelakaan dan cedera.

Produksi sepatu dan sandal semakin berkembang di berbagai kota, dimana banyak pelajar, pekerja, pariwisata dan rumah tangga yang menggunakan produk tersebut untuk menunjang aktivitas sehari-hari (Neise & Revilla Diez, 2019). Di Surabaya khususnya, perkembangan industri juga karena pariwisata dan pendidikan. Kebutuhan masyarakat yang besar akan sepatu dan sandal berdampak besar terhadap pertumbuhan ekonomi dan pemerataan kesempatan kerja. Tugas meliputi pemotongan, pengukuran, penjahitan, kontrol kualitas dan pengemasan. Menurut survei pendahuluan terhadap 35 pengrajin, menjahit adalah proses kerja yang paling menegangkan. Hal ini disebabkan oleh posisi kerja pekerja yang berulang di tempat kerja, tempat kerja dan ruangan, yang tidak sesuai dengan antropometri pengguna, beban kerja pengrajin dan suhu lingkungan yang agak panas.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan untuk mengukur berbagai fisiologi kerja seperti yang dilakukan oleh Sari et al (2016) terkait fisiologi kerja pada pegawai *laundry* di Yogyakarta.

Jame Chenarboo et al. (2022) juga meneliti terkait fisiologi kerja pada pegawai di bidang industri otomotif dan Gruet et al. (2010) melakukan penelitian fisiologi kerja dengan menggunakan alat elektromiograf (EMG). Disisi lain, penelitian lainnya terkait beban kerja fisik dan fisiologi kerja dilakukan oleh Schwartz et al. (2021) dengan SWEEP study, Chihara et al. (2019) dengan mendesain layar sentuh untuk mengurangi beban kerja, Kang et al. (2021) yang meneliti terkait efek *standing desk* terhadap beban kerja pengguna, Mänttari et al. (2019) yang meneliti terkait prediksi fisiologi kerja berdasarkan *body mass index* pengguna, dan fisiologi kerja pada *human-robot* yang dilakukan oleh Harriott et al. (2013). Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, penelitian terkait evaluasi fisiologi kerja pada pengrajin sepatu dan sandal. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi dan analisa terkait fisiologi kerja pada pengrajin sepatu dan sandal di Surabaya.

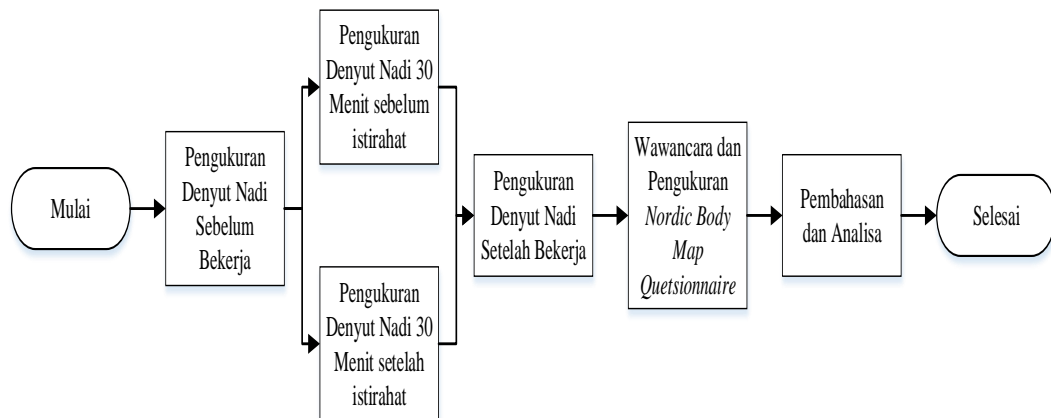
2. METODE

2.1 Subjek dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 35 pengrajin sehat berusia antara 25 dan 40 tahun yang berpartisipasi dalam penelitian. Pesertanya adalah karyawan wanita dan pria yang bekerja rata-rata 8 jam sehari. Mereka bekerja di KUB Prestasi Jaya, Surabaya. Setiap orang yang terlibat terlibat dalam pekerjaan seperti memotong, mengukur, menjahit, mengemas, dll. Selain itu, subjek penelitiannya adalah detak jantung kerja dan istirahat.

2.2 Alur dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara sistematis dimulai dengan pengukuran fisiologi kerja hingga proses analisa dan interpretasi seperti tertera pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, terdapat empat kali pengukuran untuk menentukan nilai denyut jantung kerja. Denyut nadi diukur dengan menempatkan jari kedua, ketiga, dan keempat di atas arteri radialis, pemeriksa kemudian menghitung denyut nadi dalam satu menit (Gallagher et al., 1998; Pflieger et al., 2016). Nilai denyut jantung kerja diukur pada 30 menit setelah pekerja memulai pekerjaan, 30 menit sebelum waktu istirahat, dan 30 menit sebelum pekerja menyelesaikan pekerjaan. Setiap pengukuran dilakukan dua kali pengukuran masing-masing selama 1 menit dan menghitung nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai akhir. Selain itu, detak jantung istirahat diukur pada 30 menit setelah waktu istirahat sementara pekerja tidak melakukan apa-apa. Pada proses penelitian, pekerja melakukan pekerjaan secara alami. Berdasarkan hasil detak jantung kerja dan detak jantung istirahat, dapat dihitung beban dan regangan kardiovaskular untuk mengetahui tingkat munculnya jantung, kondisi detak jantung, pengeluaran energi dan konsumsi oksigen yang dibutuhkan pekerja untuk melakukan pekerjaan. Selain itu, wawancara langsung dan pengisian kuesioner *Nordic body map* dilakukan di akhir sesi untuk mengetahui tingkat keluhan pada setiap bagian tubuh dan penyebabnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang terkumpul, dapat ditunjukkan hasil sebagai berikut Tabel 1 yang menunjukkan statistik dasar nilai range, mean, median dan standar deviasi. Usia rata-rata peserta adalah 31,67 tahun (dalam rentang 29-38), rata-rata tinggi badan 1,575 m (dalam rentang 1,53-1,62), rata-rata massa tubuh adalah 53,33 kg (dalam rentang 47-56), sedangkan rata-rata indeks massa tubuh (IMT) adalah 21,50 (dalam rentang 20,08-22,77). IMT normal adalah 18,5–24,9, sedangkan 20,08–22,77 dianggap normal [14], sehingga tidak ada pekerja yang kekurangan berat badan atau lebih dari sedikit gemuk. Selain itu, rata-rata detak jantung saat istirahat adalah 90,33 bpm (dalam rentang 88,5-91,5 bpm), detak jantung di tempat kerja adalah 102,81 bpm (dalam rentang 99,17-105,84 bpm), dan detak jantung maksimal adalah 168,33 bpm (dalam kisaran 162-173 bpm).

Median usia 30,5 tahun (standar deviasi: 4,18), median tinggi badan 1,58m (standar deviasi: 0,034), median massa tubuh 54,5 kg (standar deviasi: 3,44) dan median indeks massa tubuh 21,96 bpm (standar deviasi: 1,28). Selain itu, rata-rata detak jantung istirahat adalah 90,25 bpm (standar deviasi: 1,125), detak jantung kerja 103,17 bpm (standar deviasi: 2,57), dan detak jantung maksimal 169,5 bpm (standar deviasi: 4,18). Secara lebih lengkap data dapat ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengumpulan Data Dari Pengrajin

Statistics	Age (years)	Body Height (m)	Body Massa (Kg)	BMI (Kg/m ²)	HRrest (bpm)	HRwork (bpm)	HRmax (bpm)
Range	29 - 38	1.53 - 1.62	47 – 56	20 - 22.7	88.5 - 92	99.2 - 106	162 - 173
Mean	31.67	1.575	53.33	21.50	90.33	102.81	168.33
Median	30.5	1.58	54.5	21.96	90.25	103.17	169.5
StDev	4.18	0.034	3.44	1.28	1.125	2.57	4.18

Tabel 2, mewakili nilai %CVL, %CVS, %RHR, Pengeluaran energi, dan konsumsi Oksigen. Nilai rata-rata %CVL adalah 15,99% (dalam rentang 11,32-23,6), yang berarti data %CVL tergolong pada tingkat yang dapat diterima atau dalam rentang <30%. Kemudian nilai %CVS sebesar 13,69% (dalam rentang 9,8-19,6%) dapat diklasifikasikan pada tingkat yang dapat diterima atau dalam rentang 0-50% (Astrand & Rodahl, 1986). Di sisi lain, %RHR sebesar 15,99% (dalam rentang 11,3-23,6%), pengeluaran energi sebesar 5,292 Kkal/menit (dalam rentang 4,99-5,58 Kkal/menit), dan konsumsi oksigen sebesar 1,057 liter/menit (dalam rentang 0,99- 1,116 liter/menit). Selain itu, nilai median %CVL adalah 15,61% (standar deviasi: 4,55), %CVS adalah 13,69% (standar deviasi: 3,76), %RHR adalah 15,61% (standar deviasi: 4,55), pengeluaran energi adalah 5,32 Kkal/menit (standar deviasi: 0,24), dan konsumsi oksigen 1,063 liter/menit (standar deviasi: 0,0494).

Tabel 2. Beban Kardiovaskular, Regangan, Detak Jantung Cadangan, Pengeluaran Energi Dan Konsumsi Oksigen

Statistics	%CVL	%CVS	%RHR	Energy Expenditure (Kcal/min)	Oxygen Consumption (liter/min)
Range	11.32-23.6	9.8-19.6	11.3-23.6	4.99-5.58	0.99-1.116
Mean	15.99	13.81	15.99	5.292	1.057
Median	15.61	13.69	15.61	5.32	1.063
StDev	4.55	3.76	4.55	0.24	0.0494

Tabel 3 merupakan hasil kuesioner *Nordic body map* untuk mengetahui tingkat keluhan setiap bagian tubuh yang mengalami keluhan selama menyelesaikan pekerjaan. Penelitian ini mengumpulkan data 18 bagian tubuh yang dikeluhkan responden. Hasilnya mengikuti tabel di bawah ini yang menunjukkan persentase peserta yang memenuhi kuesioner.

Tabel 3. Hasil pengukuran *Nordic Body Map*

No	Location	Level of Complaints (%)			
		A	B	C	D
1	Left shoulder	33.33	16.67	50.00	0
2	Right shoulder	33.33	16.67	50.00	0
3	Back	50.00	0	50.00	0
4	waist	50.00	16.67	33.33	0
5	left elbow	0	33.33	66.67	0
6	right elbow	0	33.33	66.67	0
7	Left lower arm	0	50.00	50.00	0
8	Right Lower arm	0	50.00	50.00	0
9	left wrist	33.33	33.33	33.33	0
10	right wrist	33.33	33.33	33.33	0
11	left hand	33.33	16.67	33.33	16.67
12	right hand	33.33	16.67	33.33	16.67
13	left knee	0	50.00	50.00	0
14	right knee	0	50.00	50.00	0
15	left ankle	83.33	0	16.67	0
16	right ankle	83.33	0	16.67	0
17	left foot	16.67	50.00	33.33	0
18	right foot	16.67	50.00	33.33	0

Berdasarkan Tabel 3 diatas, A artinya tidak ada nyeri yang dirasakan; B menunjukkan nyeri sedang; C berarti menyakitkan; D terlihat sangat sakit (Smith, 1994). Ternyata keluhan pada tingkat nyeri paling banyak dialami tangan kiri (16,67%) dan siku kanan (16,67%). Keluhan nyeri sedang dengan frekuensi terbanyak pada lengan bawah kiri, lengan kanan, lutut kiri, lutut kanan, tungkai kiri dan tungkai kanan pada masing-masing bagian tubuh, persentase responden 50% keluhan. Selain itu, tidak ada rasa sakit pada bagian tubuh yang tercantum seperti pada tabel di atas.

4. KESIMPULAN

Evaluasi fisiologis kerja pada pengrajin dapat ditemukan normal dan tidak menimbulkan risiko besar terhadap tekanan kardiovaskular pengrajin, yaitu dalam interval < 50%. Sebaliknya, ada dua bagian tubuh yang perlu diperhatikan, yaitu tangan kanan dan siku kiri. Oleh karena itu, langkah kerja pengrajin harus didesain ulang untuk mengurangi morbiditas dan meningkatkan produktivitas pekerja. Dua perbaikan utama yang diusulkan berdasarkan penelitian ini adalah meminimalkan operasi pengangkatan dan memperoleh peralatan untuk memudahkan pekerjaan pengrajin. Ini mengurangi rasa sakit para pekerja selama operasi.

REFERENCES

- Chihara, T., Seo, A., & Sakamoto, J. (2019). A novel approach to bi-objective optimization of touch-screen installation position for minimizing physical workload and increasing screen visibility. *Applied Ergonomics*, 81, 102881. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102881>
- Fonseca, H., Santos, N., Loureiro, I., & Arezes, P. (2016). Participatory ergonomic approach for workplace improvements: A case study in an industrial plant. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 491, 407–419. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41929-9_38
- Gallagher, S., Moore, J. S., & Stobbe, T. J. (1998). *Physical strength assessment in ergonomics*.

- Gruet, M., Vallier, J. M., Mely, L., & Brisswalter, J. (2010). Long term reliability of EMG measurements in adults with cystic fibrosis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(2), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.05.001>
- Harriott, C. E., Zhang, T., & Adams, J. A. (2013). Assessing physical workload for human–robot peer-based teams. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(7–8), 821–837. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.04.005>
- Jame Chenarboo, F., Hekmatshoar, R., & Fallahi, M. (2022). The influence of physical and mental workload on the safe behavior of employees in the automobile industry. *Heliyon*, 8(10), e11034. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11034>
- Kang, S. H., Lee, J., & Jin, S. (2021). Effect of standing desk use on cognitive performance and physical workload while engaged with high cognitive demand tasks. *Applied Ergonomics*, 92, 103306. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103306>
- Lee, W., Lin, J.-H., Howard, N., & Bao, S. (2022). Methods for measuring physical workload among commercial cleaners: A scoping review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 90, 103319. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2022.103319>
- Mänttari, S. K., Oksa, J. A. H., Virkkala, J., & Pietilä, J. A. K. (2019). Activity Level and Body Mass Index as Predictors of Physical Workload During Working Career. *Safety and Health at Work*, 10(4), 527–530. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.09.002>
- Neise, T., & Revilla Diez, J. (2019). Adapt, move or surrender? Manufacturing firms' routines and dynamic capabilities on flood risk reduction in coastal cities of Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 332–342. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.018>
- Pfleging, B., Fekety, D. K., Schmidt, A., & Kun, A. L. (2016). A Model Relating Pupil Diameter to Mental Workload and Lighting Conditions. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16*, 5776–5788. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858117>
- Sari, A. D., Suryoputro, M. R., Pramaningtyas, M. D., Putra, P. S., & Maulidyawati, S. B. (2016). Work Physiology Evaluation of Laundry Workers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 105(January), 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/105/1/012034>
- Schwartz, A., Gerberich, S. G., Albin, T., Kim, H., Ryan, A. D., Church, T. R., Green, D. R., McGovern, P. M., Erdman, A. G., & Arauz, R. F. (2021). Janitors' mental workload, psychosocial factors, physical fitness, and injury: The SWEEP study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103132. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103132>
- Smith, T. J. (1994). Core Principles of Human Factors Science. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 38(9), 536–540. <https://doi.org/10.1177/154193129403800917>