

# Optimalisasi Waktu Istirahat Berdasarkan Tingkat Beban Kerja Fisiologis (Studi Kasus: CV Eja Nursery, Kutai Kartanegara)

Lina Dianati Fathimahhayati<sup>1\*</sup>, Theresia Amelia Pawitra<sup>2</sup>, Tri Budi Purnomo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Industri Universitas Mulawarman  
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur

<sup>1\*</sup>linadianatif@ft.unmul.ac.id

<sup>2</sup>triciapawitra@gmail.com

<sup>3</sup>budit667@gmail.com

## Optimizing Rest Time Based on Physiological Workload Levels (Case Study: CV Eja Nursery, Kutai Kartanegara)

Dikirimkan: 05, 2023. Diterima: 08, 2023. Dipublikasikan: 09, 2023.

**Abstract**— Work in rubber plantations is considered a physically demanding type of work. Several negative impacts can occur when the physical workload exceeds the physiological capacity of the workers. Chronically, this condition can lead to excessive fatigue. One approach to addressing this issue is through ergonomic evaluation. Ergonomic evaluation is conducted to ensure that the workload does not exceed the capabilities of the workers. Based on this background, it is necessary to conduct research on determining the workload of rubber farmers based on physiological criteria in order to determine the optimal rest time for workers. This is aimed at reducing work fatigue, which not only has a detrimental effect on the workers' health but also on work quality and performance. The method used in this research is by measuring the heart rate before, after, and during work every hour. From this heart rate data, calculations will be made for energy expenditure, oxygen consumption, and %CVL (cardiovascular load). The workload categories will be determined based on the calculations. Subsequently, the calculation for determining the optimal rest time for workers will be based on the workload level. The research shows that the workload experienced by rubber farmers in CV. Eja Nursery, Kutai Kartanegara Regency, can be classified as light to moderate. Before starting work, the average heart rate of the farmers is 75 bpm, while during work, it increases to an average of 101 bpm. After completing work, the average heart rate decreases to 97 bpm due to reduced work activity. The average oxygen consumption of rubber farmers is 0.9 liters per minute, which falls into the category of light workload. The energy expenditure ranges from low to moderate, with an average of 3.4 kcal/minute during work. Energy consumption is 1.7 kcal/minute. The average cardiovascular load experienced by the farmers is 25.6%, which falls into the category of light workload, indicating no significant burden. Based on the calculations of physiological workload, it can be concluded that the energy requirements of each rubber farmer are below the standard limit, indicating no physiological fatigue. The recommended rest time according to the ILO allowance standard is 25% of the work time.

**Keywords**— Physiological Workload; Rubber Farmers, Work Rest Time

**Abstrak**— Pekerjaan di perkebunan karet termasuk jenis pekerjaan yang banyak membutuhkan tenaga fisik. Sejumlah dampak buruk dapat terjadi saat beban fisik suatu pekerjaan telah melampaui kapasitas fisiologis yang dimiliki pekerja. Keadaan seperti ini secara kronik dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan berlebihan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan evaluasi ergonomi. Evaluasi ergonomi dilakukan untuk memastikan bahwa beban kerja tidak melebihi batas kemampuan yang dimiliki

seorang pekerja. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penentuan tingkat beban kerja petani karet berdasarkan kriteria fisiologis sehingga nantinya dapat ditentukan waktu istirahat yang optimal untuk pekerja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kelelahan kerja yang tidak hanya berdampak buruk pada kesehatan pekerja tapi juga pada kualitas dan performansi kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui pengukuran denyut jantung pada saat sebelum, sesudah, dan saat melakukan pekerjaan setiap 1 jam sekali. Kemudian dari data denyut jantung ini akan dilakukan perhitungan konsumsi energi, konsumsi oksigen dan %CVL (*cardiovascular load*). Setelah itu, ditentukan tingkat kategori beban kerja berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan. Selanjutnya ditentukan perhitungan penentuan waktu istirahat pekerja yang optimal berdasarkan tingkat beban kerja tersebut. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat beban kerja yang dialami oleh petani karet di CV. Eja Nursery Kabupaten Kutai Kartanegara dapat dikategorikan sebagai ringan hingga sedang. Sebelum memulai pekerjaan, rata-rata denyut jantung petani adalah 75 bpm, sedangkan saat mereka sedang bekerja, rata-rata denyut jantungnya naik menjadi 101 bpm. Setelah selesai bekerja, rata-rata denyut jantung turun menjadi 97 bpm karena aktivitas kerja menurun. Konsumsi oksigen rata-rata oleh petani karet adalah 0,9 liter per menit, yang termasuk dalam kategori beban kerja ringan. Rata-rata pengeluaran energi berkisar antara rendah hingga sedang, dengan rata-rata 3,4 kkal/menit saat bekerja. Konsumsi energi adalah sebesar 1,7 kkal/menit. Rata-rata beban kardiovaskular yang dialami oleh petani adalah 25,6%, yang termasuk dalam kategori beban kerja ringan, yang berarti tidak ada pembebanan yang signifikan. Dari perhitungan beban fisiologis tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi setiap petani karet masih berada di bawah batas standar, sehingga tidak ada kelelahan fisiologis yang terjadi. Waktu istirahat yang disarankan sesuai standar kelonggaran ILO adalah 25% dari waktu kerja.

**Kata kunci**— Beban Kerja Fisiologis; Petani Karet; Waktu Istirahat Kerja

## I. PENDAHULUAN

Salah satu komoditas perkebunan yang menjadi sumber pendapatan nasional dan devisa negara Indonesia adalah karet. Indonesia berada di peringkat kedua sebagai produsen karet dunia setelah Thailand [1]. Karet merupakan komoditas perkebunan unggulan yang diekspor secara luas ke seluruh dunia. Selain itu, sektor karet juga berkontribusi dalam penciptaan lapangan kerja, pembangunan wilayah, mendorong pertumbuhan agribisnis dan agroindustri, serta mendukung upaya konservasi lingkungan. Karet juga berperan sebagai sumber devisa kedua setelah kelapa sawit.

Sebagian besar perkebunan karet Indonesia terdapat di pulau Sumatera (70%), Kalimantan (24%), dan Jawa (4%) [2]. Di Kalimantan Timur, karet menjadi salah satu komoditas perkebunan tradisional yang telah lama ditanam oleh masyarakat sebagai perkebunan rakyat. Pada tahun 2020, luas tanaman karet di Kalimantan Timur mencapai 123.460 hektar. Perkebunan karet di Kalimantan Timur tersebar di 10 kabupaten/kota. Data dari Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur menunjukkan bahwa Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan salah satu wilayah penghasil karet terbesar kedua di Kalimantan Timur. Total luas perkebunan karet di wilayah tersebut mencapai 22.158 hektar dengan melibatkan 11.776 petani [3].

Sejumlah peneliti menyatakan bahwa petani memiliki tingkat aktivitas fisik yang lebih tinggi daripada profesi lain [4]. Pekerjaan fisik dapat dikonotasikan dengan pekerjaan berat karena kegiatan tersebut membutuhkan tenaga fisik manusia yang kuat selama waktu kerja [5]. Begitu pula pada petani di perkebunan karet. Terdapat beberapa aktivitas kerja pada perkebunan karet yang melibatkan usaha fisik, seperti penyadapan

getah karet, pembekuan getah karet, pengumpulan getah karet dan pengangkutan getah karet.

Salah satu perkebunan karet yang terdapat di Kabupaten Kutai Kartanegara adalah CV. Eja Nursery. CV. Eja Nursery berlokasi di Jalan Poros Samarinda – Bontang Km 71. Petani karet di CV. Eja Nursery memulai aktivitasnya dari pukul 07.00 sampai dengan 15.00 WITA. Kegiatan penyadapan karet mengharuskan pekerja berpindah dari satu pohon karet ke pohon lainnya. Selanjutnya proses pembekuan getah karet dilakukan beberapa jam setelah proses penyadapan dengan cara membuat cairan pengental dan dimasukkan ke dalam botol-botol 1,5 liter yang dibawa menggunakan tas punggung. Kemudian proses pengumpulan getah karet yang telah memadat dilakukan dengan memasukkan getah karet yang sudah memadat ke dalam ember kapasitas 10 – 15 kg yang kemudian diangkat ke tempat getah karet lalu dimasukkan ke dalam karung.

Sejumlah dampak buruk dapat terjadi saat beban fisik suatu pekerjaan telah melampaui kapasitas fisiologis yang dimiliki pekerja. Keadaan ini secara kronik dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan berlebihan. Dalam jangka panjang, keadaan ini dapat berpengaruh buruk pada kesehatan kerja bahkan dapat memicu penyakit lain yang berakhir dengan kematian, misalnya serangan jantung atau kegagalan fungsi-fungsi tubuh yang lain [6]. Beban kerja yang berlebihan juga dapat berakibat buruk pada kualitas dan performa kerja. Efek buruk ini dapat mencakup penurunan waktu reaksi, peningkatan kesalahan, penurunan konsentrasi, serta peningkatan potensi kecelakaan [7].

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan evaluasi ergonomi. Ergonomi merupakan disiplin ilmu

yang berkaitan dengan pemahaman interaksi antara manusia dan elemen lain dari suatu sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk mendesain guna mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan [8]. Ruang lingkup ergonomi yang berkaitan dengan permasalahan ini adalah ergonomi fisik. Ergonomi fisik membahas tentang karakteristik anatomi, *antropometri*, fisiologis dan *biomekanik* manusia yang berkaitan dengan aktivitas fisik. Evaluasi ergonomi dilakukan untuk memastikan bahwa beban kerja tidak melebihi batas kemampuan yang dimiliki seorang pekerja.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penentuan tingkat beban kerja petani karet berdasarkan kriteria fisiologis sehingga nantinya dapat ditentukan waktu istirahat yang optimal untuk pekerja. Selama ini waktu istirahat kerja di CV. Eja Nursery belum terjadwal dengan pasti sehingga pekerja beristirahat hanya jika pekerja merasa lelah. Pekerja akan memulai pekerjaan kembali jika rasa lelah tersebut dirasa sudah hilang atau berkurang. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai penentuan waktu istirahat optimal yang bertujuan untuk mengurangi kelelahan kerja yang tidak hanya berdampak buruk pada kesehatan pekerja tapi juga pada kualitas dan performansi kerja.

Banyak penelitian telah meneliti faktor risiko ergonomi pada pekerjaan agrikultur seperti di Belanda, Afrika Selatan, Irlandia, Amerika Serikat, Korea, Iran [9]. Namun, hanya sedikit penelitian yang melakukan penelitian untuk mengidentifikasi risiko ergonomi dari kelompok petani tertentu seperti pekerja rumah kaca, petani padi, petani sayuran, petani rumput laut, dan petani karet [9]. Berdasarkan kondisi tersebut, maka merupakan suatu kebutuhan mendesak melakukan penelitian pada sektor agrikultur Indonesia khususnya pada pekerja perkebunan karet di salah satu kabupaten yang ada di Kalimantan Timur yaitu Kabupaten Kutai Kartanegara.

Penelitian mengenai aspek beban kerja di sektor agrikultur pernah diteliti oleh beberapa peneliti yaitu pada petani perkebunan sawit di Malaysia berdasarkan pengukuran pengeluaran energi dan denyut jantung [10], kemudian pada petani padi di Thailand berdasarkan pengukuran beban kardiovaskular, konsumsi energi dan tingkat kesakitan tubuh [11]. Selanjutnya, pengukuran beban kerja fisik pada petani jagung di Indonesia berdasarkan denyut jantung, konsumsi energi dan %CVL (*Cardiovascular Load*) [5]. Penelitian pengukuran beban kerja secara fisiologis pada petani karet khususnya di wilayah Kalimantan

Timur, Indonesia belum pernah dilakukan sebelumnya.

Dengan mempertimbangkan pentingnya sektor agrikultur bagi Indonesia, khususnya perkebunan karet, penelitian terkait aspek ergonomi di perkebunan karet perlu dilakukan guna mengurangi risiko pada kesehatan kerja dan meningkatkan produktivitas kerja. Salah satu aspek ergonomi yang patut diperhatikan adalah tingkat beban kerja fisiologis yang dialami pekerja. Beban kerja berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kinerja pekerja, hal ini menjelaskan jika beban kerja meningkat maka akan menurunkan potensi kinerja pekerja dan sebaliknya beban kerja menurun maka akan meningkatkan potensi kinerja pekerja [12].

Untuk mengatasi beban kerja yang berlebihan maka dapat dilakukan pengaturan kerja salah satunya dengan pemberian waktu istirahat yang sesuai. Apabila lamanya waktu istirahat tidak sesuai dengan beban kerja yang diberikan akan menyebabkan pekerja berada dalam kondisi yang tidak optimal. Kondisi yang demikian dapat menyebabkan dampak yang negatif, seperti waktu pengerjaan yang lebih lama, terjadinya produk cacat, timbulnya kecelakaan kerja dan sebagainya [13].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di CV. Eja Nursery yang beralamat di Desa Perangkat Selatan, Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Penelitian ini mengambil responden keseluruhan petani karet di CV. Eja Nursery yaitu sebanyak 3 orang pekerja yang diukur beban kerjanya. Pekerjaan yang diteliti dalam penelitian ini adalah aktivitas petani karet pada saat memulai kerja hingga petani selesai melakukan pekerjaan. Penelitian dilakukan setiap hari selama 7 hari yaitu hari Senin sampai dengan hari Minggu.

### A. Identifikasi Data

Terdapat 2 jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari tempat yang dijadikan sebagai objek penelitian. Adapun data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data pengukuran denyut jantung pekerja. Denyut jantung pekerja diukur menggunakan alat bernama *pulsemeter*. Pengukuran dilakukan selama 1 minggu (7 hari) pada saat sebelum melakukan pekerjaan dan setiap jam saat melakukan pekerjaan. Setiap pengambilan data dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari luar perusahaan yang terdapat hubungan dengan obyek penelitian yang dilakukan. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari studi pustaka dan media internet.

**B. Metode Pengolahan dan Analisis Data**

Setelah data denyut jantung diambil dan dilakukan rekapitulasi, selanjutnya dilakukan perhitungan beban kerja.

Menurut Astrand and Rodahl (1977) dan Rodahl (1989) bahwa penilaian beban kerja dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu metode penilaian langsung dan metode penilaian tidak langsung [14].

Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan untuk dikonsumsi. Meskipun metode pengukuran asupan oksigen lebih akurat, namun hanya dapat mengukur untuk waktu kerja yang singkat dan diperlukan peralatan yang mahal.

Metode penilaian tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama bekerja. Penggunaan nadi kerja untuk menilai berat ringannya beban kerja mempunyai beberapa keuntungan, selain mudah, cepat dan murah juga tidak diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya pun cukup reliabel dan tidak mengganggu ataupun menyakiti orang yang diperiksa. Lebih lanjut Christensen (1991) dan Grandjean (1993) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan menghitung nadi kerja, konsumsi oksigen, kapasitas ventilasi paru dan suhu inti tubuh [14]. Kategori beban kerja yang didasarkan pada metabolisme, respirasi suhu tubuh dan denyut jantung menurut Christensen (1991) pada Tabel I [15], [16].

TABEL I  
KATEGORI TINGKAT BEBAN KERJA

Kategori Beban Kerja	Konsumsi Oksigen (l/min)	Ventilasi paru (l/min)	Suhu Rektal (°C)	Denyut Jantung (denyut/min)
Ringan	0,5 - 1,0	11 - 20	37,5	75 - 100
Sedang	1,0 - 1,5	20 - 30	37,5 - 38,0	100 - 125
Berat	1,5 - 2,0	31 - 43	38,0 - 38,5	125 - 150
Sangat Berat	2,0 - 2,5	43 - 56	38,5 - 39,0	150 - 175
Sangat Berat Sekali	2,5 - 4,0	60 - 100	> 39	> 175

Denyut nadi adalah indikator untuk menghitung berapa kali pembuluh darah arteri

melebar dan menyusut dalam satu menit sebagai respons terhadap detak jantung. Biasanya, jumlah denyut nadi sama dengan detak jantung karena ketika jantung berkontraksi, tekanan darah meningkat dan menyebabkan denyut nadi di arteri. Dengan demikian, mengukur denyut nadi memiliki makna yang sama dengan mengukur denyut jantung. Denyut nadi untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yaitu:

- Denyut Nadi Istirahat (DNI) adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai atau dalam keadaan istirahat
- Denyut Nadi Kerja (DNK) adalah rerata denyut nadi selama bekerja
- Nadi Kerja (NK) adalah selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja

Rakhmaniar (2007) menjelaskan cara mengukur konsumsi oksigen tersaji pada Persamaan (1) [6].

$$Y = 0,014 HR + 0,017 w - 1,706 \quad (1)$$

dengan,

- Y = konsumsi oksigen (liter/menit)
- HR = denyut jantung (*beat per minute*/bpm)
- W = bobot badan (kg)

Selanjutnya dalam penentuan konsumsi energi biasanya digunakan suatu bentuk hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung seperti pada Persamaan (2). Penelitian tentang hubungan denyut jantung dengan energi dilakukan oleh Astuti (1985) dan merekomendasikan persamaan regresi untuk mengestimasi energi berdasarkan kecepatan denyut jantung [17].

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \cdot 10^{-4} X^2 \quad (2)$$

dengan,

- Y = pengeluaran energi atau *energy expenditure* (kkal/min)
- X = denyut jantung (bpm)

Setelah melakukan perhitungan EE, selanjutnya dihitung konsumsi energi (KE) menggunakan Persamaan (3).

$$KE = Et - Ei \quad (3)$$

dengan,

- KE = Konsumsi Energi (kcal / menit)
- Et = Pengeluaran energi pada waktu kerja tertentu (kcal/menit)
- Ei = Pengeluaran energi pada waktu sebelum bekerja (kcal/menit)

Dengan adanya hubungan linear antara detak jantung dan penyerapan energi, seseorang

umumnya dapat menggunakan detak jantung untuk mengukur beban kerja [18]. Pada Tabel II tercantum tingkat keparahan kerja dengan tuntutan energi dan sirkulasi darah.

TABEL II  
KLASIFIKASI PEKERJAAN BERDASARKAN KONSUMSI ENERGI DAN DENYUT JANTUNG [19]

Clasificatio n Profession	Total Energy Expenditure		Heart Rate (beats/minute )
	KJ/minut e	Kcal/minut e	
Light	10	2,5	≤ 90
Moderate	20	5	90 - 100
Weight	30	7,5	100 - 120
Very Heavy	40	10	120 - 140
Extreme Weight	50	12,5	140 - 160

Lebih lanjut untuk menentukan klasifikasi beban kerja dapat dilakukan berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovasculair load* = % CVL) [14]. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4).

$$\%CVL = \frac{100X(Denyut\ Nadi\ Kerja - Denyut\ Nadi\ Istirahat)}{Denyut\ Nadi\ Maksimum - Denyut\ Nadi\ Istirahat} \quad (4)$$

Dimana denyut nadi maksimum adalah (220 – umur) untuk laki-laki dan (200 – umur) untuk wanita. Dari hasil perhitungan % CVL tersebut kemudian di bandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan pada Tabel III [14].

TABEL III  
KLASIFIKASI BEBAN KERJA BERDASAR %CVL

Tingkat Pembebanan	Kategori %CVL	Nilai %CVL	Keterangan
0	Ringan	<30%	Tidak terjadi pembebanan yang berarti
1	Sedang	30 sd <60%	Pembebanan sedang dan mungkin diperlukan perbaikan
2	Agak Berat	60 - <80%	Pembebanan agak berat dan diperlukan perbaikan
3	Berat	80 sd 100%	Pembebanan berat dan harus sesegera mungkin dilakukan tindakan perbaikan; hanya boleh

Tingkat Pembebanan	Kategori %CVL	Nilai %CVL	Keterangan
			bekerja dalam waktu singkat
4	Sangat Berat	>100%	Pembebanan sangat bera dan stop bekerja sampai dilakukan perbaikan

### C. Penentuan Waktu Istirahat Kerja

Pemberian waktu istirahat kerja yang cukup diyakini dapat membantu seseorang saat melakukan pekerjaan yang cukup berat. Setiap fungsi tubuh manusia dapat dilihat sebagai keseimbangan ritmis antara kebutuhan energi (kerja) dengan penggantian kembali sejumlah energi yang telah digunakan (istirahat) [15]. Kedua proses tersebut merupakan bagian integral dari kerja otot, kerja jantung dan keseluruhan fungsi biologis tubuh. Dengan demikian jelas bahwa untuk memelihara performansi dan efisiensi kerja, waktu istirahat harus diberikan secukupnya, baik antara waktu kerja maupun di luar jam kerja (istirahat pada malam hari).

Manusia tidak dapat mempertahankan tingkat aktivitas fisik untuk jangka waktu yang lebih lama. Mereka membutuhkan istirahat secara berkala untuk pulih dari efek pekerjaan yang dilakukan. Selama bertahun-tahun, berbagai studi menawarkan rekomedasi perhitungan periode istirahat yang diperbolehkan seperti persamaan Murrel [20] seperti tersaji pada Persamaan (5).

$$R = \frac{T(W-S)}{W-1,5} \quad (5)$$

dimana,

R = Waktu istirahat yang diperlukan (menit)

W = rata-rata konsumsi energi untuk bekerja (kkal/menit)

S = pengeluaran energi standar sebagai batas antara pekerjaan aerob dan anaerob (4 kkal/menit untuk wanita, 5 kkal/menit untuk pria)

T = Total waktu yang digunakan untuk kerja (menit)

## III. HASIL PENELITIAN

Penelitian dilakukan di CV. Eja Nursery yang merupakan salah satu perkebunan terbesar yang ada di Kabupaten Kutai Kartanegara.

### A. Karakteristik Responden

Responden yang menjadi subjek penelitian berjumlah 3 orang yang merupakan petani karet di CV. Eja Nursery. Adapun karakteristik responden dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV  
KARAKTERISTIK RESPONDEN PENELITIAN

Nama	Jenis Kelamin	Usia	Berat Badan	Lama Bekerja
Pekerja 1	Laki-laki	50 tahun	74 kg	12 tahun
Pekerja 2	Perempuan	49 tahun	70 kg	12 tahun
Pekerja 3	Laki-laki	22 tahun	72 kg	3 tahun

B. Pengukuran Denyut Jantung

Informasi mengenai pengukuran denyut jantung pekerja disajikan dalam Tabel V.

TABEL V  
DENYUT JANTUNG PETANI KARET (BPM)

WAKTU	PEKERJA	HARI KE-						
		1	2	3	4	5	6	7
Sebelum Kerja	1	70	68	81	85	69	75	80
	2	80	67	82	72	75	74	76
	3	68	66	76	68	80	82	80
Saat Kerja	1	90	95	98	98	101	94	99
	2	81	94	100	97	104	94	103
	3	104	108	120	97	116	111	109
Setelah Kerja	1	84	84	110	110	119	80	99
	2	63	85	110	101	124	76	93
	3	113	94	104	72	138	80	95

C. Pengukuran Konsumsi Oksigen

Tabel VI menunjukkan konsumsi oksigen petani karet di CV. Eja Nursery yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (1).

TABEL VI  
KONSUMSI OKSIGEN PETANI KARET (LITER/MENT)

Pekerja	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
2	0,6	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
3	1,0	1,0	1,2	0,9	1,1	1,1	1,0

D. Pengukuran Konsumsi Energi

Tabel VII menunjukkan hasil perhitungan konsumsi energi yang dialami oleh petani karet di CV. Eja Nursery pada saat melakukan pekerjaan sehari-hari. Perhitungan konsumsi energi didapatkan menggunakan rumus pada Persamaan (2) dan Persamaan (3).

E. Pengukuran Beban Kardiovaskular

Beban Kardiovaskular (%CVL) digunakan untuk menentukan beban kerja fisik melalui pengukuran denyut nadi. Tabel VIII menunjukkan beban kardiovaskular petani karet yang didapatkan berdasarkan Persamaan (4).

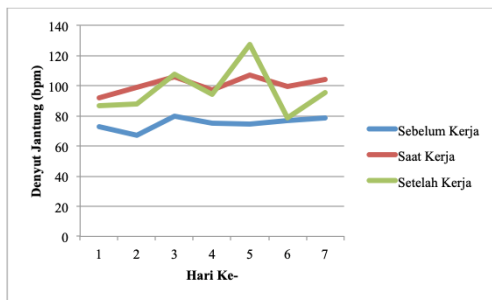
IV. PEMBAHASAN

Tinggi rendahnya beban fisiologis petani karet dapat dilihat berdasarkan nilai denyut jantung, konsumsi oksigen, %CVL dan konsumsi energi.

A. Beban Fisiologis Petani Karet

Denyut jantung tersebut dapat memberikan gambaran mengenai seberapa berat beban kerja yang dihadapi oleh pekerja sebagai hasil dari gerakan otot saat bekerja. Data yang terdapat dalam Tabel V menunjukkan bahwa semakin tinggi aktivitas otot, maka fluktuasi denyut jantung juga semakin besar. Informasi mengenai beban kerja dapat diketahui berdasarkan denyut jantung pekerja [21]. Selain itu, denyut jantung ini juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan pekerja. Denyut jantung juga dapat memberikan perkiraan mengenai kondisi fisik seseorang atau tingkat kebugaran fisik yang dimilikinya. [5].

Selanjutnya Gambar 1. menunjukkan rata-rata denyut jantung pada petani karet pada saat sebelum melakukan pekerjaan, saat melakukan pekerjaan dan saat selesai melakukan pekerjaan.



Gambar 1. Rata-rata denyut jantung petani karet

TABEL VII  
ENERGY EXPENDITURE DAN KONSUMSI ENERGI PETANI KARET (KKAL/MENT)

Hari Ke-		1	2	3	4	5	6	7
Energy Expenditure	Sebelum Kerja (Ei)	2,5	2,4	3	3,3	2,5	2,7	3
	Saat Kerja (Et)	3,6	3,9	4,1	4,1	4,3	3,8	4,2
Konsumsi Energi (KE)		8,8	1	1,5	1,1	0,8	1,9	1,1
Energy Expenditure	Sebelum Kerja (Ei)	3	2,4	3,1	2,6	2,7	2,7	2,8
	Saat Kerja (Et)	3,1	3,8	4,2	4	4,5	3,8	4,4
Konsumsi Energi (KE)		0,5	0,1	1,5	1,1	1,4	1,8	1,1
Energy Expenditure	Sebelum Kerja (Ei)	2,4	2,4	2,8	2,4	3	3,1	3
	Saat Kerja (Et)	4,5	4,8	5,9	4	5,5	5	4,9
Konsumsi Energi (KE)		2,1	2,5	3,1	1,6	2,5	1,9	1,9

TABEL VIII  
PERHITUNGAN %CVL PETANI KARET

Pekerja		Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	DNI	70	68	81	85	69	74	79
	DNK	90	95	98	98	101	94	99
	%CVL	19,80%	26,60%	19,50%	15,00%	32,00%	20,30%	21,80%
2	DNI	80	67	82	72	75	74	76
	DNK	81	94	100	97	104	94	103
	%CVL	1,60%	32,50%	25,20%	31,60%	38,60%	25,00%	36,00%
3	DNI	68	66	76	68	80	82	80
	DNK	104	108	120	97	116	111	109
	%CVL	27,70%	31,50%	36,20%	22,60%	30,60%	24,70%	24,90%

Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata denyut jantung petani karet pada saat melakukan pekerjaan lebih tinggi daripada saat sebelum melakukan pekerjaan. Rata-rata denyut jantung sebelum melakukan pekerjaan adalah 75 bpm, sedangkan rata-rata denyut jantung pada saat melakukan pekerjaan adalah 101 bpm. Kategori beban kerja pada saat melakukan pekerjaan berdasarkan denyut jantung termasuk dalam kategori beban kerja sedang. Pada saat setelah bekerja, rata-rata denyut jantung menurun menjadi 97 bpm. Hal ini dikarenakan terdapat penurunan aktivitas kerja.

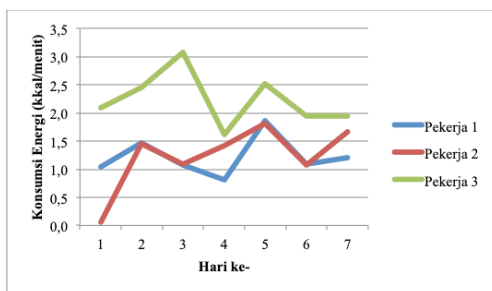
Konsumsi oksigen berkenaan dengan adanya proses pembakaran dalam tubuh di mana setiap reaksi pembakaran diperlukan adanya  $O_2$  untuk

menguraikan zat-zat makanan. Hasil pembakaran zat-zat makanan selanjutnya dimanfaatkan oleh tubuh sebagai energi untuk melakukan kerja [22]. Tabel VI menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi oksigen yang dialami oleh petani karet adalah 0,9 liter per menit di mana termasuk dalam kategori beban kerja ringan. Hal ini dikarenakan dalam proses penyadapan karet tidak begitu dibutuhkan energi yang cukup besar. Tubuh memerlukan asupan nutrisi dan oksigen yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan energi yang tinggi. Selain itu, suhu lingkungan juga memengaruhi kebutuhan konsumsi oksigen. Pada suhu lingkungan yang lebih tinggi atau lebih panas, kebutuhan konsumsi oksigen cenderung meningkat. Saat melakukan pekerjaan fisik yang berat di lingkungan yang

panas, darah akan mengalami beban tambahan karena harus mengirimkan oksigen ke otot yang sedang aktif. Selain itu, darah juga harus mengangkut panas dari dalam tubuh ke permukaan kulit [23]. Dikarenakan perkebunan karet cukup rindang dikarenakan banyaknya tanaman karet, maka lingkungan pun menjadi tidak cukup panas.

Beban kerja fisik melibatkan energi fisik dalam otot manusia yang akan digunakan sebagai sumber energi. Beban kerja fisik yang tinggi akan melemahkan dan mengurangi kecepatan kontraksi otot. Selain itu, beban kerja fisik akan mempengaruhi perubahan dalam fisiologi tubuh, sehingga beban kerja fisik tambahan akan melemahkan kinerja otot yang dapat menyebabkan kelelahan kerja [24]. Pengukuran konsumsi energi menunjukkan tingkat energi fisik yang digunakan oleh otot manusia pada saat melakukan suatu aktivitas. Konsumsi energi pada saat pekerjaan fisik dimulai akan bertambah atau berkurang sesuai dengan beban kerja yang diberikan.

Selanjutnya Gambar 2. menunjukkan rata-rata konsumsi energi yang dialami pekerja selama 1 minggu.



Gambar 2. Rata-rata konsumsi energi petani karet

Rata-rata pengeluaran energi (*energy expenditure*) yang dialami oleh petani karet berkisar diantara kategori ringan sampai dengan sedang. Rata-rata pengeluaran energi pada petani karet adalah 3,4 kkal/mentit. Sedangkan konsumsi energi sebesar 1,7 kkal/mentit. Hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan petani karet merupakan pekerjaan yang tidak banyak memakai tenaga otot.

Berdasarkan Tabel VII dapat dilihat pekerja 3 memiliki pengeluaran energi (*energy expenditure*) yang lebih besar pada saat melakukan pekerjaan dibandingkan pekerja 1 dan pekerja 2 dikarenakan usia pekerja 3 jauh lebih muda dibandingkan dengan pekerja 1 dan 2. Penuaan berkaitan dengan penurunan pengeluaran energi harian yang lebih besar secara proporsional daripada penurunan asupan energi harian [25]. Kinerja seseorang dalam menjalankan tugasnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk umur. Umur individu akan memengaruhi kondisi fisiknya. Individu yang masih muda mampu melakukan pekerjaan berat, namun sebaliknya, kemampuan untuk melakukan

pekerjaan berat akan menurun pada individu yang lanjut usia [26].

Beban Kardiovaskular (%CVL) digunakan untuk menentukan beban kerja fisik melalui pengukuran denyut nadi. Denyut nadi seseorang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi normal dan abnormal serta aktivitas fisik yang dapat terlihat setelah memeriksa denyut nadi. Sensitivitas denyut nadi terhadap perubahan beban yang diterima oleh tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah mengikuti ritme dengan perubahan beban. Perhitungannya didasarkan pada peningkatan denyut nadi kerja dibandingkan dengan denyut nadi maksimum [27].

Rata-rata beban kardiovaskular yang dialami oleh petani adalah 25,6% sehingga termasuk dalam kategori beban kerja ringan yang artinya tidak terjadi pembebanan yang berarti. Hal ini dikarenakan kegiatan pada perkebunan karet termasuk aktivitas yang tidak terlalu membutuhkan aktivitas fisik yang berat. Petani hanya melakukan kegiatan penyadapan dengan cara menggoreskan alat sadap pada pohon karet.

#### B. Penentuan Jam Istirahat Optimal

Tabel VII menunjukkan bahwa kebutuhan energi untuk setiap petani karet masih berada di bawah batas standar (lebih kecil dari 5 Kkal/min untuk laki-laki dan 4 kkal/min untuk perempuan) sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terjadi kelelahan fisiologis.

Jika rata-rata konsumsi energi selama bekerja (KE) masih berada di bawah batas peralihan antara pekerjaan aerob dan anaerob (S), maka persamaan Murrell untuk menentukan waktu istirahat kerja tidak berlaku. Jika situasi tersebut terjadi, dapat dicari nilai R (durasi istirahat) dengan menggunakan kelonggaran kerja sebagai persentase dari waktu normal yang diizinkan untuk keperluan pribadi dan untuk mengatasi kelelahan pekerja [28]. Untuk menentukan besarnya kelonggaran pribadi dan kelonggaran untuk menghilangkan kelelahan ini dapat dilihat pada tabel kelonggaran yang direkomendasikan oleh ILO seperti tersaji pada Tabel IX [20].



TABEL IX  
ILO RECOMMENDED ALLOWANCE

A. Constant Allowances	% allowance
1. Personal Allowance	5
2. Basic Fatigue	4
<b>B. Variable Allowances</b>	
1. Standing Allowance	2
2. Abnormal Position Allowance	
a. Slightly awkward	0
b. Awkward (bending)	2
c. very awkward (lying, stretching)	7
3. Use of force, or muscular energy (lifting, pulling, or pushing)	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Bad light	
a. Slightly below recommended	0
b. Well below	2
c. Quite inadequate	5
5. Atmospheric condition (heat and humidity) - variable	0 - 100
6. Close attention	
a. Fairly fine work	0
b. Fine or exating	2
c. Very fine or very exating	5
7. Noise Level	
a. Continuous	0
b. Intermittent – Loud	2
c. Intermittent – Very Loud	5
d. High-pitched - Loud	5
9. Monotony	
a. Low	0
b. Medium	1
c. Hard	4
10. Tediumness	
a. Rather tedious	0
b. Tedious	2
c. Very tedious	5

Penentuan besarnya kelonggaran ini didasarkan hasil observasi lingkungan kerja di perkebunan karet CV. Eja Nursery dan juga hasil diskusi dengan para petani karet. Secara rinci penentuan besarnya kelonggaran dapat dilihat pada Tabel X.

TABEL X  
PENENTUAN ALLOWANCE UNTUK PETANI KARET

Faktor	Kelonggaran (%)
Personal Allowance	5
Basic Fatigue	4
Standing Allowance	2
Abnormal Position Allowance	2
Use of Force	0

Bad Light	05
Atmosphere Condition	5
Close Attention	0
Noise Level	0
Mental Strain	1
Monotony	4
Tediumness	2
<b>Total</b>	<b>25</b>

Berdasarkan hasil perhitungan kelonggaran, maka didapatkan waktu istirahat yang tepat untuk pemulihan tenaga pasca bekerja pada petani karet di CV. Eja Nursery adalah sebesar 25% dari waktu kerja. Jika petani karet bekerja selama 8 jam dalam sehari, maka waktu istirahat minimal yang harus dipenuhi adalah 2 jam. Namun jika petani bekerja tiap 4 jam kemudian istirahat, maka waktu istirahat yang diberikan minimal 1 jam istirahat untuk kemudian dapat melanjutkan pekerjaannya lagi. Dengan adanya penentuan waktu istirahat yang sesuai dengan beban fisiologis petani, pekerjaan akan lebih terorganisir dengan baik.

## V. KESIMPULAN

Beban kerja yang dialami oleh petani karet di CV. Eja Nursery Kabupaten Kutai Kartanegara termasuk dalam kategori ringan hingga sedang. Rata-rata denyut jantung sebelum melakukan pekerjaan adalah 75 bpm, sedangkan rata-rata denyut jantung pada saat melakukan pekerjaan adalah 101 bpm. Pada saat setelah bekerja, rata-rata denyut jantung menurun menjadi 97 bpm. Hal ini dikarenakan terdapat penurunan aktivitas kerja. Selanjutnya, rata-rata konsumsi oksigen yang dialami oleh petani karet adalah 0,9 liter per menit dimana termasuk dalam kategori beban kerja ringan. Rata-rata *energy expenditure* berkisar di antara kategori rendah hingga sedang, dimana memiliki rata-rata 3,4 kkal/menit pada saat melakukan pekerjaan. Sedangkan konsumsi energi sebesar 1,7 kkal/menit. Selanjutnya rata-rata beban kardiovaskular yang dialami oleh petani adalah 25,6% sehingga termasuk dalam kategori beban kerja ringan yang artinya tidak terjadi pembebanan yang berarti. Dari perhitungan beban fisiologis petani karet dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi untuk setiap petani karet masih berada di bawah batas standar sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terjadi kelelahan fisiologis. Waktu istirahat yang tepat sesuai dengan standar kelonggaran ILO adalah sebesar 25% dari waktu kerja.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan pada Fakultas Teknik Universitas Mulawarman atas dukungan pendanaan untuk terselenggaranya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Kemenperin: Produktivitas Karet Nasional Kalah dari Malaysia dan Thailand," 2013. <https://kemenperin.go.id/artikel/7341/Produktivitas-Karet-Nasional-Kalah-dari-Malaysia-dan-Thailand> (accessed Aug. 08, 2023).
- [2] Direktorat Jenderal Perkebunan, "Komoditas Karet," *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017*, 2015.
- [3] Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur, "Karet," 2021. <https://disbun.kaltimprov.go.id/artikel/karet> (accessed Aug. 01, 2023).
- [4] E. F. Racine, S. B. Laditka, J. Dmochowski, M. Alavanja, D. Lee, and J. A. Hoppin, "Farming Activities and Carrying and Lifting: The Agricultural Health Study," *J. Phys. Act. Health*, vol. 9, no. 1, pp. 39–47, Jan. 2012.
- [5] Ansar, Nazaruddin, and A. D. Azis, "Operator Workload Analysis of Corn Seed Planting Equipment in Corn Planting," in *Proceeding of International Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Tourism (ICOSEAT 2022)*, Bangka, Indonesia, 2022. doi: 10.2991/978-94-6463-086-2\_72.
- [6] H. Iridiastadi and Yassierli, "Ergonomi Suatu Pengantar," *Ergon. Suatu Pengantar*, pp. 60–75, 2014.
- [7] R. Bridger, S. Kilminster, and G. Slaven, "Occupational Stress and Strain in The Naval Service: 1999 and 2004," *Occup. Med.*, vol. 57, no. 2, pp. 92–97, Oct. 2006, doi: 10.1093/occmed/kq1124.
- [8] International Ergonomic Association, "What Is Ergonomics (HFE)? | The International Ergonomics Association is a global federation of human factors/ergonomics societies, registered as a nonprofit organization in Geneva, Switzerland.," 2000. <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/> (accessed Mar. 14, 2023).
- [9] I. Dianat, D. Afshari, N. Sarmasti, M. S. Sangdeh, and R. Azaddel, "Work posture, working conditions and musculoskeletal outcomes in agricultural workers," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 77, p. 102941, May 2020, doi: 10.1016/j.ergon.2020.102941.
- [10] Pebrian, D.El., Yahya, A., and Siang, T.C., "Workers' Workload and Productivity," *J. Agric. Saf. Health*, pp. 235–254, Oct. 2014, doi: 10.13031/jash.20.10413.
- [11] N. R. Praptaningtyas, N. Khuriyati, D. Ismoyowati, and M. S. Neubert, "Workload Analysis on Farmers during the Rice Planting Process in Khon Kaen, Thailand," Universitas Gadjah Mada, 2019. Accessed: Mar. 15, 2023. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/176317>
- [12] Dwi, A.N. and Ali, H., "Literature Review the Effect of Division of Work and Workload on Work Effectiveness and its Impact on Employee Performance," *Dinasti Int. J. Econ. Finance Account.*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [13] E. Masidah and A. Syakhroni, "Analisa Lama Waktu Istirahat Berdasarkan Beban Kerja di UD TT Jaya Sayung Demak".
- [14] Tarwaka, *Ergonomi Industri, Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Harapan Press, 2015.
- [15] Grandjean, *Fitting the Task to the Man: A Textbook of Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis, 1993.
- [16] E. H. Christensen, *Physiology of work*. Geneva: Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 1991.
- [17] A. Soleman, "Analisis Beban Kerja Ditinjau dari Faktor Usia dengan Pendekatan Recommended Weight Limit," *J. Arika*, vol. 05, no. 2, 2011.
- [18] B. Cahyadi, A. S. Maryanti, and G. A. Timang, "Measurement of Physiological and Psychological Workloads of Mechanical Department Operator PT. XYZ," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, p. 012092, Apr. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012092.
- [19] K. H. E. Kroemer, H. J. Kroemer, and K. E. Kroemer-Elbert, *Engineering Physiology*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. doi: 10.1007/978-3-642-12883-7.
- [20] B. Niebel and A. Freivalds, *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*. McGraw-Hill Education, 2013.
- [21] J. Teo, "Early Detection of Silent Hypoxia in Covid-19 Pneumonia Using Smartphone Pulse Oximetry," *J. Med. Syst.*, vol. 44, no. 8, p. 134, 2020, doi: 10.1007/s10916-020-01587-6.
- [13] G. S. A. Falah', P. Aryanli', and W. A. Nugroho', "Penentuan Beban Kerja dan Konsumsi Oksigen pada Pengoperasian Alat Pengupas Kulit Ari Kedelai Orbapas", 2011.
- [23] S. Sastrowinoto, *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*, Cet . ke-1. in Seri Manajemen No. 116. Pertja, 1985.
- [24] S. A. Mulia, "Work Fatigue based on Workload and Calories Intake in Several Food Makers," *Indones. J. Occup. Saf. Health*, vol. 8, no. 2, p. 158, Aug. 2019, doi: 10.20473/ijosh.v8i2.2019.158-167.
- [25] R. D. Starling, "Energy expenditure and aging: effects of physical activity," *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, vol. 11 Suppl, pp. S208-217, Dec. 2001, doi: 10.1123/ijsnem.11.s1.s208.
- [26] Suma'mur, *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Gunung Agung, 1995. Accessed: May 28, 2023. [Online]. Available: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=8799>
- [27] M. T. Safirin, I. Nugraha, and N. A. V. Putra, "Analysis of Workload Measurement Using Cardiovascular Load (CVL) and Bourdon Wiersma at PT. XYZ," in *NST Proceedings*, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.11594/nstp.2021.1442>.
- [28] Y. Helianty, C. S. Wahyuni, and A. K. Wardhany, "Penentuan Lamanya Istirahat Kerja untuk Meminimalisasi Beban Fisiologis Bekerja (Studi Kasus di PR. DJAGUNG PADI MALANG)," 2014.