

Analisis Beban Kerja Fisik Menggunakan Metode *Cardiovascular Load* dan Konsumsi Energi pada Karyawan Pemadam Kebakaran di PT X

Mohammad Zaini, Dira Ernawati

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya
Koresponden email: 22032010179@student.upnjatim.ac.id, dira.ti@upnjatim.ac.id

Diterima: 12 Desember 2024

Disetujui: 21 Desember 2024

Abstract

The high physical workload of firefighters has the potential to cause fatigue and reduce performance, compromising safety and productivity. Given the importance of accurate measurement of physical workload, the aim of this study was to analyse physical workload using the Cardiovascular Load (CVL) method and energy expenditure to assess the level of physical intensity exerted by the body during work activities among firefighters using direct observation and pulse measurement during the working day, and estimation of energy expenditure based on recorded physical activity. The research results show that the physical workload of the employees is rather low, with an average CVL of 22.3%, indicating that there is no classification of fatigue. Energy consumption also has an average energy consumption value of 1.51, which shows that their energy consumption is in the light category. On the basis of the results of this analysis, PT also carries out regular health monitoring of physical conditions with the aim of keeping employees in optimal condition. It is hoped that this research will provide a basis for companies to develop policies to manage the physical workload of firefighters.

Keywords: *workload, cardiovascular load, heart rate, energy consumption, firefighter*

Abstrak

Beban kerja fisik yang tinggi pada karyawan pemadam kebakaran berpotensi menyebabkan kelelahan dan menurunkan kinerja, yang berisiko pada keselamatan dan produktivitas. Mengingat pentingnya pengukuran beban kerja fisik yang akurat, studi ini bertujuan demi menganalisis beban kerja fisik memakai metode *Cardiovascular Load* (CVL) dan konsumsi energi untuk menilai tingkat intensitas fisik yang dikeluarkan tubuh selama aktivitas kerja pada karyawan pemadam kebakaran di PT X. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dan pengukuran denyut nadi selama hari kerja, serta estimasi konsumsi energi berdasarkan aktivitas fisik yang tercatat. Temuan studi mengungkapkan bahwasanya karyawan menghadapi beban kerja fisik yang cenderung rendah, dengan rata-rata CVL 22,3% yang menunjukkan klasifikasi tidak terjadi kelelahan. Konsumsi energi juga memiliki nilai rata-rata konsumsi energi yaitu 1,51 yang menunjukkan bahwasanya konsumsi energinya tergolong masih ringan. Berdasarkan temuan analisis ini, PT X disarankan untuk mempertahankan kondisi dengan menerapkan jadwal rotasi yang efektif dan memastikan penggunaan peralatan yang ergonomis guna menghindari ketegangan fisik berlebih. Selain itu, pemantauan kesehatan berkala terhadap kondisi fisik juga dilakukan dengan tujuan agar karyawan tetap dalam kondisi optimal. Harapannya studi ini bisa dijadikan dasar untuk perusahaan guna merancang kebijakan terkait pengelolaan beban kerja fisik pada karyawan pemadam kebakaran.

Kata Kunci: *beban kerja, beban kardiovaskular, denyut nadi, konsumsi energi, pemadam kebakaran*

1. Pendahuluan

Beban kerja fisik yakni salah satu bentuk beban kerja yang disebabkan pekerjaan yang mengandalkan kegiatan fisik [1]. Permasalahan beban kerja fisik pada karyawan pemadam kebakaran menjadi perhatian serius, terutama karena sifat pekerjaan yang menuntut kondisi fisik prima dan ketahanan tubuh yang tinggi. Karyawan pemadam kebakaran di PT X dihadapkan pada lingkungan kerja yang penuh risiko, seperti suhu tinggi, paparan asap, serta tuntutan waktu dalam merespons kejadian darurat. Kondisi ini menyebabkan pekerja harus melakukan aktivitas fisik intens dalam waktu yang lama, sehingga berpotensi menimbulkan kelelahan ekstrem, penurunan produktivitas, dan peningkatan risiko cedera. Selain itu, pola kerja dengan tiga *shift* sering kali menambah beban kerja karena perubahan jam biologis, yang berpotensi memengaruhi kondisi fisik dan kesehatan mereka. Tetapi, sampai sekarang jarang ditemui studi yang spesifik menganalisis beban kerja fisik pemadam kebakaran di perusahaan dengan pola kerja tiga *shift*. Hal ini

menjadi urgensi karena beban kerja yang tidak terukur secara optimal bisa mengakibatkan dampak serius, seperti penurunan produktivitas, risiko cedera kerja, dan gangguan kesehatan jangka panjang. Karenanya, studi ini berfokus pada analisis beban kerja fisik dengan menggunakan pendekatan yang lebih akurat untuk mendukung pengelolaan sumber daya manusia yang optimal di PT X.

Penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan untuk mengevaluasi beban kerja fisik, salah satunya penelitian terdahulu oleh [2] yakni menguji dampak latihan lari interval serta fartlek pada perkembangan VO_2 Max menggunakan beberapa metode, antara lain pengukuran konsumsi oksigen (VO_2 max), serta penilaian intensitas latihan menggunakan skala RPE (Borg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis latihan tersebut dapat meningkatkan VO_2 Max. Metode ini memberikan gambaran umum mengenai pengaruh aktivitas fisik terhadap konsumsi oksigen, namun tidak mencakup pengukuran yang mengintegrasikan antara kebutuhan fisiologis dan energi yang dikeluarkan. Sebagai alternatif, metode *Cardiovascular Load* dan analisis konsumsi energi dianggap lebih komprehensif karena menggabungkan aspek kardiovaskular dan metabolisme tubuh. *Cardiovascular Load* atau CVL mengacu pada metode estimasi yang dipakai guna menilai tingkat beban kerja melalui membandingkan antara meningkatnya denyut nadi saat aktivitas serta denyut nadi tertinggi yang bisa diraih [3]. Beban kerja fisik adalah jenis pekerjaan dengan sumber energi dan tingkat konsumsi energi menjadi kekuatan fisik manusia dalam melakukan pekerjaannya [4]. Sehingga, penerapan metode tersebut memungkinkan pengukuran yang lebih rinci mengenai pengaruh tugas-tugas fisik terhadap kondisi tubuh secara keseluruhan, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih preskriptif dibandingkan penelitian terdahulu.

Meskipun penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi yang signifikan, beberapa kekurangan masih ditemukan. Metode konsumsi oksigen memerlukan peralatan yang rumit dan sulit diaplikasikan di lapangan. Karenanya, studi ini dijalankan dengan menawarkan keunggulan yakni menggabungkan metode *Cardiovascular Load* dan konsumsi energi untuk mendapatkan analisis yang lebih komprehensif mengenai beban kerja fisik yang diaplikasikan di lingkungan kerja pemadam kebakaran. Dalam kondisi yang menuntut kestabilan fisik seperti mengangkat peralatan berat, berlari, memanjat, dan bekerja dalam keadaan darurat yang mengharuskan kecepatan dan ketangkasan, pemadam kebakaran harus mampu mempertahankan kinerja optimal untuk menghadapi tantangan tersebut. Adapun analisis beban kerja fisik memakai metode CVL memungkinkan evaluasi beban kerja berdasarkan persentase peningkatan denyut jantung pekerja terhadap denyut jantung maksimum, sedangkan konsumsi energi memberikan informasi tentang jumlah energi yang dikeluarkan. Studi ini bertujuan demi menggambarkan dengan akurat mengenai beban kerja fisik pada karyawan pemadam kebakaran di PT X serta menawarkan rekomendasi perbaikan kondisi kerja. Adapun kombinasi metode ini diharapkan mampu menghasilkan data yang lebih valid dan relevan sehingga dapat memberikan manfaat untuk membantu perusahaan merumuskan kebijakan yang mendukung peningkatannya efisiensi kinerja pemadam kebakaran.

2. Metode Penelitian

Studi ini dijalankan pada Departemen Keselamatan serta Kesehatan Kerja (K3) PT X bagian Pemadam Kebakaran dengan jumlah karyawan 28 orang. Pemadam kebakaran merupakan pekerjaan yang dianggap sangat memerlukan energi dan menuntut ketahanan fisik seperti mengangkat peralatan berat, berlari, memanjat, dan bekerja di area yang penuh dengan asap, suhu tinggi, atau bahan kimia berbahaya. Pengumpulan data dijalankan sepanjang 14 hari dari tanggal 25 November - 8 Desember 2024, serta waktu pengambilan sampel dimulai pukul 7.00 – 16.00 WIB. Studi ini mengkombinasikan metode *cardiovascular load* (CVL) serta konsumsi energi demi menganalisis beban kerja fisik terhadap karyawan pemadam kebakaran di PT X.

2.1 Metode *Cardiovascular Load* (CVL)

Cardiovascular Load (CVL) yakni metode yang menghitung tingkat beban kerja melalui perbandingan denyut nadi yang meningkat semasa aktivitas dengan denyut nadi maksimal yang bisa diraih [5]. Adapun dalam melakukan pengambilan data digunakan bantuan alat yakni oximeter. Oximeter yakni perangkat yang berperan guna mengukur kadar oksigen pada darah secara langsung sehingga tidak perlu menjalankan prosedur invasif seperti tes darah [6]. *Pulse Oximeter* yakni perangkat yang mengukur tingkat saturasi oksigen serta denyut jantung dengan mengandalkan sensor cahaya serta mengkombinasikan teknologi *plethysmography* (PPG) dengan spektrofotometri [7]. Adapun setiap langkah menghitung beban kerja fisik memakai metode CVL yakni [8]:

1. Menjalankan pengukuran denyut nadi

Tahap awalnya yakni mencatat Denyut Nadi Kerja (DNK). Berikutnya, ukur Denyut Nadi Istirahat (DNI) ketika tubuh berada dalam kondisi tenang.

2. Menghitung nilai denyut nadi maksimum
 Denyut nadi maksimum dihitung berdasarkan rumus: (200-umur) untuk wanita serta (220-umur) untuk pria.
 $DNMaks = 220/200 - Usia \dots\dots\dots(1)$
3. Menentukan persentase Cardiovascular Load (% CVL)
 $\% CVL = 100\% \times \frac{DNK-DNI}{DN Maks-DNI} \% \dots\dots\dots(2)$

Setelah menghitung % CVL, hasilnya akan dianalisis dan disesuaikan dengan kategori yang sudah ditentukan, sebagai berikut [9]:

Tabel 1. Klasifikasi Beban Kerja Fisik

Kategori % CVL	Nilai % CVL	Keterangan
Ringan	$\leq 30 \%$	Tidak ada pembebanan kelelahan
Sedang	$30 \% < \% CVL \leq 60 \%$	Dibutuhkan perbaikan namun tidak mendesak
Agak Berat	$60 \% < \% CVL \leq 80 \%$	Boleh kerja dalam waktu singkat
Berat	$80 \% < \% CVL \leq 100 \%$	Dibutuhkan tindakan perbaikan segera
Sangat Berat	$\% CVL > 100 \%$	Kegiatan kerja dilarang dijalankan

Sumber: Turnip dkk., 2022

2.2 Konsumsi Energi

Beban kerja fisik memerlukan sumber energi yang digunakan dalam bekerja yang melibatkan fisik dan otot pekerja, sehingga bebannya akan tinggi akan melemahkan serta mengurangi kecepatan kontraksi otot, pengukuran konsumsi energi menampilkan tingkat energi fisik yang digunakan oleh otot pekerja saat melakukan aktivitas atau pekerjaan [10]. Beban kerja fisik yang semakin berat maka diperlukan energi dan kalori yang besar, *energy expenditure* yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan [11]. Konsumsi energi dipengaruhi oleh pemberian beban kerja fisik pada pekerja, sehingga menentukan konsumsi energi akan bertambah atau berkurang [12]. Tingkat beban kerja fisik yang dinilai berdasarkan kriteria konsumsi energi dari denyut nadi (diamati dengan denyut nadi) berkorelasi secara linier dengan intensitas pekerjaan yang dilakukan [13]. Berikut adalah cara menghitung konsumsi energi untuk menetapkan total kalori yang dibakar oleh pekerja sepanjang satu menit atau satu jam [14]:

$$E = 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71711.10^{-4} X^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

X = Kecepatan denyut jantung (Denyut/menit)

E = Energi (Kkal/menit)

Kategori beban kerja berdasarkan jumlah kalori yang dibutuhkan yakni:

1. Beban kerja tinggi (351-500 Kkal/jam)
2. Beban kerja sedang (201-350 Kkal/jam)
3. Beban kerja ringan (100-200 Kkal/jam)

Setelah memakai rumus tersebut, perhitungan konsumsi energi berikutnya bisa dijalankan memakai rumus berikut [15]:

$$K = Et - Ei \dots\dots\dots(4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Mentah Cardiovascular Load dan Konsumsi Energi

Data mentah berupa data yang belum diproses, dianalisis, atau diolah dan biasanya berbentuk angka, teks atau gambar. Pengumpulan data perlu dijalankan demi mendapat informasi akurat yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam penelitian. Adapun pengumpulan data dalam studi ini yakni berupa data kuantitatif yang berisi umur, denyut nadi istirahat serta denyut nadi kerja diperoleh melalui pengukuran memakai oximeter. Berikut merupakan tabel data mentah karyawan pemadam kebakaran di PT. X:

Tabel 2. Data Umur, Denyut Nadi Kerja, serta Denyut Nadi Istirahat

Karyawan	Umur	DNK	DNI
1	32	117	98
2	31	99	74
3	29	115	82
4	28	90	77
5	36	88	83
6	32	125	87
7	25	94	79
8	30	83	68
9	28	73	63
10	40	89	63
11	31	110	74
12	24	112	72
13	36	92	75
14	34	98	76
15	26	85	76
16	34	103	86
17	32	109	84
18	32	116	78
19	39	111	69
20	31	93	76
21	28	91	62
22	30	74	64
23	30	101	82
24	28	144	115
25	29	100	82
26	30	104	84
27	29	131	96
28	33	117	82
Rata-rata	31	102	79

3.2 Perhitungan Persentase *Cardiovascular Load*

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan persentase CVL untuk mengukur seberapa besar intensitas beban kerja yang dihadapi karyawan pemadam kebakaran di PT. X, terutama dalam pekerjaan yang menuntut fisik tinggi seperti pemadam kebakaran. Dengan menghitung persentase CVL, dapat ditentukan batas kapasitas fisik yang aman atau kapasitas fisik yang berat sehingga berpotensi menyebabkan kelelahan atau cedera. Berikut merupakan hasil perhitungan persentase CVL pada karyawan pemadam kebakaran di PT. X:

Tabel 3. Hasil %CVL Karyawan Pemadam Kebakaran

Karyawan	Umur	DNK	DNI	%CVL	Keterangan
1	32	117	98	26,4	Tidak ada kelelahan
2	31	99	74	21,3	Tidak ada kelelahan
3	29	115	82	29,8	Tidak ada kelelahan
4	28	90	77	11,3	Tidak ada kelelahan
5	36	88	83	5,0	Tidak ada kelelahan
6	32	125	87	37,1	Diperlukan perbaikan
7	25	94	79	15,6	Tidak ada kelelahan
8	30	83	68	11,9	Tidak ada kelelahan
9	28	73	63	7,4	Tidak ada kelelahan

Karyawan	Umur	DNK	DNI	%CVL	Keterangan
10	40	89	63	22,2	Tidak ada kelelahan
11	31	110	74	31,3	Diperlukan perbaikan
12	24	112	72	31,9	Diperlukan perbaikan
13	36	92	75	15,6	Tidak ada kelelahan
14	34	98	76	20,0	Tidak ada kelelahan
15	26	85	76	7,6	Tidak ada kelelahan
16	34	103	86	17,0	Tidak ada kelelahan
17	32	109	84	24,0	Tidak ada kelelahan
18	32	116	78	34,1	Diperlukan perbaikan
19	39	111	69	37,1	Diperlukan perbaikan
20	31	93	76	14,6	Tidak ada kelelahan
21	28	91	62	22,3	Tidak ada kelelahan
22	30	74	64	7,5	Tidak ada kelelahan
23	30	101	82	32,9	Diperlukan perbaikan
24	28	144	115	37,7	Diperlukan perbaikan
25	29	100	82	16,1	Tidak ada kelelahan
26	30	104	84	18,9	Tidak ada kelelahan
27	29	131	96	36,3	Diperlukan perbaikan
28	33	117	82	32,9	Diperlukan perbaikan
Rata-rata				22,3	Tidak ada kelelahan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karyawan 24 memiliki prosentase CVL tertinggi dengan nilai 37,7 dan karyawan 5 memiliki prosentase CVL yang terkecil dengan nilai 5 dan nilai rata-rata perhitungan prosentase CVL karyawan pemadam kebakaran sebesar 22,3 yang menunjukkan klasifikasi tidak terjadi kelelahan.

4.2 Perhitungan Konsumsi Energi

Setelah menganalisis presentase CVL, maka dapat dilakukan penghitungan konsumsi energi pada karyawan. Adapun hasil penghitungan konsumsi energi pada karyawan pemadam kebakaran di PT. X yakni:

Tabel 4. Konsumsi Energi Karyawan Pemadam Kebakaran

Karyawan	Konsumsi Energi			Keterangan
	Et	Ei	K	
1	5,54	4,09	1,45	Beban kerja ringan
2	4,12	2,69	1,43	Beban kerja ringan
3	5,37	3,10	2,27	Beban kerja ringan
4	3,56	2,84	0,73	Beban kerja ringan
5	3,44	3,15	0,29	Beban kerja ringan
6	6,26	3,38	2,88	Beban kerja ringan
7	3,82	2,94	0,88	Beban kerja ringan
8	3,13	2,43	0,70	Beban kerja ringan
9	2,62	2,23	0,39	Beban kerja ringan
10	3,50	2,23	1,27	Beban kerja ringan
11	4,99	2,69	2,30	Beban kerja ringan
12	5,12	2,60	2,51	Beban kerja ringan
13	3,69	2,74	0,95	Beban kerja ringan
14	4,09	2,79	1,30	Beban kerja ringan
15	3,27	2,79	0,48	Beban kerja ringan
16	4,45	3,32	1,13	Beban kerja ringan
17	4,91	3,21	1,70	Beban kerja ringan

Karyawan	Konsumsi Energi			Keterangan
	Et	Ei	K	
18	5,45	2,89	2,56	Beban kerja ringan
19	5,03	2,47	2,56	Beban kerja ringan
20	3,72	2,79	0,93	Beban kerja ringan
21	3,63	2,20	1,43	Beban kerja ringan
22	2,67	2,27	0,40	Beban kerja ringan
23	4,30	3,10	1,21	Beban kerja ringan
24	8,29	5,41	2,88	Beban kerja ringan
25	4,20	3,10	1,10	Beban kerja ringan
26	4,52	3,21	1,32	Beban kerja ringan
27	6,85	3,95	2,90	Beban kerja ringan
28	5,54	3,10	2,44	Beban kerja ringan
Rata-rata			1,51	Beban kerja ringan

Berdasarkan hasil dari perhitungan konsumsi energi pada karyawan pemadam kebakaran, didapatkan nilai rata-rata konsumsi energi yaitu 1,51, maka bisa disimpulkan bahwasanya konsumsi energinya tergolong masih ringan, temuan ini dapat dikatakan bahwasanya pekerjaannya tergolong rendah dan tidak membutuhkan banyak energi.

4. Kesimpulan

Dari temuan studi yang dijalankan terhadap karyawan pemadam kebakaran PT. X, ditemukan bahwa rata-rata prosentase *cardiovascular load* yang dialami oleh para karyawan tersebut adalah sebesar 22,3%. Angka ini menunjukkan tingkat beban jantung yang terlibat dalam aktivitas kerja yang dilakukan. Selain itu, rata-rata konsumsi energi yang tercatat adalah sebesar 1,51, yang mengindikasikan tingkat pengeluaran energi yang digunakan oleh tubuh selama pelaksanaan tugas mereka. Dari kedua variabel ini, dapat disimpulkan bahwa beban kerja yang dihadapi oleh para karyawan pemadam kebakaran PT. X berada dalam kategori ringan. Sebagai tambahan, hasil ini juga mengindikasikan bahwa meskipun pekerjaan mereka bersifat menuntut, secara fisiologis mereka tidak mengalami tingkat stres atau kelelahan yang berlebihan, sistem tubuh mereka masih dalam kondisi yang cukup baik untuk menjalankan kewajiban yang diberi. Karenanya, bisa disimpulkan bahwasanya meskipun pekerjaan pemadam kebakaran memerlukan ketahanan fisik, beban kerja yang dihadapi oleh karyawan PT. X cenderung berada pada tingkat yang dapat ditoleransi, tanpa menyebabkan kelelahan yang berdampak buruk pada kesehatan mereka.

5. Ucapan Terimakasih

Pengkaji mengucapkan terima kasih pada setiap pihak yang sudah memberi dukungan serta berkontribusi selama proses studi ini. Terima kasih pada PT. X dikarenakan telah mengizinkan serta memberi peluang dalam menjalankan studi ini serta kepada seluruh karyawan pemadam kebakaran PT. X yang sudah ikut serta pada studi ini dengan antusiasme serta kerjasama yang luar biasa. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih pada seluruh pihak yang sudah mengarahkan, membimbing, serta memberi dukungan ilmiah, baik dalam bentuk saran maupun kritik konstruktif, yang sangat berharga untuk penyelesaian studi ini.

6. Singkatan

<i>CVL</i>	Cardiovascular Load
%	Percentage
<i>DNK</i>	Denyut Nadi Kerja
<i>DNI</i>	Denyut Nadi Istirahat
<i>DNMaks</i>	Denyut Nadi Maksimal

7. Referensi

- [1] M. Abi Nadhim and A. Eka Apsari, "Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental dengan Menggunakan Metode Work Sampling dan NASA-TLX sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Kerja di PT. Putra Sulung Makmur Metal Castindo," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 2, no. 9, 2023.

- [2] M. G. Gaos Sungkawa, M. S. Taufik, and A. K. Pratama, "Pengaruh Latihan Lari Interval Dan Latihan Fartlex Terhadap Peningkatan Vo2 Max," *Jendela Olahraga*, vol. 5, no. 2, pp. 43–51, Jul. 2020, doi: 10.26877/jo.v5i2.6028.
- [3] A. Yasmin, S. R. Rizalmi, and Muqimuddin, "Analisis Beban Kerja Menggunakan Cardiovascular Load, Konsumsi Oksigen dan Heart Rate Variability Pada Karyawan Bongkar Muat," *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2023, doi: 10.30651/mine-tech.v2i1.18536.
- [4] Mufida, Rina, and Zufra Inayah. "Hubungan Beban Kerja Fisik dan Beban Kerja Mental dengan Stres Kerja (Studi Kasus: pada Pekerja PT. Bumi Persada Karya)." *Jurnal Kesehatan Tambusai* 5.3 (2024): 9311-9323.
- [5] A. D. Thamrin and M. Paloboran, "Analisis Beban Kerja Fisik Terhadap Kelelahan Kerja Dengan Menggunakan Metode Cardiovascular Load Di PT. XYZ," *Jurnal Teknik AMATA*, vol. 03, no. 2, 2022.
- [6] C. R. Nugroho, E. Yuniarti, and A. Hartono, "Alat Pengukur Saturasi Oksigen Dalam Darah Menggunakan Metode Photoplethysmograph Reflectance," *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, vol. 3, no. 2, pp. 84–93, Dec. 2020, doi: 10.15408/fiziya.v3i2.17721.
- [7] R. Suhartina and T. Abuzairi, "Pulse Oximeter Monitoring Bracelet for COVID-19 Patient using Sceduino," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, vol. 7, no. 1, p. 81, Apr. 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i1.20529.
- [8] E. Krisnaningsih, S. Dwiyatno, T. Arlani, A. D. Jubaedi, and D. Cahyadi, "Beban Kerja Psikologis dan Fisik dengan NASA-TLX dan Cardiovascular Load (CVL)."
- [9] Diniaty, Dewi Diniaty. "Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental Karyawan di Lantai Produksi pada PT Pesona Laut Kuning." *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* 13.2 (2016): 203-210.
- [10] L. D. Fathimahhayati, T. A. Pawitra, and T. B. Purnomo, "Optimalisasi Waktu Istirahat Berdasarkan Tingkat Beban Kerja Fisiologis (Studi Kasus: CV Eja Nursery, Kutai Kartanegara)," *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, vol. 7, no. 2, p. 112, Sep. 2023, doi: 10.35194/jmtsi.v7i2.3245.
- [11] Muharmi, Ike, and Herto Dwi Ariesyady. "Penilaian Ergonomi terhadap Beban dan Posisi Kerja Manual Material Handling di Departemen Maintenance Support Service (Studi Kasus: PT. Chevron Pacific Indonesia)." *Institut Teknologi Bandung* (2012).
- [12] C. J. Pujatari, D. Gustopo, and E. Adriantantri, "Penilaian Beban Fisik Pada Proses Produksi Menggunakan Metode Fisiologis (Studi Kasus Pada Pekerja Packaging Home Industry Ganesa)," *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, vol. 4, no. 2, 2021.
- [13] Y. Hidjrawan, I. Irwanda, and M. Marlinda, "Pengukuran Beban Kerja Operator Boiler Berdasarkan Denyut Nadi Melalui Pendekatan Fisiologis di PT. Beurata Subur Persada," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 8, no. 1, p. 106, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.35308/jopt.v8i1.5346>
- [14] Cut Ita Erliana, Syarifuddin Syarifuddin, and Yoga Trisyiam, "Analisis Pengukuran Beban Kerja Fisik Dan Mental Karyawan Menggunakan Metode Cardiovascular Load dan NASA Task Load Index di PT. Charoen Pokphan Cabang Gebang," *Industrial Engineering Journal /Industrial Engineering Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 39–48, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.53912/iej.v12i1.1099..>
- [15] Safirin, Mochammad Tutuk, et al. "Analisis Shift Kerja Terhadap Kelelahan Pegawai Produksi Melalui Pengukuran Beban Kerja Fisik Menggunakan Metode Cardiovascular Load (CVL) dan Perhitungan Konsumsi Energi Pada Perusahaan Pabrikasi di Surabaya." *Prosiding Seminar Nasional Waluyo Jatmiko*. 2023.