

ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN MENTAL MENGGUNAKAN METODE *CARDIOVASCULAR LOAD (%CVL)* DAN KONSUMSI ENERGI, SERTA *NASA-TASK LOAD INDEX (TLX)* (STUDI KASUS: PT BIMUDA KARYA TEKNIK)

Hari Sakti Fiagi¹, Denny Nurkertamanda²

^{1,2}*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di PT Bimuda Karya Teknik (BKT), sebuah perusahaan manufaktur di bidang otomotif dan alat-alat berat. Studi ini menggunakan pendekatan multi-metode, yaitu pengukuran lingkungan fisik dengan *4 in 1 environment meter* dan evaluasi beban kerja fisik dan mental melalui metode *Cardiovascular Load (%CVL)*, analisis konsumsi energi, serta *NASA-Task Load Index (NASA-TLX)*. Pengukuran lingkungan fisik dilakukan pada tanggal 15 dan 16 Januari 2024 di lima mesin. (A3, A5, B1, B2, B4), dengan indikator kebisingan, pencahayaan, suhu, dan kelembapan. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata kebisingan mencapai 91,243 dB, pencahayaan umum 130,284 lux, suhu lingkungan 33,849°C, dan kelembapan 63,091%, yang semuanya berada di luar nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 5 Tahun 2018. Beban kerja fisik dianalisis dengan %CVL, menunjukkan bahwa beberapa operator mengalami beban kerja fisik tinggi dengan CVL >30%. Konsumsi energi rata-rata operator melebihi 2,5 Kkal/menit, kecuali dua operator yang berada di antara 2 dan 2,5 Kkal/menit. Evaluasi beban kerja mental menggunakan NASA-TLX menunjukkan skor rata-rata 82,630, mengindikasikan beban kerja mental yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil ini, direkomendasikan perbaikan kondisi kerja, termasuk peningkatan penerangan, pengaturan suhu dan ventilasi, serta pelatihan intensif bagi operator. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi perbaikan yang diharapkan dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam upaya meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan karyawan.

Kata Kunci: beban kerja fisik, beban kerja mental, %CVL, lingkungan kerja, NASA-TLX.

Abstract

[Title: Analysis of Physical and Mental Workload Using Cardiovascular Load (%CVL) and Energy Consumption, as well as the NASA Task Load Index (TLX) (Case Study: PT Bimuda Karya Teknik)]
This research was conducted at PT Bimuda Karya Teknik (BKT), a manufacturing company in the automotive and heavy equipment sectors. The study employs a multi-method approach, including the measurement of the physical environment using a 4 in 1 environment meter and the evaluation of physical and mental workloads through the Cardiovascular Load (%CVL) method, energy consumption analysis, and NASA-Task Load Index (NASA-TLX). The measurement of the physical environment was carried out on January 15 and 16, 2024, at five machines (A3, A5, B1, B2, B4), focusing on indicators such as noise, lighting, temperature, and humidity. Results show that the average noise level reached 91.243 dB, general lighting 130.284 lux, environmental temperature 33.849°C, and humidity 63.091%, all of which exceed the threshold values (NAB) set by the Minister of Manpower Regulation Number 5 of 2018. The physical workload was analyzed through %CVL, indicating that several operators experienced high physical workload with CVL >30%. The average energy consumption of operators exceeded 2.5 Kcal/min, except for two operators whose consumption ranged between 2 and 2.5 Kcal/min. The evaluation of mental workload using NASA-TLX showed an average score of 82.630, indicating a very high mental workload. Based on these results, recommendations for improving working conditions include enhancing lighting, regulating temperature and ventilation, and providing intensive training for operators. By implementing effective workload management strategies and improving the working environment, the company can enhance employee well-being and overall performance. The results of this study are expected to serve as a reference for other companies in efforts to improve productivity and employee well-being.

Keywords: %CVL, mental workload, NASA-TLX, physical workload, working environment.

1. Pendahuluan

Dalam era industri modern, peningkatan produktivitas dan kesejahteraan karyawan menjadi

fokus utama bagi perusahaan. Salah satu aspek yang krusial dalam mencapai tujuan ini adalah memahami

dan mengelola beban kerja fisik dan mental karyawan. Selama proses kerja, fisik karyawan akan mengeluarkan energi yang digunakan untuk menunjang proses produksi agar tetap optimal. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara pengeluaran dan pemulihan energi. Beberapa faktor yang mempengaruhi pemulihan energi antara lain adalah waktu istirahat, periode istirahat, dan frekuensi istirahat. Kelelahan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu kelelahan fisiologis dan kelelahan psikologis. Kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena adanya perubahan faal tubuh, sedangkan kelelahan psikologis adalah kelelahan yang timbul akibat beban kerja mental seperti stres, gangguan psikis, atau adanya tekanan yang mengakibatkan psikologis terganggu.

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu “*ergos*” berarti kerja dan “*nomos*” berarti aturan atau hukum. Jadi secara ringkas ergonomi adalah suatu aturan atau norma dalam sistem kerja (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004). Beban kerja fisik dan mental memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan, kinerja, dan kepuasan kerja karyawan, sehingga penting untuk melakukan analisis menyeluruh guna meningkatkan kondisi kerja dan produktivitas. Salah satu dampak dari beban kerja yang tidak dikelola dengan baik adalah tidak tercapainya target produksi. Berdasarkan hasil penelitian (Diniaty & Muliyadi, 2016), terdapat hubungan antara beban kerja fisik dan mental dengan target produksi yang tidak tercapai. Sebagai contoh, dalam penelitian di PT Pesona Laut Kuning, terungkap bahwa terjadinya lembur (*overtime*) dan tidak tercapainya target produksi merupakan salah satu dampak dari beban kerja fisik dan mental yang tinggi di lantai produksi. Hal serupa juga terlihat dalam penelitian lain (Syahrial, 2021) di PT Ghimli Indonesia, di mana beban kerja mental operator material handling diketahui tinggi, yang dapat berdampak pada kinerja dan produksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beban kerja fisik dan mental dapat memengaruhi tercapainya target produksi, terutama ketika beban kerja tersebut tinggi.

Root Cause Analysis (RCA) yang dilakukan oleh peneliti ditunjukkan bahwa terdapat berbagai penyebab tidak tercapainya target produksi harian dari faktor manusia (*man*), metode (*method*), lingkungan (*environment*), dan material. Namun yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah salah satu akar penyebab tidak tercapainya target produksi yaitu dari faktor manusia berupa terjadinya produktivitas yang menurun. Produktivitas dipengaruhi oleh tingkat kelelahan yang dialami operator, baik secara fisiologis maupun psikologis, yang mana keduanya merupakan dampak dari beban kerja fisik dan mental. Lingkungan fisik di sekitar operator pun juga berpengaruh terhadap beban kerja yang akhirnya akan berpengaruh terhadap produktivitas. Oleh karena itu, penting untuk

mengulik lebih dalam dengan menganalisis dan melakukan perbaikan guna mengatasi permasalahan target produksi harian yang tidak tercapai dari segi beban kerja. Gambar 1.1 menunjukkan diagram sebab-akibat dari tidak tercapainya target produksi harian.

PT Bimuda Karya Teknik merupakan perusahaan manufaktur otomotif dan alat berat *tier* II yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini. Untuk meningkatkan kondisi kerja dan produktivitas, dilakukan analisis beban kerja fisik dan mental pada operator. Beban kerja fisik diukur dengan pengambilan data 10 denyut untuk mengukur %CVL dan konsumsi energi, yang akan menggambarkan dan mengklasifikasikan beban fisik kardiovaskular dan metabolik dari operator. Sementara itu, beban kerja mental dievaluasi dengan kuisioner NASA-TLX yang diisi berdasarkan persepsi subjektif operator. Kombinasi metode objektif dan subjektif ini diharapkan memberikan gambaran menyeluruh untuk perbaikan kondisi kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi lingkungan fisik kerja operator dan mengusulkan perbaikannya, mengukur beban kerja fisik dan mental operator menggunakan metode %CVL, konsumsi energi, NASA-TLX, dan RSME, serta mengevaluasi kecukupan waktu istirahat berdasarkan beban kerja fisik. Hasil analisis digunakan untuk merumuskan rekomendasi perbaikan guna menurunkan beban kerja fisik dan mental operator untuk meningkatkan kesejahteraan dan meningkatkan produktivitas operator.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun dengan langkah-langkah yang terinci untuk memastikan keakuratan dan keberhasilan dalam mengevaluasi beban kerja fisik dan mental operator mesin di PT Bimuda Karya Teknik. Pertama, identifikasi masalah dilakukan melalui survei, observasi, dan wawancara di perusahaan untuk menentukan area-area yang perlu diperbaiki, dengan fokus pada lantai produksi dan analisis beban kerja fisik dan mental. Studi pendahuluan dilaksanakan untuk memperdalam pemahaman tentang topik penelitian, melalui studi literatur dan lapangan. Rumusan masalah dan tujuan penelitian kemudian ditetapkan berdasarkan hasil studi pendahuluan.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode. Pertama, pengukuran lingkungan kerja fisik dilakukan, termasuk kebisingan, pencahayaan, suhu, dan kelembapan, pada mesin-mesin yang ditentukan. Selanjutnya, denyut nadi operator mesin diukur pada berbagai waktu selama shift kerja untuk mengevaluasi beban kerja fisik. Data juga diambil dari laporan produksi harian untuk menghitung jumlah cacat yang dihasilkan oleh operator. Selain itu, kuesioner beban kerja mental

disebarkan kepada operator untuk mendapatkan data subjektif tentang beban kerja mereka.

Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis secara terpisah untuk mengevaluasi beban kerja fisik dan mental operator serta lingkungan kerja. Hasil analisis digunakan untuk menyimpulkan temuan dan memberikan rekomendasi perbaikan yang sesuai. Metodologi ini memastikan penelitian dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas dan kesejahteraan karyawan di industri manufaktur, khususnya di PT Bimuda Karya Teknik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Lingkungan Fisik Kerja

Gambar 1. menunjukkan kondisi lingkungan fisik operator *shift* pagi di PT Bimuda Karya Teknik.



Gambar 1. Kondisi Lingkungan

Pada kedua ujung dinding ditempatkan masing-masing kipas angin berukuran besar yang hidup selama bekerja. Jarak antara operator dan langit-langit pabrik juga terbilang cukup jauh, dan pencahayaan yang masuk ke dalam pabrik masih dikatakan minim. Selama proses produksi, setiap mesin kadang memiliki perencanaan produksi yang berbeda sehingga berbeda-beda proses disetiap mesinnya, dan tiap proses ini juga menghasilkan tingkat kebisingan yang berbeda. Namun, dapat dikatakan bahwa selama bekerja terlalu banyak sumber bising dan tingkat kebisingannya pun tinggi. Lokasi pabrik yang tidak jauh dari pantai serta titik geografis kota tegal membuat suhu yang dirasakan sehari-hari di pabrik cukup panas.

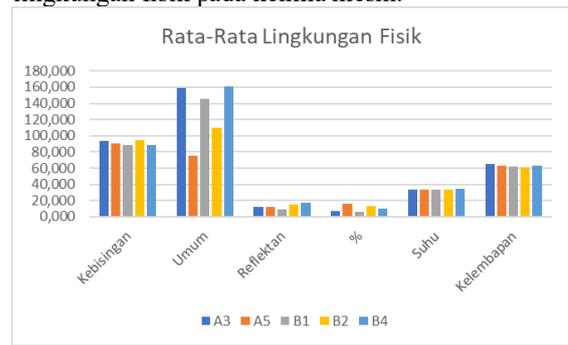
Berdasarkan pengambilan data sebelumnya, pada masing-masing indikator didapatkan rata-rata pada kelima mesin.

Tabel 1. merupakan rekapitulasi lingkungan fisik kerja.

Tabel 1. Rekap Pengukuran

Rekap	Rata-rata					
	Kebisingan	Umum	Reflektan	%	Suhu	Kelembapan
A3	93,786	158,900	11,650	7,137	33,914	65,286
A5	90,214	75,350	12,375	16,532	33,786	62,871
B1	88,860	145,743	9,157	5,884	33,629	62,414
B2	94,386	110,340	14,767	12,778	33,871	61,443
B4	88,971	161,089	17,257	10,477	34,043	63,443

Gambar 2. merupakan perbandingan rata-rata lingkungan fisik pada kelima mesin.



Gambar 2. Perbandingan Lingkungan Fisik

Batas maksimal yang diperbolehkan atau Nilai Ambang Batas (NAB) diatur dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 05 Tahun 2018. Pada indikator kebisingan di selama 8 jam bekerja tempat kerja di Indonesia adalah 85 dBA. Pada indikator pencahayaan yang termasuk kedalam pekerjaan yang hanya membedakan barang kecil yang dilakukan dengan agak teliti memerlukan pencahayaan minimum sebesar 200 lux. Sedangkan pada indikator suhu dengan menimbang beban kerja dengan pengaturan waktu setiap jam sebesar 75%-100% memiliki NAB maksimum sebesar 31° dengan beban kerja ringan serta NAB untuk kelembapan ialah 60%.

Tabel 2. merupakan NAB berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 05 Tahun 2018.

Tabel 2. NAB Kebisingan

Waktu Pemajanan Per hari	Intensitas kebisingan dari dB A
8	85
4	88
2	91
1	94
30	97
15	100
7,5	103
3,75	106
1,88	109
0,94	112

Tabel 3. merupakan nilai tingkat pencahayaan yang diizinkan di tempat kerja berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 05 Tahun 2018.

Tabel 3. NAB Pencahayaan

No	Kegiatan	Penerangan Minimum
1	Penerangan darurat	5 Lux
2	Halaman dan jalan	20 Lux
3	Pekerjaan yang hanya membedakan barang kasar	50 Lux
4	Pekerjaan yang hanya membedakan barang kecil yang dilakukan secara sepiantas	100 Lux
5	Pekerjaan yang hanya membedakan barang kecil yang dilakukan dengan agak teliti	200 Lux
6	Pekerjaan yang hanya membedakan barang kecil dan halus	300 Lux
7	Pekerjaan yang hanya membedakan barang halus dan dengan kontras yang sedang dan dalam waktu yang lama	500-1000 Lux
8	Pekerjaan membedakan barang sangat halus dengan kontras yang sangat kurang dalam waktu lama	1000 Lux

Selain itu terdapat rekomendasi nilai reflektan berdasarkan (Grandjean, 1993) ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. NAB Reflektan

Jenis Object	Gradjean	CCOHS
Langit-langit	80 – 90 %	70 – 80 %
Dinding	40 – 60 %	Max 50 %
Furniture	25 – 45 %	25 – 45 %
Peralatan dan Mesin	30 – 50 %	Max 50 %
Lantai	20 – 40%	20 – 40 %

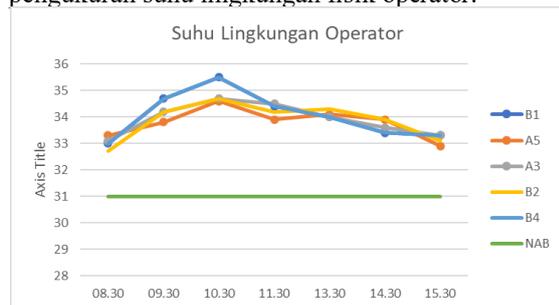
Tabel 5. menunjukkan NAB iklim kerja suhu bola basah (ISBB) yang diperkenankan berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.

Tabel 5. NAB Suhu

Pengaturan Waktu Kerja Setiap Jam	ISBB (°C)			
	Beban Kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75% - 100%	31	28	-	-
50% - 75%	31	29	27,5	-
25% - 50%	32	30	29	28
0% - 25%	32,5	31,5	30,5	30

3.2. Suhu

Gambar 3. menunjukkan pergerakan hasil pengukuran suhu lingkungan fisik operator.



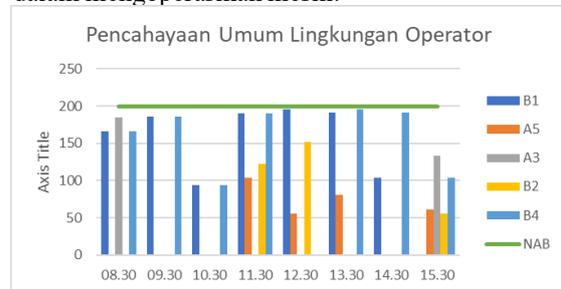
Gambar 3. Hasil Pengukuran Suhu

Iklim kerja yang baik juga didukung dengan temperatur ruangan yang mendukung produktivitas manusia agar mencapai titik optimal yaitu pada suhu 24°C - 27°C (Wignjosoebroto, 2006). Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertahankan tingkat kenyamanan suhu dan kelembaban ditempat kerja (*International Labour Organization*, 2013). Pengendalian Iklim Kerja Panas dapat dilakukan dengan pengendalian secara umum dan khusus. Pengendalian secara umum dapat dilakukan dengan pelatihan bagi calon pekerja yang baru menempati tempat kerja. Pengendalian dilakukan dengan penerapan *hygiene*, penerapan ini dilakukan oleh pekerja tersebut dengan cara melakukan gaya hidup sehat, perilaku hidup sehat, aklimatisasi, dan penggunaan pakaian kerja. Sedangkan untuk pengendalian khusus dapat dilakukan dengan mengurangi beban kerja, menurunkan suhu udara di lingkungan kerja, dan menurunkan panas di tempat kerja. Untuk mengurangi suhu panas di PT Bimuda Karya Teknik perlu adanya pertimbangan relokasi kipas angin, sehingga seluruh operator di setiap mesin dapat merasakan kipasan yang dapat

mengurangi keluarnya keringat berlebih, dan membantu menurunkan suhu lingkungan di sekitar operator.

3.3. Pencehayaan

Gambar 4. menunjukkan hasil pengukuran pencahayaan umum pada lingkungan fisik operator dalam mengoperasikan mesin.



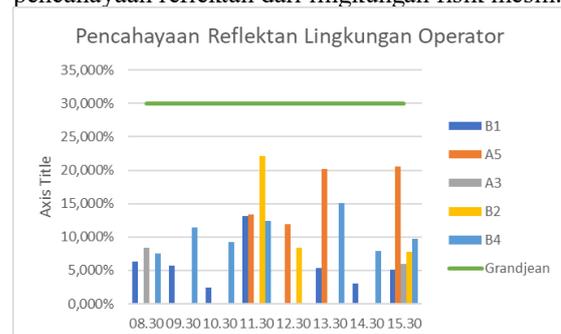
Gambar 4. Hasil Pengukuran Pencahayaan

Gambar 5. menunjukkan kondisi penerangan proses produksi mesin saat ini.



Gambar 5. Kondisi Pencahayaan

Gambar 6. menunjukkan hasil pengukuran pencahayaan reflektan dari lingkungan fisik mesin.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Reflektan

Adapun Tindakan yang dilakukan untuk menghindari terjadinya dampak negatif pada mental akibat usaha mata yang bekerja berlebihan dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Perbaiki Kontras

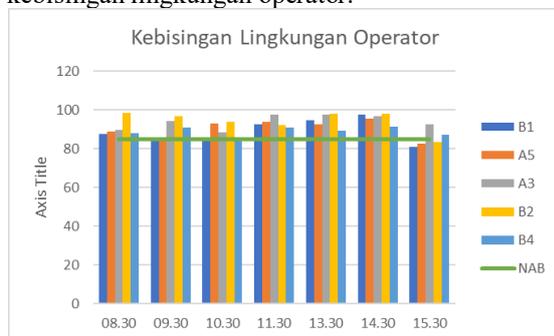
Memilih latar penglihatan yang terbaik, seperti memilih warna baik ruangan interior maupun *visual control* pada mesin yaitu kuning yang memberikan kesan luas, terang, dan leluasa, atau hijau atau biru yang memberikan kesan

sejuk, aman, dan menyegarkan. Hindari warna gelap karena memberikan kesan sempit.

2. Meningkatkan penerangan
Mesin-mesin dapat menggunakan lampu yang sudah tersedia dengan melakukan maintenance mesin secara berkala maupun menambahkan pencahayaan manual diluar mesin. Langit-langit dan ventilasi pabrik juga berpengaruh terhadap jumlah masuknya cahaya.
3. Pemindahan tenaga kerja dengan visual yang paling tinggi
Waktu pekerjaan pada malam hari dilakukan oleh tenaga kerja yang lebih muda, kemudian jika usia pekerja bertambah maka dapat dipindahkan dengan pekerjaan yang ringan.

3.4. Kebisingan

Gambar 7. menunjukkan hasil pengukuran kebisingan lingkungan operator.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Kebisingan

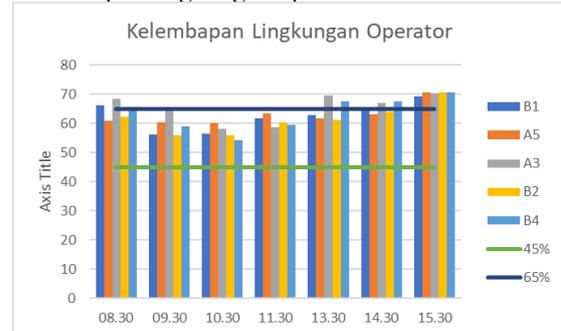
Dalam pengendalian kebisingan dengan cara pengurangan dan pengendalian tingkat bising dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti:

- *Engineering Controls*
Pengendalian kebisingan secara rekayasa teknik dapat dilakukan dengan pemasangan peredam suara di langit-langit ruangan dan dapat dilakukan dengan merubah struktur objek kerja serta merubah peralatan kerja yang digunakan untuk mencegah pekerja terpapar kebisingan yang tinggi. Selain itu perawatan mesin secara berkala dapat dilakukan dalam pengendalian kebisingan secara rekayasa teknik.
- Pengendalian Administratif (*Administrative Control*)
Pengendalian secara administratif dapat dilakukan dengan menyelenggarakan pelatihan secara rutin kepada pekerja, selain itu dapat dilakukan juga dengan pemeriksaan kesehatan pekerja minimal 6 bulan sekali.
- Alat Pelindung Diri (APD)
Pengendalian kebisingan secara teknis pada sumber suara merupakan cara terbaik untuk pengendalian tetapi pengendalian secara teknik jarang untuk dapat dilakukan di lingkungan kerja, sedangkan secara administratif lebih mengalami kesulitan untuk diterapkan. Sehingga

dengan pemakaian APD merupakan cara terakhir yang dapat dilakukan. Pemakaian APD merupakan cara yang mudah untuk diterapkan. APD yang digunakan di lingkungan kerja untuk menghindarkan kebisingan dengan alat pelindung telinga (APD) yaitu penggunaan *ear plug* dan *ear muff*.

3.5. Kelembapan

Gambar 8. menunjukkan hasil pengukuran kelembapan lingkungan operator dan mesin.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Kelembapan

Dalam pengendalian kelembapan dengan cara pengurangan dan pengendalian tingkat kelembapan yang tinggi dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti:

- Perbaiki ventilasi udara untuk memastikan sirkulasi udara yang baik, atau penggunaan *demumidifier* di area yang memiliki kelembapan tinggi.
- Pembatasan aktivitas produksi yang menghasilkan panas atau uap air, dan pemantauan serta pengukuran secara rutin.
- *Maintenance* mesin untuk menghindari tingginya kelembapan yang diakibatkan kerusakan komponen mesin.

3.6. Pengukuran Beban Kerja Fisik

Beban kerja fisik merupakan perbedaan antara tuntutan pekerjaan dengan kemampuan pekerja untuk memenuhi tuntutan pekerjaan itu secara fisik (Hancock & Meshkati, 1998). Konsep beban kerja fisik pertama kali dikemukakan oleh Frederick W. Taylor.

3.6.1. Hasil Pengukuran 10 Denyut

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* dengan metode 10 denyut pada operator sebelum dan setelah bekerja. Metode 10 Denyut dapat dihitung dengan rumus (Kilbon, 1992):

$$\text{Denyut Nadi} = \frac{10 \text{ Denyut}}{(\text{Waktu Perhitungan}) \times 60}$$

Pada pengukuran 10 denyut, terdapat klasifikasi pekerjaan dengan kategori ringan, sedang, berat, sangat berat, dan sangat berat sekali berturut-turut menunjukkan nilai denyut jantung sebesar 75-100; 100-125; 125-150; 150-175; >175. Tabel 6. merupakan rekapitulasi perhitungan denyut nadi pada seluruh operator.

Tabel 6. Rekap Denyut Nadi

No.	Operator	Umur	Waktu 10 Denyut				Denyut Nadi			
			08.00	10.00	12.00	16.00	07.00	10.00	12.00	16.00
1	Syarif	22	7,23	6,84	6,96	6,44	82,988	87,719	86,207	93,168
2	Rafik	23	9,82	7,95	5,4	6,09	61,100	75,472	111,111	98,522
3	Syukron	23	10,8	8,2	10,3	5,9	55,556	73,171	58,083	101,695
4	Iksan	18	7,38	6,43	6,42	6,4	81,301	93,313	93,458	93,750
5	Yudhisto	19	10,4	8,71	9,88	5,86	57,692	68,886	60,729	102,389
6	Tyo	23	8,53	5,3	6,2	5,1	70,340	113,208	96,774	117,647
7	Andrea	18	7,06	6,13	6,22	5,34	84,986	97,879	96,463	112,360
8	Riyan	25	7,18	6,47	6,82	6,12	83,565	92,736	87,977	98,039
9	Aldimas	23	10,67	9,86	10,5	9,32	56,232	60,852	57,252	64,378

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengukuran denyut jantung saat bekerja paling tinggi didapatkan oleh operator Tyo sebesar 117,647 denyut/menit, dan denyut jantung paling rendah saat bekerja yaitu pada operator Aldimas sebesar 64,378 denyut/menit.

3.6.2. Hasil Pengukuran Beban Kerja Fisik dengan Metode %CVL

Selanjutnya denyut jantung tersebut dapat diolah untuk menentukan klasifikasi beban kerja fisik suatu operator dengan menggunakan metode %CVL. Klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (cardiovasculair = %CVL) yang dihitung berdasarkan rumus (Tarwaka, 2015).

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

Denyut nadi maksimum dapat dihitung dengan nilai (220 – umur) untuk laki-laki dan (200 – umur) untuk perempuan. Selanjutnya hasil %CVL tersebut dapat diklasifikasi menjadi beberapa jenis untuk menentukan tingkat beban kerja fisik (Tarwaka, 2015). Pada pengukuran %CVL, dapat diklasifikasi menjadi beberapa jenis untuk menentukan tingkat beban kerja fisik, ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi %CVL

%CVL	Klasifikasi
<30%	Tidak terjadi kelelahan
30%-60%	Diperlukan perbaikan
60%-80%	Kerja dalam waktu singkat
80%-100%	Diperlukan tindakan segera
>100%	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Tabel 8. merupakan rekapitulasi perhitungan %CVL pada setiap operator.

Tabel 8. Rekap Perhitungan %CVL

Operator	Umur	%CVL		
		10.00	12.00	16.00
Syarif	22	4,114%	2,799%	8,851%
Rafik	23	10,575%	36,800%	27,537%
Syukron	23	12,454%	1,787%	32,620%
Iksan	18	9,952%	10,072%	10,314%
Yudhisto	19	7,811%	2,119%	31,189%
Tyo	23	33,845%	20,870%	37,350%
Andrea	18	11,019%	9,808%	23,394%
Riyan	25	8,229%	3,958%	12,989%
Aldimas	23	3,282%	0,724%	5,786%

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa beban atau

persentase %CVI paling tinggi didapatkan oleh operator Tyo pada %CVL selama waktu bekerja yaitu 08.00-16.00 WIB dimana termasuk dalam klasifikasi diperlukan perbaikan, sedangkan %CVL terendah pada operator Aldimas sebesar 0,724% dengan klasifikasi tidak terjadi kelelahan.

3.6.3. Hasil Pengukuran Energi Menggunakan Persamaan Energi

Hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung dapat diketahui melalui sebuah persamaan regresi kuadratis sebagai berikut (Astuti, 1985):

$$E = 1,80411 - 0,0229038X + (4,71733x10^{-4}X^2)$$

Ket:

E = Energi (Kkal/menit)

X= Kecepatan Denyut Jantung/Nadi (Denyut/menit)

Pada batas tertentu ventilasi paru, denyut jantung, dan suhu tubuh mempunyai hubungan yang linier dengan konsumsi oksigen atau pekerjaan yang dilakukan (Grandjean, 2003). Penelitian mengukur konsumsi energi menggunakan persamaan energi, dengan klasifikasi tingkat pekerjaan dengan kategori ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kategori Energi

Klasifikasi	Keterangan
>2,5	Terlalu Berat
2-2,5	Sangat Berat
1,5-2	Berat
1-1,5	Sedang
0,5-1	Ringan
<0,5	Sangat Ringan

Tabel 10. merupakan rekapitulasi perhitungan konsumsi energi pada setiap operator.

Tabel 10. Rekap Perhitungan Konsumsi Energi

Operator	Energi			Konsumsi Energi			
	07.00	10.00	12.00	16.00	10.00	12.00	16.00
Syarif	3,152	3,425	3,335	3,765	0,273	0,183	0,613
Rafik	2,166	2,763	5,083	4,127	0,597	2,917	1,961
Syukron	1,988	2,654	2,065	4,354	0,666	0,078	2,366
Iksan	3,060	3,774	3,784	3,803	0,714	0,724	0,743
Yudhisto	2,053	2,465	2,153	4,404	0,412	0,100	2,352
Tyo	2,527	5,257	4,006	5,639	2,730	1,478	3,112
Andrea	3,265	4,082	3,984	5,186	0,817	0,720	1,921
Riyan	3,184	3,737	3,440	4,093	0,553	0,256	0,908
Aldimas	2,008	2,157	2,039	2,285	0,149	0,031	0,277

Berdasarkan perhitungan pengukuran konsumsi energi yang telah dilakukan, operator Tyo memiliki konsumsi energi terbesar yaitu 3,112 Kkal/menit yang termasuk dalam klasifikasi terlalu berat sehingga butuh perbaikan. Sedangkan konsumsi energi terendah terletak pada operator Aldimas sebesar 0,277 Kkal/menit yang termasuk dalam klasifikasi sangat ringan.

3.7. Hasil Pengukuran Waktu Istirahat Sesaat

Waktu istirahat sesaat merupakan waktu yang digunakan untuk pemulihan setelah melakukan pekerjaan. Untuk mengukur lamanya waktu istirahat dapat dilakukan dengan melakukan pendekatan berdasarkan konsumsi energi.

Dimana konsumsi energi dapat dihitung dengan rumus:

$$K = Et - Ei$$

Ket:

K = Konsumsi Energi

Et = Pengeluaran energi saat bekerja

Ei = Pengeluaran Energi saat sebelum bekerja

Setelah itu, maka dilakukan proses penentuan waktu istirahat (*Resting Time*) dengan persamaan (Pulat, 1992):

$$Rt = 0 \text{ untuk } K < S$$

$$Rt = \frac{\left(\frac{k}{s} - 1\right) \times 100 + \frac{T(K - s)}{K - BM}}{2} \text{ untuk } S < K < 2S$$

$$Rt = \frac{T(K - s)}{(K - BM)} \text{ untuk } K > 2S$$

Keterangan:

Rt = Waktu Istirahat (Menit)

K = Energi yang dikeluarkan selama bekerja

S = Standar energi yang dikeluarkan (5 Kkal/menit)

BM = Metabolisme basal (1,7 kkal/menit)

T = Lamanya Bekerja (Menit)

Berdasarkan perhitungan konsumsi energi yang telah dilakukan sebelumnya, tidak terdapat konsumsi energi (K) yang melebihi standar energi yang dikeluarkan yaitu 5 Kkal/menit, sehingga mengikuti ketentuan dan persamaan bahwa $Rt=0$ untuk $K < S$, maka tidak terdapat penambahan waktu istirahat sesaat bagi seluruh operator selama shift pagi. Tabel 11. menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan waktu sesaat setiap operator.

Tabel 11. Rekap Perhitungan Waktu Istirahat

Operator	Konsumsi Energi			Waktu Istirahat		
	10.00	12.00	16.00	08.00-10.00	08.00-12.00	08.00-16.00
Syarif	0,273	0,183	0,613	0	0	0
Rafik	0,597	2,917	1,961	0	0	0
Syukron	0,666	0,078	2,366	0	0	0
Iksan	0,714	0,724	0,743	0	0	0
Yudhisto	0,412	0,100	2,352	0	0	0
Tyo	2,730	1,478	3,112	0	0	0
Andrea	0,817	0,720	1,921	0	0	0
Riyan	0,553	0,256	0,908	0	0	0
Aldimas	0,149	0,031	0,277	0	0	0

Berdasarkan standar energi yang dikeluarkan yaitu sebesar 5 Kkal/menit, tidak ada konsumsi energi operator yang melewati standar tersebut sehingga mengikuti ketentuan bahwa $Rt=0$ untuk $K < S$, maka tidak diperlukan lagi adanya waktu istirahat sesaat. Namun dalam hal ini bukan berarti pekerja tersebut tidak perlu istirahat dan dapat bekerja secara terus menerus, namun waktu istirahat yang telah ditetapkan sekarang sudah dapat menekan dan mengurangi beban kerja fisik pada operator yaitu dengan total waktu istirahat sebesar 1 jam.

3.8. Pengukuran Beban Kerja Mental dengan Metode NASA-TLX

Beban kerja mental adalah selisih antara tuntutan beban kerja dari suatu tugas dengan kapasitas maksimum beban mental seseorang dalam kondisi terbaik dan termotivasi (Jex, 1998). Langkah-langkah perhitungan NASA-TLX ini berdasarkan penelitian oleh (Hancock & Meshkati, 1998). Berdasarkan kuisioner yang telah diisi oleh 9 orang responden yang merupakan seluruh operator

shift pagi, akan diolah menggunakan perhitungan dengan metode NASA-TLX. Tabel 12. merupakan rekapitulasi hasil kuisioner pembobotan NASA-TLX dari seluruh responden.

Tabel 12. Rekap Pembobotan NASA-TLX

No.	Operator	Indikator						Total
		MD	PD	TD	PO	EF	FL	
1	Syarif	0	5	2	3	4	1	15
2	Rafik	1	4	2	3	5	0	15
3	Syukron	1	3	5	2	4	0	15
4	Iksan	2	5	1	4	3	0	15
5	Yudhisto	1	5	3	4	2	0	15
6	Tyo	3	5	0	4	2	1	15
7	Andrea	2	0	5	1	3	4	15
8	Riyan	0	5	1	4	3	2	15
9	Aldimas	2	5	3	1	4	0	15

Tabel 13. merupakan rekapitulasi hasil kuisioner pemberian *Rating* NASA-TLX dari seluruh responden.

Tabel 13. Rekap *Rating* NASA-TLX

No.	Operator	Indikator					
		MD	PD	TD	PO	EF	FL
1	Syarif	85	85	80	85	85	60
2	Rafik	80	80	75	100	95	80
3	Syukron	60	85	80	100	90	40
4	Iksan	50	90	85	100	95	30
5	Yudhisto	60	90	70	90	65	55
6	Tyo	70	85	75	85	80	70
7	Andrea	75	70	70	75	70	75
8	Riyan	80	100	70	100	90	100
9	Aldimas	55	80	50	75	80	30

3.9. Perhitungan Skor NASA-TLX

Tabel 14. merupakan tabel rekapitulasi pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX.

Tabel 14. Rekap Hasil NASA-TLX

No.	Operator	WWL	Skor	Klasifikasi
1	Syarif	1240	82,667	Sangat Tinggi
2	Rafik	1325	88,333	Sangat Tinggi
3	Syukron	1275	85,000	Sangat Tinggi
4	Iksan	1320	88,000	Sangat Tinggi
5	Yudhisto	1210	80,667	Sangat Tinggi
6	Tyo	1205	80,333	Sangat Tinggi
7	Andrea	1085	72,333	Tinggi
8	Riyan	1440	96,000	Sangat Tinggi
9	Aldimas	1055	70,333	Tinggi

Berdasarkan penjelasan Hart dan Staveland (1981) dalam teori NASA-TLX, skor beban kerja yang diperoleh terbagi dalam tiga bagian ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Skor Beban Kerja Mental Nasa-TLX

Golongan Beban Kerja	Nilai
Rendah	0 – 9
Sedang	10 – 29
Agak Tinggi	30 – 49
Tinggi	50 – 79
Sangat Tinggi	80 – 100

Berdasarkan hasil perhitungan skor beban mental menggunakan NASA-TLX diatas,

didapatkan bahwa rata-rata operator mesin shift pagi memiliki beban kerja mental yang sangat tinggi, tertinggi pada operator Riyan dengan skor NASA-TLX sebesar 96 sedangkan terendah pada operator Aldimas dengan skor NASA-TLX sebesar 70,333.

3.10. Pengukuran beban Kerja Mental dengan Metode RSME

3.10.1. Hasil Pengukuran RSME

Berdasarkan kuisioner yang telah diisi oleh 9 orang responden yang merupakan seluruh operator shift pagi, rekapitulasi hasil kuisioner RSME ditunjukkan oleh Tabel 16.

Tabel 16. Rekap Hasil RSME

No.	Operator	Nilai RSME	Kategori
1	Syarif	90	Usaha yang dilakukan besar
2	Rafik	80	Usaha yang dilakukan cukup besar
3	Syukron	90	Usaha yang dilakukan besar
4	Iksan	70	Usaha yang dilakukan agak besar
5	Yudhisto	90	Usaha yang dilakukan besar
6	Tyo	80	Usaha yang dilakukan cukup besar
7	Andrea	70	Usaha yang dilakukan agak besar
8	Riyan	90	Usaha yang dilakukan besar
9	Aldimas	70	Usaha yang dilakukan agak besar

Berdasarkan rekapitulasi hasil kuisioner RSME diatas dapat dilihat bahwa rata-rata usaha yang dikeluarkan operator shift pagi cukup besar dengan nilai RSME terbesar pada operator Syarif, Syukron, Yudihsto, dan Riyan sebesar 90 yang termasuk dalam usaha yang lakukan besar, sedangkan nilai RSME terkecil sebesar 70 dengan klasifikasi usaha yang dilakukan agak besar pada operator Iksan, Andrea, dan Aldimas.

Ada beberapa rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi beban kerja mental tersebut:

- Mengurangi beban kerja yang terlalu banyak dengan memperpanjang tenggat waktu atau memperluas jumlah karyawan yang bekerja pada suatu waktu.
- Memperbaiki kondisi lingkungan fisik disekitar operator, dalam indikator suhu, kebisingan, kelembapan, dan pencahayaan.
- Memberikan pelatihan terhadap proses produksi yang memerlukan keahlian yang tinggi, sehingga operator menjadi terbiasa dan terlatih.
- Mengurangi waktu lembur dengan membuat perencanaan pada regular time yang optimal dan efisien.

3.11. Rekap Error dan Perhitungan HEP dan HR

Human Error Probability (HEP) merupakan tingkat kemungkinan kesalahan yang dilakukan oleh manusia saat melakukan pekerjaan. HEP dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HEP = \frac{\text{Jumlah Error yang terjadi}}{\text{Jumlah Kemungkinan Error}}$$

Human Reliability merupakan kemungkinan dari suatu performansi pada suatu kegiatan sistem dalam waktu yang dibutuhkan namun tidak menurunkan performansi sistem dalam hal lain (Swain & Guttman, 1983). *Human Reliability*

merupakan kebalikan dari HEP sehingga memiliki rumus (Bell & Holroryd, 2019):

$$HR = 1 - HEP$$

Tabel 17. menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan HEP dan HR dari seluruh operator.

Tabel 17. Rekap HEP dan HR

No.	Operator	Tanggal	Hari	Target Produksi	Aktual Produksi	NG	HEP	HR
1	Syarif	15	Senin	2160	2150	0	0	1
2	Rafik	15	Senin	6000	5510	0	0	1
3	Syukron	15	Senin	2260	2313	0	0	1
4	Iksan	15	Senin	3000	3010	0	0	1
5	Yudhisto	16	Selasa	710	731	0	0	1
6	Tyo	16	Selasa	2300	2100	0	0	1
7	Andrea	16	Selasa	3070	2426	0	0	1
8	Riyan	16	Selasa	-	-	-	-	-
9	Aldimas	16	Selasa	-	-	-	-	-

Berdasarkan tabel rekapitulasi HEP dan HR diatas, seluruh operator *shift* pagi pada tanggal 15 januari atau 16 januari 2024 menghasilkan 0 *defect* atau *not good product* sehingga *human error probability* (HEP) yang didapatkan seluruhnya sebesar 0. Oleh karena itu seluruh operator memiliki *human reliability* (HR) sebesar 1.

4. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian di PT Bimuda Karya Teknik ini, ditemukan bahwa bahwa lingkungan fisik kerja operator di PT Bimuda Karya Teknik masih belum memenuhi standar yang ditetapkan, terutama dalam aspek kebisingan, pencahayaan, suhu, dan kelembapan, sehingga diperlukan perbaikan kondisi kerja. Hasil pengukuran %CVL dan konsumsi energi menunjukkan bahwa beberapa operator mengalami beban kerja fisik yang tinggi, sedangkan evaluasi NASA-TLX dan RSME mengindikasikan beban kerja mental yang sangat tinggi pada mayoritas operator. Waktu istirahat yang diterapkan saat ini dinilai sudah optimal berdasarkan perhitungan beban kerja fisik. Berdasarkan temuan tersebut, direkomendasikan upaya perbaikan lingkungan kerja, pelatihan intensif, dan penataan ulang beban kerja untuk mengurangi beban kerja fisik dan mental serta meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas operator.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada pihak PT Bimuda Karya Teknik, Tegal yang memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian dan senantiasa membantu penulis selama penelitian. Kepada pihak universitas dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, peneliti mengucapkan terimakasih.

Daftar Pustaka

- Bell, J., & Holroryd, H. (2019). *Review of human reliability assessment methods*. Buxton: Health and Safety Laboratory, Harpur Hill.
- Diniaty, D., & Mulyadi, Z. (2016). Analisis beban kerja fisik dan mental karyawan pada lantai produksi Dipt Pesona Laut Kuning. *Jurnal*

- Sains, Teknologi dan Industri*, 13(2), 203-210.
- Grandjean, E. (1993). *Fitting the task to the man* (4th ed.). London: Taylor & Francis Inc.
- Hancock, P., & Meshkati, N. (1998). *Human mental workload*. Netherlands: Elsevier Science Publisher B.V.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1981). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 139–183). North-Holland.
- International Labour Organization. (2013).
- Jex, S. M. (1998). *Stress and job performance: Theory, research, and implications for managerial practice*. Sage Publications Ltd.
- Kilbon, A. (1992). Measurement and assessment of dynamic work. In *Evaluation of human work: A practical ergonomic methodology*, edited by Wilson, Jr & Corlett, E. N., Taylor and Francis. London.
- Swain, A. D., & Guttmann, H. E. (1983). *Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. Final Report. United States: N. P. Retrieved from Web. doi:10.2172/5752058.
- Syahrial. (2021). Analisis beban kerja mental dan fisik operator material handling di PT Ghimli Indonesia.
- Tarwaka, S. H., Bakri, A., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi untuk kesehatan dan keselamatan kerja dan produktivitas*. Surakarta: Unib Press.
- Wignjosoebroto, S. (2006). *Ergonomi studi gerak dan waktu*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.