

Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental dengan Menggunakan Metode CVL dan NASA-TLX pada Karyawan PT SPLN Pasuruan

Analysis of Physical and Mental Workload Using the CVL and NASA-TLX Methods among Employees of PT SPLN Pasuruan

Aldo Nur Devri¹⁾, Boy Isma Putra^{2*}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: boy@umsida.ac.id

Abstract. PT SPLN is a manufacturing company producing electrical panels, variable air volume (VAV) systems, fire dampers, and diffusers. Increasing product demand has led the company to implement overtime to meet production requirements. This policy has been followed by a decrease in employee attendance the next day of approximately 20%, equivalent to 3–5 employees out of 18 workers. This condition indicates potential increases in physical and psychological fatigue due to extended working hours. This study aims to assess the physical and mental workload of production operators and identify contributing factors. Mental workload was measured using the National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX), while physical workload was evaluated using the Cardiovascular Load (CVL) method. The results indicate that most production operators have CVL values exceeding 30%. Meanwhile, NASA-TLX analysis reveals that the performance dimension contributes the most to mental workload, accounting for 44.79%.

Keywords - Mental Workload; Physical Workload; NASA-TLX; Cardiovascular Load (CVL); Overtime Policy.

Abstrak. PT SPLN merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi panel listrik, variable air volume (VAV), fire damper, dan diffuser. Peningkatan permintaan produk mendorong perusahaan menerapkan sistem lembur untuk memenuhi kebutuhan produksi. Kebijakan tersebut diikuti penurunan kehadiran pekerja pada hari berikutnya sekitar 20%, setara dengan 3–5 orang dari total 18 karyawan. Kondisi ini mengindikasikan potensi peningkatan kelelahan fisik dan psikologis akibat penambahan jam kerja. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat beban kerja fisik dan mental operator produksi serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhinya. Beban kerja mental diukur menggunakan metode National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX), sedangkan beban kerja fisik dievaluasi menggunakan metode Cardiovascular Load (CVL). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar operator produksi memiliki nilai CVL melebihi 30%. Sementara itu, hasil analisis NASA-TLX menunjukkan bahwa dimensi performansi merupakan aspek dengan kontribusi terbesar terhadap beban kerja mental, yaitu sebesar 44,79%.

Kata Kunci - Kerja Psikologis; Beban Kerja Fisiologis; NASA Task Load Index (NASA-TLX); Cardiovascular Load (CVL); Sistem Kerja Lembur.

I. PENDAHULUAN

Beban kerja adalah kondisi yang terjadi karena adanya hubungan antara apa yang diminta dari pekerjaan, pengaruh dari berbagai hal di lingkungan kerja, serta kemampuan, sikap, dan perilaku karyawan saat menghadapi permintaan tersebut[1]. Secara umum, beban kerja bukan hanya tentang satu hal saja, tetapi meliputi beban fisik dan tekanan mental yang bisa terjadi bersamaan[2]. Oleh karena itu, perubahan yang disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan dapat menciptakan keadaan yang baik di mana fisik dan mental pekerja seimbang. Namun, jika ada perbedaan antara apa yang dibutuhkan dalam pekerjaan dan kemampuan pekerja, itu bisa menyebabkan kelelahan, kinerja menurun, dan lebih seringnya terjadi kesalahan. Dalam hal ergonomi dan pengelolaan kerja, keseimbangan ini sangat penting untuk menjaga agar pekerja tetap produktif, aman, dan sehat dalam jangka panjang agar bisa berfungsi dengan baik[3].

Dalam pengukuran, beban kerja bisa dimaknai sebagai seberapa banyak usaha yang diperlukan seseorang untuk memenuhi tuntutan dari pekerjaan. Sementara itu, kapasitas adalah kemampuan seseorang untuk menerima dan merespons tuntutan dari pekerjaan itu[4]. Kapasitas ini bisa dilihat dari faktor fisik dan mental, karena keadaan fisik dan mental pekerja mencerminkan sejauh mana tubuh dan pikiran mereka siap untuk menghadapi pekerjaan. Jadi, beban kerja yang menjadi perhatian dalam studi ergonomi pada dasarnya adalah ukuran yang sebanding, yang biasanya diungkapkan sebagai persentase dari kapasitas terbatas pekerja yang dipakai untuk menyelesaikan pekerjaan

tertentu[5]. Dalam situasi yang lebih nyata, beban kerja bisa diartikan sebagai kumpulan pekerjaan yang harus dilakukan oleh satu orang atau sebuah tim dalam waktu yang sudah ditentukan, di dalam kondisi kerja tertentu[6]. Definisi ini menunjukkan bahwa pekerjaan bukan hanya tentang jumlah tugas yang harus dikerjakan, tetapi juga berkaitan dengan batas waktu, jenis pekerjaan, serta kondisi dan sumber daya yang ada dalam tugas itu[7]. Memberikan pekerjaan yang tidak cocok dengan kemampuan karyawan bisa memiliki efek yang besar. Di satu sisi, jika orang harus mengerjakan sesuatu yang terlalu sulit, itu bisa menyebabkan stres baik fisik maupun mental. Ini bisa berujung pada kelelahan, rasa tidak nyaman saat bekerja, dan juga menurunnya kualitas hasil kerja[8]. Di sisi lain, tugas yang sulit diukur dan sulit diatur bisa membuat organisasi kesulitan dalam mengetahui jumlah pegawai yang dibutuhkan, merencanakan pembagian pekerjaan, serta membuat langkah-langkah perbaikan yang didasari oleh fakta[9]. Di sisi lain, apabila beban kerja sulit diukur dan dikelola, organisasi dapat mengalami kesulitan dalam memahami kebutuhan karyawan, membagi tugas, serta menentukan langkah perbaikan yang berbasis fakta[10].

Tingkat kemampuan pekerja dalam menyelesaikan tugas tidak terlepas dari interaksi antara karakteristik individu dan keadaan lingkungan kerja. Beberapa aspek yang dapat memengaruhi kemampuan tersebut mencakup kapasitas kerja, kondisi kesehatan, kecukupan nutrisi, jenis kelamin, rentang usia, serta karakteristik antropometri tubuh. Setiap pekerja memiliki kondisi dan kemampuan yang berbeda, sehingga tuntutan pekerjaan yang sama dapat menghasilkan respons fisik maupun psikologis yang beragam. Perbedaan tersebut perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi beban kerja agar penilaian yang dilakukan dapat mencerminkan kondisi pekerja secara lebih tepat[11]. Untuk mengetahui kesesuaian antara tuntutan pekerjaan dan kemampuan karyawan, diperlukan evaluasi melalui pengukuran beban kerja secara sistematis. Proses ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai tingkat tuntutan yang harus dipenuhi pekerja dalam melaksanakan tanggung jawabnya. Selain itu, hasil pengukuran dapat digunakan untuk menelaah berbagai aspek yang berkontribusi terhadap tingginya beban kerja serta menentukan langkah perbaikan yang diperlukan. Dengan demikian, perusahaan dapat menjadikan hasil evaluasi tersebut sebagai dasar dalam mengoptimalkan pembagian tugas, memperbaiki proses kerja, dan menciptakan kondisi kerja yang lebih efektif tanpa mengabaikan kemampuan serta kesejahteraan karyawan[12].

Kajian ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi beban kerja fisik dan mental pada karyawan PT SPLN Pasuruan serta menelaah berbagai faktor yang berpotensi berkaitan dengan tingkat beban kerja yang dialami. Kedua jenis beban kerja tersebut memiliki karakteristik yang berbeda sehingga proses evaluasinya memerlukan pendekatan pengukuran yang sesuai dengan aspek yang dikaji. Beban kerja fisik berhubungan dengan respons fisiologis tubuh ketika pekerja menjalankan aktivitas operasional, sedangkan beban kerja mental berkaitan dengan tuntutan psikologis dan kognitif dalam menyelesaikan pekerjaan. Tuntutan mental tersebut dapat mencakup kemampuan memahami dan mengolah informasi, menjaga fokus, menentukan keputusan, memenuhi target waktu, serta mempertahankan kualitas kinerja ketika menghadapi tekanan pekerjaan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kedua aspek beban kerja secara terpadu diperlukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kondisi pekerja. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat menjadi dasar dalam merumuskan usulan perbaikan sistem kerja yang mempertimbangkan efektivitas operasional sekaligus kondisi fisik dan mental karyawan[13].

Penilaian terhadap beban kerja fisik dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, salah satunya melalui metode *Cardiovascular Load* (CVL). Metode ini memanfaatkan respons denyut jantung sebagai indikator untuk memperkirakan besarnya tuntutan fisik yang diterima pekerja selama menjalankan aktivitas kerja. Perubahan denyut jantung selama bekerja dibandingkan dengan kondisi fisiologis tertentu dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat beban kardiovaskular yang dialami pekerja. Adapun evaluasi beban kerja mental dapat dilakukan menggunakan metode *NASA Task Load Index* (NASA-TLX), yaitu instrumen penilaian yang mengukur persepsi individu terhadap tuntutan pekerjaan berdasarkan enam dimensi, meliputi tuntutan mental, tuntutan fisik, tuntutan waktu, performansi, usaha, dan tingkat frustrasi. Penerapan kedua metode tersebut secara bersamaan memungkinkan penilaian beban kerja dilakukan dari dua sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu respons fisiologis tubuh dan persepsi subjektif pekerja. Hasil pengukuran ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam meninjau kondisi kerja serta merumuskan upaya perbaikan yang mendukung efektivitas proses produksi.

Dalam konteks evaluasi sistem kerja, pengukuran beban kerja berperan untuk menilai keseimbangan antara tuntutan tugas dan kapasitas pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya. Melalui pengukuran tersebut, berbagai kondisi yang berpotensi meningkatkan beban fisik maupun mental dapat diidentifikasi secara lebih sistematis. Penelitian pada PT SPLN Pasuruan diharapkan menghasilkan informasi berdasarkan data mengenai karakteristik beban kerja yang dialami karyawan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun rekomendasi pengelolaan pekerjaan yang lebih tepat. Fokus kajian ini menjadi relevan karena aktivitas produksi yang disertai penambahan jam kerja dapat menimbulkan tuntutan tambahan bagi pekerja dan perlu dievaluasi berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Meskipun kajian mengenai beban kerja fisik dan mental telah dilakukan pada berbagai bidang industri, ruang penelitian masih terbuka untuk mengkaji kedua aspek tersebut secara terpadu melalui metode CVL dan NASA-TLX, terutama dalam kaitannya dengan penerapan sistem lembur pada industri manufaktur skala menengah. Hubungan antara penambahan jam kerja, tingkat kelelahan, dan pola ketidakhadiran karyawan juga perlu ditelaah lebih lanjut

berdasarkan data empiris pada lingkungan kerja yang diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis beban kerja fisik dan mental karyawan PT SPLN Pasuruan serta menyediakan dasar evaluasi bagi pengelolaan jam kerja dan kondisi kerja yang lebih sesuai dengan kemampuan pekerja. Hasil kajian diharapkan dapat mendukung penyusunan rekomendasi perbaikan yang mempertimbangkan aspek keselamatan, kesehatan, dan keberlangsungan produktivitas perusahaan.

II. METODE

Penelitian ini mengaplikasikan metode observasional deskriptif dalam meninjau faktor ergonomi di PT SPLN Pasuruan. Pengamatan dilakukan secara langsung terhadap lingkungan kerja karyawan tanpa keterlibatan intervensi peneliti. Pendekatan ini dipilih guna mengevaluasi kondisi fisik serta beban mental pekerja, alih-alih menguji korelasi atau pengaruh antarvariabel. Untuk melakukan asesmen ergonomi dan merumuskan saran perbaikan, penelitian ini memanfaatkan instrumen *NASA Task Load Index* (NASA-TLX).

A. Metode CVL (Cardiovascular Load)

Metode *Cardiovascular Load* (CVL) digunakan untuk memperkirakan tingkat beban kerja fisik melalui analisis perubahan denyut jantung selama seseorang melakukan aktivitas. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan selisih antara denyut jantung ketika bekerja dan denyut jantung saat istirahat, kemudian membandingkannya dengan rentang denyut jantung yang tersedia hingga mencapai denyut jantung maksimum. Hasil perhitungan tersebut dapat digunakan untuk menggambarkan besarnya tuntutan kardiovaskular yang dialami pekerja selama menjalankan tugas. Selain itu, pengukuran denyut nadi menggunakan teknik perhitungan 10 denyut dapat diterapkan untuk memperkirakan frekuensi denyut jantung berdasarkan waktu yang diperlukan untuk memperoleh sepuluh denyutan, sehingga respons jantung terhadap aktivitas fisik dapat dievaluasi secara lebih terukur [14]. Terdapat dua jenis detak jantung yang diukur, yaitu detak jantung saat istirahat (sebelum seseorang mulai bekerja) dan detak jantung saat bekerja (ketika orang tersebut menjalankan tugasnya); selanjutnya, Beban Kardiovaskular (CVL) akan dihitung. Metode CVL, yang menggunakan detak jantung sebagai indikator pengukuran, merupakan salah satu teknik tidak langsung untuk menilai beratnya pekerjaan fisik. Apabila alat elektrokardiogram (ECG) tidak tersedia, detak jantung dapat diukur secara manual dengan meraba titik denyut. Pengukuran denyut nadi dapat dilakukan pada bagian tubuh yang memiliki pembuluh arteri dekat dengan permukaan kulit, seperti pergelangan tangan atau sisi leher, dengan bantuan alat pencatat waktu untuk menentukan durasi pengukuran [15]. Metode ini menerapkan penghitungan berdasarkan sepuluh denyut sebagai dasar pengukuran, yang selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk numerik dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Denyut Nadi (DPM)} = \frac{10}{\text{Waktu 10 denyut nadi}} \times 60$$

Peningkatan denyut jantung sangat penting untuk membantu memompa lebih banyak darah ketika kita beralih dari kondisi istirahat ke aktivitas yang sangat berat. Tingkat beban kerja dibagi ke dalam beberapa kategori berdasarkan besarnya peningkatan denyut jantung selama beraktivitas dibandingkan dengan denyut jantung target atau maksimal, hal ini disebut Beban Kardiovaskular (CVL) yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$CVL = \frac{(\text{Denyut nadi kerja} - \text{Denyut Nadi Istirahat})}{(\text{Denyut Nadi Maksimal} - \text{Denyut Nadi Istirahat})} \times 100$$

Setelah nilai CVL diperoleh, hasil tersebut kemudian dianalisis dengan mengacu pada kriteria klasifikasi berikut untuk menentukan tingkat beban kerja kardiovaskular.

Tabel 1. Klasifikasi CVL

CVL	Menangani
$X \leq 30\%$	Tidak menunjukkan tanda-tanda kelelahan
$30\% \leq X \leq 60\%$	Perlu dilakukan pembenahan
$60\% \leq X \leq 80\%$	Pekerjaan berlangsung dalam durasi singkat
$80\% \leq X \leq 100\%$	Memerlukan tindakan segerasecepatnya

B. Metode NASA – TLX

Metode *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) diperkenalkan oleh Sandra G. Hart dan Lowell E. Staveland pada tahun 1981 sebagai instrumen untuk mengevaluasi beban kerja mental secara subjektif. Pengukuran ini didasarkan pada enam dimensi penilaian, yaitu tuntutan mental, tuntutan fisik, tuntutan waktu, tingkat keberhasilan atau performansi, usaha, dan frustrasi. Melalui keenam dimensi tersebut, NASA-TLX dapat digunakan untuk mengetahui persepsi pekerja terhadap besarnya tuntutan yang dihadapi selama melaksanakan tugas dan tanggung jawab pekerjaan[16]. Dalam penerapan metode NASA-TLX, responden diminta memberikan penilaian melalui kuesioner yang mencakup enam dimensi beban kerja, yaitu kebutuhan mental, kebutuhan fisik, tekanan waktu, persepsi terhadap performansi kerja, tingkat frustrasi, dan besarnya usaha yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas. Penilaian dari setiap dimensi digunakan untuk menggambarkan tingkat beban kerja mental yang dirasakan karyawan selama menjalankan aktivitas pekerjaannya[17]. Kuesioner ini berisi skala yang dapat diisi oleh karyawan untuk menggambarkan persepsi mereka, sehingga dapat diketahui kondisi ketika mereka merasa terbebani atau ketika diperlukan usaha yang lebih besar.

Hasil evaluasi beban kerja mental dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam menentukan langkah perbaikan sistem kerja. Selain memberikan gambaran mengenai tingkat tekanan mental yang dirasakan karyawan, proses pengukuran ini juga memungkinkan identifikasi terhadap aspek-aspek yang memberikan kontribusi terbesar terhadap munculnya beban kerja mental selama aktivitas pekerjaan berlangsung. Tahapan berikut diperlukan untuk menerapkan metode NASA-TLX:

1. Pembobotan

Pada bagian ini, pekerja diminta memilih salah satu dari dua indikator yang menurut mereka paling berpengaruh terhadap stres mental yang dialami di tempat kerja. Kuesioner NASA-TLX terdiri atas 15 perbandingan berpasangan. Skor total setiap variabel ditetapkan berdasarkan pengaruh relatifnya, sedangkan masing-masing variabel beban kerja mental diberi bobot sesuai dengan jumlah perolehan keseluruhannya.

Tabel 2. Instrumen Penilaian Bobot

No	Perbandingan Antarindikator
1.	Kebutuhan Fisik (KF) ataupun Kebutuhan Mental (KM)
2.	Kebutuhan Waktu (KW) ataupun Kebutuhan Mental (KM)
3.	Performa (P) ataupun Kebutuhan Mental (KM)
4.	Tingkat Frustrasi (TF) ataupun Kebutuhan Mental (KM)
5.	Tingkat Usaha (TU) ataupun Kebutuhan Mental (KM)
6.	Kebutuhan Waktu (KW) ataupun Kebutuhan Fisik (KF)
7.	Performa (P) ataupun Kebutuhan Fisik (KF)
8.	Tingkat Frustrasi (TF) ataupun Kebutuhan Fisik (KF)
9.	Tingkat Usaha (TU) ataupun Kebutuhan Fisik (KF)
10.	Performa (P) ataupun Kebutuhan Waktu (KW)
11.	Tingkat Frustrasi (TF) ataupun Kebutuhan Waktu (KW)
12.	Tingkat Usaha (TU) ataupun Kebutuhan Waktu (KW)
13.	Tingkat Frustrasi (TF) ataupun Performa (P)
14.	Tingkat Usaha (TU) ataupun Performa (P)
15.	Tingkat Usaha (TU) ataupun Tingkat Frustrasi (TF)

2. Penetapan Skor

Setiap deskriptor dievaluasi menggunakan skala 1 sampai 100. Selanjutnya, pekerja memberikan nilai pada masing-masing deskriptor berdasarkan persepsi mereka terhadap beban kerja yang dirasakan ketika menjalankan aktivitas pekerjaan.

Tabel 3. Instrumen Pemberian Nilai

CVL	Mengatasi
Kebutuhan Mental (KM)	Berapa tingkat kegiatan mental serta perseptual yang diperlukan guna melihat, mengingat juga mencari. Menurut anda kegiatan itu gampang ataupun sukar, semple ataupun komplek, ketat atau Longgar
Kebutuhan Fisik (KF)	Berapa tingkat kegiatan fisik diperlukan untuk (contohnya mendorong ataupun menarik, mengangkat, dan sebagainya) apa kegiatan tersebut berat atau ringan, cepat/lambat
Kebutuhan Waktu (KW)	Berapakah banyaknya tuntutan yang terkait pada waktu yang dirasakan ketika kegiatan berlangsung. Apa kegiatan tersebut santai, cepat, ataupun melelahkan
Performa (P)	Sebesar apakah tingkat kesuksesan anda didalam pekerjaan anda dan berapa tingkat kepuasan dengan hasil kerja anda sendiri
Tingkat Frustrasi (TF)	Berapa tingkat ketidakamanan, gangguan, tersinggung, putus asa dibanding pada rasa aman, tenang, nyaman dan puas pada diri sendiri yang anda rasakan
Tingkat Usaha (TU)	Berapa tingkat kekerasan kerja mental serta fisik yang diperlukan guna merampungkan kegiatan/pekerjaan

3. *Melakukan perhitungan nilai indikator*

Skor produk dihitung dengan mengalikan nilai rating dengan bobot pada setiap dimensi penilaian. Perhitungan ini menghasilkan enam skor produk yang masing-masing menggambarkan dimensi dalam metode NASA-TLX, yaitu Kebutuhan Mental (KM), Kebutuhan Fisik (KF), Kebutuhan Waktu (KW), Performansi (P), Tingkat Usaha (TF), dan Tingkat Frustrasi (TU)[18]. Produk = rating x bobot aspek

4. *Perhitungan Beban Kerja Tertimbang (WWL)*

Nilai beban kerja tertimbang (WWL) ditetapkan berdasarkan total hasil perkalian enam faktor penilaian dengan mempertimbangkan bobot setiap faktornya[19]. $WWL = \sum \text{produk}$.

5. *Penghitungan Nilai Rata-Rata Beban Kerja Tertimbang (WWL)*

Nilai rata-rata beban kerja tertimbang (WWL) dihitung dengan membagi total skor WWL berdasarkan jumlah keseluruhan faktor pembobot yang digunakan dalam proses evaluasi[20].

$$\text{skor} = \sum \frac{\text{bobot} \times \text{rating}}{15}$$

6. *Evaluasi Hasil Pengukuran*

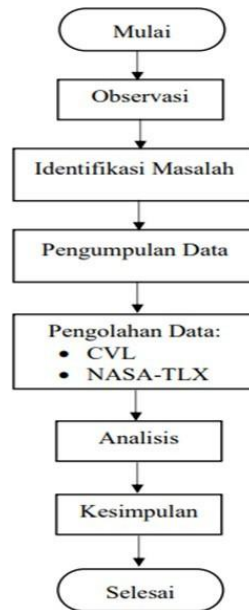
Level beban kerja ditetapkan berdasarkan skor akhir yang diperoleh melalui metode NASA-TLX. Selanjutnya, hasil evaluasi dikategorikan mengacu pada interpretasi skor yang tercantum pada tabel berikut[21].

Tabel 4. Interpretasi Skor

Klasifikasi	Nilai
Rendah	0-9
Sedang	10-29
Lumayan Tinggi	30-49
Tinggi	50-79
Sangatlah Tinggi	80-100

7. *Tahapan Penelitian*

Tahapan investigasi di PT SPLN dituangkan dalam diagram alir yang menggambarkan urutan proses investigasi secara sistematis. Rangkaian tahapan tersebut ditampilkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penilaian Beban Kerja Kardiovaskular

Data detak jantung diperoleh dalam dua kondisi, yaitu sebelum karyawan mulai menjalankan tugas dan ketika mereka sedang bekerja. Pengukuran pada saat istirahat digunakan sebagai nilai dasar pembandingan, sementara pengukuran selama bekerja dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan respons kardiovaskular yang disebabkan oleh aktivitas tersebut. Data detak jantung dinyatakan dalam satuan denyut per menit (BPM). Dalam analisis beban kerja, detak jantung maksimum turut digunakan sebagai variabel untuk menentukan tingkat beban kardiovaskular. Data detak jantung saat istirahat, ketika bekerja, serta detak jantung maksimum disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Frekuensi Denyut Nadi Saat Bekerja, Beristirahat, dan Denyut Nadi Maksimum

No	Nama Karyawan	Bagian	Jenis Kelamin	Usia	Denyut Nadi Istirahat	Denyut Nadi Kerja	Denyut Nadi Maks
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	Laki-laki	32	90	121	188
2	Harianto	Operator CNC	Laki-laki	36	84	112	184
3	Iswandi Teguh Santoso	Proses Pengecatan	Laki-laki	27	82	119	193
4	Rizal Dwi Yulianto	Proses Pengecatan	Laki-laki	24	79	103	196
5	Bambang Haryono	Operator Produksi	Laki-laki	31	88	122	189
6	Iwan Santoso	Operator Produksi	Laki-laki	37	84	119	183
7	Muhammad Farihul Umam	Operator Banding	Laki-laki	26	93	122	194
8	Sunarno	Operator Produksi	Laki-laki	36	88	119	181
9	Maulana Malik	Operator <i>Cutting</i>	Laki-laki	28	78	98	192
10	Ahmad Ivanani	Proses <i>Treatment</i>	Laki-laki	21	84	115	199
11	Nur Salim	Operator Produksi	Laki-laki	35	86	107	185
12	Jose Manuel M	Operator Produksi	Laki-laki	21	94	122	199
13	Didik Zunaidi	Proses <i>Treatment</i>	Laki-laki	33	96	118	187
14	Kurniawan Sukma Hadi	Operator Produksi	Laki-laki	27	88	121	183
15	Abdul Rokim	Proses Pengecatan	Laki-laki	31	82	108	189
16	Muhammad Mislan	Proses <i>Treatment</i>	Laki-laki	34	79	106	186

Selanjutnya, rasio beban kardiovaskular (CVL) dihitung bagi setiap partisipan berdasarkan data denyut jantung yang tercantum pada Tabel 5. Perhitungan ini menggunakan perbandingan antara peningkatan denyut jantung selama aktivitas fisik dan selisih denyut jantung maksimum dengan denyut jantung saat istirahat. Rasio tersebut selanjutnya dimanfaatkan untuk mengelompokkan tingkat aktivitas fisik masing-masing partisipan berdasarkan kriteria penilaian CVL. Hasil klasifikasi tingkat aktivitas fisik ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Persentase CVL dan Kategorisasi Beban Kerja

No	Nama Karyawan	Posisi	Jenis Kelamin	Usia	Persentase CVL	Klasifikasi
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	Laki-laki	32	31,63	Dibutuhkan perbaikan
2	Harianto	Operator CNC	Laki-laki	36	28,00	Tidak terjadi kelelahan
3	Iswandi Teguh Santoso	Proses Pengecatan	Laki-laki	27	33,33	Dibutuhkan perbaikan
4	Rizal Dwi Yulianto	Proses Pengecatan	Laki-laki	24	20,51	Tidak terjadi kelelahan
5	Bambang Haryono	Operator Produksi	Laki-laki	31	33,66	Dibutuhkan perbaikan
6	Iwan Santoso	Operator Produksi	Laki-laki	37	35,35	Dibutuhkan perbaikan
7	Muhammad Farihu Umam	Operator Banding	Laki-laki	26	28,71	Tidak terjadi kelelahan
8	Sunarno	Operator Produksi	Laki-laki	36	32,29	Dibutuhkan perbaikan
9	Maulana Malik	Operator Cutting	Laki-laki	28	17,54	Tidak terjadi kelelahan
10	Ahmad Ivanani	Proses Treatment	Laki-laki	21	26,96	Tidak terjadi kelelahan
11	Nur Salim	Operator Produksi	Laki-laki	35	21,21	Tidak terjadi kelelahan
12	Jose Manuel M	Operator Produksi	Laki-laki	21	26,67	Tidak terjadi kelelahan
13	Didik Zunaidi	Proses Treatment	Laki-laki	33	24,18	Tidak terjadi kelelahan
14	Kurniawan Sukma Hadi	Operator Produksi	Laki-laki	27	31,43	Dibutuhkan perbaikan
15	Abdul Rokim	Proses Pengecatan	Laki-laki	31	24,30	Tidak terjadi kelelahan
16	Muhammad Mislan	Proses Treatment	Laki-laki	34	25,23	Tidak terjadi kelelahan

B. Analisis Beban Kerja Mental Menggunakan NASA-TLX

1. Hasil pembobotan

Pengolahan data beban kerja mental dengan metode NASA-TLX diawali dengan penetapan bobot tiap faktor melalui perbandingan berpasangan. Pada tahap ini, sebanyak 16 karyawan PT SPLN diminta memilih faktor yang dinilai paling berpengaruh terhadap beban kerja pada setiap pasangan ukuran. Pilihan dari masing-masing peserta kemudian dicatat sebagai jumlah perolehan untuk setiap faktor, yaitu tuntutan mental (KM), tuntutan fisik (KF), tuntutan temporal (KW), performansi (P), usaha (TF), dan frustrasi (TU). Jumlah tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan bobot tiap faktor pada perhitungan NASA-TLX. Rekapitulasi hasil pembobotan seluruh peserta ditampilkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Kuesioner Penentuan Bobot

No	Nama	Posisi	Umur	Indikator					
				KM	KF	KW	P	TF	TU
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	32	3	2	4	2	3	1
2	Harianto	Operator CNC	36	2	1	2	3	3	4
3	Iswandi Teguh Santoso	Proses Pengecatan	27	3	2	3	4	1	2
4	Rizal Dwi Yulianto	Proses Pengecatan	24	3	3	3	3	2	1
5	Bambang Haryono	Operator Produksi	31	2	3	4	3	0	3
6	Iwan Santoso	Operator Produksi	37	0	4	3	4	1	3
7	Muhammad Farihu Umam	Operator Banding	26	1	4	3	3	0	4
8	Sunarno	Operator Produksi	36	3	2	2	4	1	3
9	Maulana Malik	Operator Cutting	28	2	3	3	2	2	3
10	Ahmad Ivanani	Proses Treatment	21	2	4	3	4	1	1
11	Nur Salim	Operator Produksi	35	1	3	3	4	1	3
12	Jose Manuel M	Operator Produksi	21	3	2	4	3	1	2
13	Didik Zunaidi	Proses Treatment	33	4	3	1	3	2	2
14	Kurniawan Sukma Hadi	Operator Produksi	27	1	4	4	2	2	2
15	Abdul Rokim	Proses Pengecatan	31	3	3	1	2	2	4
16	Muhammad Mislan	Proses Treatment	34	1	2	3	2	4	3

2. Hasil Pemberian Rating

Tahap berikutnya dalam penerapan metode NASA-TLX mencakup penilaian setiap faktor untuk mengidentifikasi tingkat beban kerja mental yang dirasakan oleh masing-masing karyawan. Peserta memberikan skor dalam rentang 0 hingga 100 berdasarkan penilaian mereka terhadap tuntutan tugas yang berkaitan dengan setiap faktor. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan persepsi beban kerja yang lebih besar pada faktor tersebut. Seluruh data penilaian peserta kemudian dihimpun dan ditampilkan dalam Tabel 8 sebagai landasan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 8. Rekapitulasi Skor Setiap Dimensi

No	Nama	Bagian	Umur	Indikator					
				KM	KF	KW	P	TF	TU
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	32	80	40	70	60	40	80
2	Harianto	Operator CNC	36	80	50	60	70	40	90
3	Iswandi Teguh Santoso	Proses Pengecatan	27	50	80	60	90	30	70
4	Rizal Dwi Yulianto	Proses Pengecatan	24	80	90	60	80	50	60
5	Bambang Haryono	Operator Produksi	31	90	70	80	75	40	90
6	Iwan Santoso	Operator Produksi	37	30	75	70	80	50	85
7	Muhammad Farihul Umam	Operator Banding	26	70	80	90	60	50	90
8	Sunarno	Operator Produksi	36	90	70	40	80	50	80
9	Maulana Malik	Operator Cutting	28	50	80	70	30	70	50
10	Ahmad Ivanani	Proses Treatment	21	80	95	70	80	60	75
11	Nur Salim	Operator Produksi	35	80	90	80	80	40	90
12	Jose Manuel M	Operator Produksi	21	85	60	60	80	40	65
13	Didik Zunaidi	Proses Treatment	33	80	50	40	90	80	80
14	Kurniawan Sukma Hadi	Operator Produksi	27	50	70	80	70	65	70
15	Abdul Rokim	Proses Pengecatan	31	80	85	50	70	70	90
16	Muhammad Mislan	Proses Treatment	34	40	75	90	60	95	80

3. Tabel Perhitungan Skor WWL dan Penentuan Kategori Beban Kerja

Setelah semua partisipan selesai memberikan skor dan bobot pada setiap faktor NASA-TLX, analisis dilanjutkan dengan beberapa langkah perhitungan. Langkah pertama adalah menghitung hasil perkalian antara skor dan bobot dari masing-masing faktor. Berikutnya, seluruh nilai tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan total skor weighted workload (WWL). Setelah itu, rata-rata WWL diperoleh dengan membagi total skor dengan jumlah seluruh bobot. Tahap terakhir adalah mengelompokkan hasil berdasarkan tingkat beban kerja mental sesuai kriteria interpretasi NASA-TLX yang diterapkan dalam penelitian ini.

Tabel 9. Perhitungan Skor Beban Kerja Tertimbang

No.	Nama	Posisi	WWE	Rata-rata WWE	Klasifikasi
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	920	61,33	Tinggi
2	Harianto	Operator CNC	1020	68,00	Tinggi
3	Iswandi Teguh Santoso	Proses Pengecatan	1020	68,00	Tinggi
4	Rizal Dwi Yulianto	Proses Pengecatan	1090	72,67	Tinggi
5	Bambang Haryono	Operator Produksi	1205	80,33	Sangat Tinggi
6	Iwan Santoso	Operator Produksi	1135	75,67	Tinggi
7	Muhammad Farihul Umam	Operator Banding	1200	80,00	Sangat Tinggi
8	Sunarno	Operator Produksi	1100	73,33	Tinggi
9	Maulana Malik	Operator Cutting	900	60,00	Tinggi
10	Ahmad Ivanani	Proses Treatment	1205	80,33	Sangat Tinggi
11	Nur Salim	Operator Produksi	1220	81,33	Sangat Tinggi
12	Jose Manuel M	Operator Produksi	1025	68,33	Tinggi
13	Didik Zunaidi	Proses Treatment	1100	73,33	Tinggi
14	Kurniawan Sukma Hadi	Operator Produksi	1060	70,67	Tinggi
15	Abdul Rokim	Proses Pengecatan	1185	79,00	Tinggi
16	Muhammad Mislan	Proses Treatment	1200	80,00	Sangat Tinggi

Setelah menentukan tingkat beban kerja mental bagi ke-16 partisipan berdasarkan penilaian NASA-TLX, analisis dilakukan dengan mengkaji sejauh mana setiap faktor (dimensi) berkontribusi terhadap beban kerja yang dialami oleh para karyawan. Kajian ini melibatkan perkalian antara bobot dan peringkat untuk setiap faktor. Selanjutnya, nilai-nilai tersebut dibandingkan untuk mengidentifikasi faktor yang memiliki

dampak terbesar terhadap beban kerja mental. Hasil analisis data, yang menunjukkan distribusi beban kerja pada keenam faktor NASA-TLX tersebut, disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Perbandingan Dimensi Beban Kerja Mental

Faktor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Rata-Rata	Presentase
KM	16	10,66	10	16	12	0	4,66	18	6,66	10,66	5,33	17	21,33	3,33	16	2,66	10,64	31,92
KF	5,33	3,33	10,66	18	14	20	21,33	9,33	16	25,33	18	8	10	18,66	17	10	14,06	42,18
KW	18,66	8	12	12	21,33	14	18	5,33	14	14	16	16	2,66	21,33	3,33	18	13,41	40,23
P	8	14	24	16	15	21,33	12	21,33	4	4	21,33	16	18	9,33	9,33	8	14,93	44,79
TF	8	8	2	6,66	0	3,33	0	3,33	9,33	9,33	2,66	2,66	10,66	8,66	9,33	25,33	6,5	19,50
TU	24	24	9,33	4	18	17	24	16	10	10	18	8,66	10,66	9,33	24	16	13,70	41,11

Pengolahan data Cardiovascular Load (CVL) mengindikasikan tingkat beban kerja fisik yang bervariasi antarresponden. Nilai persentase tertinggi tercatat pada responden ke-6 sebesar 35,35%, sedangkan nilai terendah sebesar 17,54% ditemukan pada responden ke-9. Berdasarkan kategorisasi hasil pengukuran, sebanyak 10 pekerja tergolong bebas dari kelelahan, sementara 6 pekerja lainnya berada dalam kriteria yang membutuhkan perbaikan. Sebagian besar pekerja pada kelompok yang memerlukan perbaikan bekerja sebagai operator produksi, disusul oleh satu pekerja dari unit proses pengecatan. Temuan ini menegaskan pentingnya perhatian khusus terhadap tingginya tuntutan beban kerja fisik pada posisi tertentu, utamanya operator produksi. Rekomendasi tindakan pengendalian yang dapat diterapkan mencakup evaluasi ulang metode kerja, penyesuaian ritme/kecepatan kerja, serta alokasi waktu istirahat yang memadai. Pada aspek beban mental, pengukuran berbasis instrumen NASA-TLX mengungkapkan bahwa 11 pekerja mengalami beban kerja tingkat tinggi, dan 5 pekerja lainnya terklasifikasi dalam tingkat sangat tinggi. Kelompok dengan beban sangat tinggi mencakup dua operator produksi, dua operator proses treatment, serta seorang operator banding. Profil ini menggambarkan bahwa mayoritas responden memikul tuntutan psikologis yang signifikan dalam menjalankan tugas harian mereka. Kondisi tersebut berpotensi dipicu oleh berbagai faktor eksternal maupun internal pekerjaan, seperti standar pencapaian performa, beban fisik saat beraktivitas, hingga besarnya effort yang dicurahkan. Meski demikian, determinan utama dari beban mental tiap individu masih memerlukan peninjauan mendalam melalui analisis per dimensi NASA-TLX. Berdasarkan distribusi kontribusi dimensi NASA-TLX pada Tabel 10, dimensi Performansi (P) mencatatkan skor rata-rata tertinggi, yakni 44,79. Posisi berikutnya ditempati oleh Kebutuhan Fisik (KF) sebesar 42,18 dan Tingkat Usaha (TU) setinggi 41,11. Dominasi skor performansi mengindikasikan bahwa persepsi keberhasilan atau pencapaian target kerja menjadi kontributor utama terhadap tingginya beban mental pekerja. Di sisi lain, besarnya angka pada dimensi kebutuhan fisik dan tingkat usaha memperlihatkan bahwa beban fisik serta exertion yang tinggi turut memperberat persepsi beban kerja secara keseluruhan. Oleh karena itu, perumusan strategi intervensi wajib menjaga keselarasan antara target kinerja, kapasitas pekerja, serta dinamika operasional. Upaya seperti redistribusi beban tugas, penyalarsan target performa, dan penguatan sistem pendukung pekerjaan dapat diimplementasikan sebagai alternatif pengendalian beban kerja secara terstruktur.

VII. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan pada bagian operator produksi memiliki tuntutan fisik yang cukup besar. Temuan tersebut tercermin dari pengukuran beban kerja fisik menggunakan metode Cardiovascular Load (CVL), yang menunjukkan bahwa sebagian besar operator produksi memiliki nilai CVL di atas 30%. Hasil ini mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap beban fisik yang dialami pekerja selama menjalankan aktivitas operasional. Temuan tersebut juga berkaitan dengan hasil pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX. Dimensi Kebutuhan Fisik (KF) menempati urutan kedua dengan nilai sebesar 42,18%, sedangkan dimensi Performansi (P) memperoleh nilai tertinggi, yaitu 44,79%. Selain itu, terdapat dua operator produksi yang termasuk dalam kategori beban kerja mental sangat tinggi. Hasil pengukuran dari kedua metode tersebut memperlihatkan bahwa tuntutan pekerjaan perlu ditinjau dari aspek fisik maupun mental, terutama dalam kaitannya dengan pencapaian target dan penyelesaian tugas operasional. Berdasarkan temuan tersebut, beberapa langkah perbaikan dapat dipertimbangkan untuk mengendalikan beban kerja karyawan. Upaya tersebut meliputi evaluasi durasi dan pengaturan waktu kerja, penyediaan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan operasional, penyesuaian jumlah tenaga kerja berdasarkan beban tugas, serta pembagian pekerjaan secara lebih proporsional. Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan dapat membantu mengurangi tuntutan fisik dan mental sekaligus mendukung kelancaran proses produksi.

REFERENSI

- [1] A. Keshvarparast *et al.*, Computers & Industrial Engineering Ergonomic design of Human-Robot collaborative workstation in the Era of Industry 5 . 0, *Comput. Ind. Eng.*, vol. 198, no. November, p. 110729, 2024, doi: 10.1016/j.cie.2024.110729.
- [2] E. Balta, A. Psarrakis, and A. Vataakis, The effects of increased mental workload of air traffic controllers on time perception : Behavioral and physiological evidence, *Appl. Ergon.*, vol. 115, no. May 2023, p. 104162, 2024, doi: 10.1016/j.apergo.2023.104162.
- [3] M. Fikri, ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN MENTAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE CVL DAN NASA-TLX, *Prosiding Semnastek*, no. November 2022, 1846.
- [4] L. Berthon, F. Bernard, S. Fleury, and S. Richir, Multi-dimensional measurement of mental workload in industrial context : an experiment in the field of helicopter maintenance, *Appl. Ergon.*, vol. 129, no. July, 2025, doi: 10.1016/j.apergo.2025.104599.
- [5] A. Nasirian, L. Zhang, A. M. Costa, and B. Abbasi, Multiskilled workforce staffing and scheduling : A logic-based Benders ' decomposition approach, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 323, no. 1, pp. 20–33, 2025, doi: 10.1016/j.ejor.2024.11.033.
- [6] S. Kasus, P. Ayam, G. Pak, G. Serpong, A. Kurniawan, and A. K. Ridhoni, ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN MENTAL MENGGUNAKAN METODE CVL DAN NASA-TLX PADA KARYAWAN AYAM GEPUK PAK GEMBUS, *Institut Teknologi Indonesia*, pp. 183–188, 2025.
- [7] J. Koskelo *et al.*, Cardiac autonomic responses in relation to cognitive workload during simulated military flight, *Appl. Ergon.*, vol. 121, no. April, p. 104370, 2024, doi: 10.1016/j.apergo.2024.104370.
- [8] T. Prunet, N. Absi, V. Borodin, and D. Cattaruzza, EURO Journal on Transportation and Logistics Optimization of human-aware logistics and manufacturing systems : A survey on the Human-Aware Models, *EURO Journal on Transportation and Logistics*, vol. 13, no. February, p. 100137, 2024, doi: 10.1016/j.ejtl.2024.100137.
- [9] M. Kehder, S. Mütze-niewöhner, V. Nitsch, S. Mütze-niewöhner, and V. Nitsch, ScienceDirect Workforce scheduling approaches for supporting human-centered Workforce scheduling approaches for supporting human-centered algorithmic management in manufacturing : A systematic literature algorithmic management in manufacturi, *Procedia Comput. Sci.*, vol. 232, pp. 1573–1583, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.01.155.
- [10] M. Brillinger *et al.*, Computers & Industrial Engineering Physiological workload assessment for highly flexible fine-motory assembly tasks using machine learning, *Comput. Ind. Eng.*, vol. 188, no. May 2023, p. 109859, 2024, doi: 10.1016/j.cie.2023.109859.
- [11] A. Keshvarparast, N. Katiraei, S. Finco, and M. Calzavara, International Journal of Production Economics Integrating collaboration scenarios and workforce individualization in collaborative assembly line balancing, *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 279, no. October 2024, p. 109450, 2025, doi: 10.1016/j.ijpe.2024.109450.
- [12] A. Ojha, Y. Gautam, H. Jebelli, and A. Akanmu, Automation in Construction Physiological impact of powered back-support exoskeletons in construction : Analyzing muscle fatigue , metabolic cost , ergonomic risks , and stability, *Autom. Constr.*, vol. 168, no. PA, p. 105742, 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105742.
- [13] M. Y. Fajar and B. I. Putra, Work System Design in the Wallet Production Process Using the Full Time Equivalent (FTE) and Cardiovascular Load (CVL) Method, vol. 10, no. 1, pp. 240–248, 2024.
- [14] C. A. Rue *et al.*, A job task analysis of the physical demands of manually preparing a 4-person battle trench as a military defensive position, *Appl. Ergon.*, vol. 127, no. April, p. 104520, 2025, doi: 10.1016/j.apergo.2025.104520.
- [15] V. Wahlström, F. Abtahi, M. Forsman, L. Yang, and P. Öhrner, Cardiovascular load and physical capacity in older workers engaged in physically demanding occupations, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, pp. 673–683, 2025.
- [16] M. Rantschl, C. Ramsauer, M. Wolf, P. Herst, and A. J. Magana, Computers & Education : X Reality Immersive learning factories for promoting experiential manufacturing education and STEM competency development, vol. 7, no. December, 2025, doi: 10.1016/j.cexr.2025.100125.
- [17] W. M. Roling, M. Grum, N. Gronau, and A. Kluge, International Journal of Industrial Ergonomics You cannot have both – Two different ways of change implementation and their effects on adaptive performance and frustration, *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 104, no. March, p. 103669, 2024, doi: 10.1016/j.ergon.2024.103669.
- [18] S. Abbas and H. Jeong, Computers & Education : X Reality, *Computers & Education: X Reality*, vol. 4, no. April 2024, p. 100065, 2025, doi: 10.1016/j.cexr.2024.100065.
- [19] E. Kim, A. Sun, J. S. Rodriguez-alvarez, L. Ho, and K. O. Laughlin, The American Journal of Surgery Gender differences in ergonomics during simulated ureteroscopy, *The American Journal of Surgery*, vol. 235, no. January, p. 115691, 2024, doi: 10.1016/j.amjsurg.2024.02.034.

- [20] A. F. Khanfar *et al.*, Visual attention and cognitive workload using different laparoscopic box trainers and mixed - reality feedback, *Surg. Endosc.*, vol. 39, no. 8, pp. 5057–5071, 2025, doi: 10.1007/s00464-025-11881-4.
- [21] R. Anugerah, M. Puteri, Z. Nur, and K. Sukarna, ANALISIS BEBAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE CVL DAN NASA-TLX DI PT. ABC.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.