

Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental dengan Menggunakan Metode CVL dan NASA-TLX pada Karyawan (Studi Kasus: PT SPLN Pasuruan)

Aldo Nur Devri¹, Boy Isma Putra^{2*}

^{1,2} Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
Jl. Mojopahit No.666 B, Sidowayah, Celep, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo
Email: nurdevrialdo@gmail.com, boy@umsida.ac.id

ABSTRAK

PT SPLN merupakan salah satu perusahaan penanaman modal dalam negeri yang bergerak di bidang industri panel listrik, variable air volume, fire damper, dan diffuser. Pada saat volume pemesanan meningkat, perusahaan menerapkan kebijakan overtime atau penambahan jam kerja bagi karyawan. Hal tersebut berdampak pada menurunnya tingkat kehadiran karyawan di hari berikutnya sebesar 20%, yakni sekitar 3-5 pekerja dari total 18 orang. Selain memengaruhi kehadiran, kebijakan overtime juga memicu kelelahan fisik maupun mental pada pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besarnya beban fisik serta mental yang dirasakan oleh karyawan, sekaligus mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya. Beban kerja mental diukur menggunakan metode NASA-TLX, sedangkan beban fisik diukur dengan metode analisis beban kardiovaskular (Cardiovascular Load atau CVL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelelahan fisik (CVL) ditemukan pada hampir seluruh operator produksi dengan tingkat di atas 30%. Sementara itu, metode NASA-TLX mengindikasikan bahwa faktor performansi memiliki dampak paling besar dalam memengaruhi beban kerja karyawan, yaitu sebesar 44,79%.

Kata kunci: Beban Kerja Mental, Beban Kerja Fisik, NASA-TLX, Cardiovascular Load (CVL), Kebijakan Lembur.

ABSTRACT

PT SPLN is a domestic investment company operating in the manufacturing of electrical panels, variable air volume (VAV) units, fire dampers, and diffusers. When order volumes increase, the company implements an overtime policy for its employees. This policy has resulted in a 20% decrease in employee attendance the following day, specifically involving 3 to 5 workers out of a total of 18. In addition to affecting attendance, the overtime policy also triggers both physical and mental fatigue among the workforce. This study aims to determine the extent of physical and mental workload experienced by employees and identify the factors influencing these workloads. Mental workload was assessed using the NASA-TLX method, while physical workload was measured using the Cardiovascular Load (CVL) analysis. The results indicate that physical fatigue (CVL) was prevalent among almost all production operators, with levels exceeding 30%. Meanwhile, the NASA-TLX method indicates that the performance factor has the most significant impact on workload, contributing 44.79%.

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

Pendahuluan

Beban kerja (workload) merupakan kondisi yang muncul sebagai hasil interaksi antara tuntutan tugas, pengaruh faktor-faktor di tempat kerja, serta kemampuan, sikap, dan perilaku pekerja dalam merespons tuntutan tersebut[1]. Secara konseptual, beban kerja tidak berdiri sebagai satu dimensi tunggal, melainkan mencakup ketegangan fisik dan ketegangan mental yang dapat timbul secara simultan[2]. Oleh karena itu, beban kerja yang diterima pekerja idealnya berada dalam kondisi seimbang dengan kapasitas fisik dan kapasitas kognitif yang dimiliki, karena ketidakseimbangan antara tuntutan pekerjaan dan kapasitas pekerja berpotensi memunculkan kelelahan, penurunan performa, serta meningkatnya peluang terjadinya kesalahan kerja. Dalam kerangka ergonomi dan manajemen kerja, keseimbangan tersebut menjadi prasyarat penting agar produktivitas, keselamatan, dan keberlanjutan kesehatan pekerja dapat terjaga secara optimal[3].

Dalam konteks pengukuran, workload dapat dipahami sebagai besarnya usaha yang diperlukan seseorang untuk memenuhi "permintaan" pekerjaan. Sebaliknya, kemampuan manusia untuk menanggung dan merespons tuntutan pekerjaan dikenal sebagai kapasitas (capacity)[4]. Kapasitas ini dapat ditinjau melalui indikator fisik maupun mental, karena keadaan fisik dan mental pekerja merefleksikan kesiapan tubuh dan kognisi dalam menghadapi tuntutan kerja. Dengan demikian, beban kerja yang dipermasalahkan dalam studi ergonomi pada dasarnya merupakan ukuran proporsional seringkali dinyatakan sebagai persentase dari kapasitas terbatas pekerja yang digunakan untuk melaksanakan tugas tertentu[5]. Secara lebih operasional, beban kerja juga dapat dipahami sebagai sejumlah pekerjaan yang harus diselesaikan oleh individu atau

kelompok dalam kurun waktu tertentu, pada kondisi kerja tertentu[6]. Definisi operasional ini menegaskan bahwa beban kerja bukan hanya persoalan “banyaknya pekerjaan”, tetapi juga terkait dengan batas waktu, karakteristik tugas, serta kondisi dan sumber daya yang menyertai pekerjaan tersebut[7].

Pemberian beban kerja yang tidak selaras dengan kapasitas pekerja berpotensi menghasilkan konsekuensi yang luas. Pada satu sisi, beban kerja yang melampaui kapasitas dapat meningkatkan ketegangan fisiologis dan psikologis, yang kemudian berimplikasi pada kelelahan, ketidaknyamanan kerja, serta penurunan kualitas pelaksanaan tugas[8]. Di sisi lain, beban kerja yang tidak terukur dan tidak terkelola juga dapat menyulitkan organisasi dalam menetapkan kebutuhan tenaga kerja, menyusun pembagian tugas, serta menentukan intervensi perbaikan berbasis bukti[9]. Oleh sebab itu, pengukuran beban kerja menjadi aspek krusial untuk memastikan bahwa tuntutan pekerjaan yang diberikan kepada karyawan berada pada tingkat yang wajar dan dapat ditangani sesuai kapasitasnya[10].

Kapasitas pekerja sendiri dipengaruhi oleh beragam faktor individual dan kondisi yang saling terkait. Tingkat keterampilan, kebugaran fisik, kondisi gizi, jenis kelamin, umur, serta ukuran tubuh pekerja merupakan faktor yang dapat memengaruhi kemampuan seseorang dalam menghadapi tuntutan pekerjaan. Variasi faktor-faktor tersebut menyebabkan respons pekerja terhadap beban kerja juga berbeda-beda, meskipun jenis tugas yang dikerjakan serupa[11]. Dengan demikian, untuk menentukan apakah upaya kerja yang dibebankan kepada karyawan sudah tepat, diperlukan pengukuran dan/atau penghitungan beban kerja. Pengukuran beban kerja tidak hanya berperan untuk mengetahui tingkat beban yang dialami pekerja, tetapi juga memungkinkan peneliti maupun organisasi untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap beban kerja serta menilai peluang pengurangan atau pengendaliannya melalui pendekatan perbaikan kerja[12].

Penelitian ini diselenggarakan untuk menguraikan tingkat beban kerja fisik dan mental pada karyawan PT SPLN Pasuruan, serta meninjau faktor-faktor lain yang dapat memberi pengaruh terhadap beban kerja yang dialami pekerja. Dalam praktiknya, beban kerja fisik dan beban kerja mental memiliki karakteristik yang berbeda sehingga membutuhkan pendekatan pengukuran yang sesuai. Beban kerja fisik berkaitan dengan respons fisiologis tubuh terhadap aktivitas kerja, sedangkan beban kerja mental berhubungan dengan tuntutan kognitif dan psikologis saat pekerja memproses informasi, mempertahankan perhatian, mengambil keputusan, mengelola tekanan waktu, dan menjaga performa di bawah tuntutan pekerjaan. Karena itu, kajian yang mengintegrasikan kedua dimensi ini penting agar gambaran beban kerja yang diperoleh lebih komprehensif dan relevan untuk perumusan rekomendasi[13].

Berbagai metode dapat digunakan untuk mengukur beban kerja fisik, salah satunya adalah teknik analisis Cardiovascular Load (CVL) yang menilai beban kerja fisik melalui indikator kardiovaskular. CVL pada umumnya digunakan untuk merepresentasikan tingkat pembebanan fisik berdasarkan perubahan denyut nadi kerja terhadap kondisi dasar pekerja, sehingga memberikan gambaran kuantitatif mengenai tuntutan fisik yang dialami selama aktivitas kerja. Sementara itu, metode NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index) digunakan untuk memperkirakan beban kerja mental melalui penilaian multi-dimensi. NASA-TLX mengakomodasi aspek-aspek tuntutan kerja yang bersifat kognitif dan psikologis sehingga mampu menangkap persepsi pekerja terhadap beban kerja mental yang dialaminya selama melaksanakan tugas. Pemilihan CVL dan NASA-TLX dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pemetaan beban kerja fisik dan mental secara lebih utuh, serta menjadi dasar yang kuat untuk evaluasi dan perbaikan sistem kerja yang lebih efektif.

Dengan demikian, penelitian ini menempatkan pengukuran beban kerja sebagai instrumen penting untuk menilai kesesuaian tuntutan pekerjaan terhadap kapasitas pekerja, sekaligus sebagai dasar untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan beban kerja di lingkungan kerja. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi empiris mengenai tingkat beban kerja fisik dan mental pada karyawan PT SPLN Pasuruan serta menjadi masukan bagi upaya pengendalian beban kerja melalui rekomendasi yang berbasis data. Meskipun berbagai penelitian telah membahas beban kerja fisik dan mental di lingkungan industri, kajian yang mengintegrasikan metode Cardiovascular Load (CVL) dan NASA-TLX secara simultan masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks kebijakan lembur pada industri manufaktur skala menengah. Selain itu, bukti empiris yang secara langsung mengaitkan kondisi lembur dengan tingkat kelelahan serta absensi karyawan juga belum banyak dilaporkan secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengisi celah tersebut dengan menyajikan analisis terintegrasi beban kerja fisik dan mental sebagai dasar evaluasi kebijakan kerja yang lebih berbasis bukti.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain studi deskriptif observasional dalam bidang ergonomi. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi terhadap kondisi kerja aktual yang dialami oleh karyawan PT SPLN Pasuruan, tanpa pemberian perlakuan atau intervensi tertentu kepada subjek penelitian. Pendekatan deskriptif dipilih karena studi ini tidak bertujuan untuk menguji hubungan kausal atau pengaruh antarvariabel, melainkan untuk memetakan kondisi beban kerja fisik dan mental karyawan. Pemetaan tersebut dilakukan melalui pengukuran beban kerja fisik menggunakan metode Cardiovascular Load (CVL) serta beban kerja mental menggunakan metode NASA Task Load Index (NASA-TLX), yang selanjutnya digunakan sebagai dasar evaluasi ergonomi dan rekomendasi perbaikan sistem kerja.

Metode CVL (Cardiovascular Load)

CVL ialah metode yang menggunakan perbandingan kenaikan denyut nadi diwaktu melakukan aktivitas kerja dan denyut nadi maksimal guna mengidentifikasi beban kerja fisik. Menurut kenaikan denyut nadi kerja terhadap denyut nadi maksimal ditunjukkan oleh beban pada kardiovaskular klasifikasi beban kerja dapat ditentukan. Dengan menggunakan pendekatan 10 denyut, pengukuran denyut jantung saat bekerja adalah salah satu cara untuk mengukur ketegangan kardiovaskular[14]. Terdapat dua macam jenis denyut nadi yang akan diukur, diantaranya detak nadi selama istirahat (sebelum pekerja memulai pekerjaannya) dan detak nadi kerja (selama pekerja melakukan pekerjaannya), kemudian dilakukan perhitungan CVL. Pendekatan Cardiovascular Load (CVL), yang menggunakan denyut nadi sebagai media, merupakan contoh pengukuran tidak langsung yang digunakan dalam evaluasi beban kerja fisik. Jika Grafik Elektrokardio (ECG) tidak tersedia, denyut nadi dapat dihitung secara manual lewat sentuhan sumber denyut nadi, yang dapat berupa pergelangan tangan atau leher, sambil menggunakan pengatur waktu[15]. Ini dikenal sebagai pendekatan 10 denyut. untuk kemudian ditransformasikan menggunakan rumus di bawah ini:

$$Denyut\ Nadi\ (DPM) = \frac{10}{Waktu\ 10\ denyut\ nadi} \times 60 \tag{1}$$

Naiknya denyut nadi memainkan peranan pokok didalam menaikkan curah jantung atau cardiac output dari keadaan istirahat sampai keadaan bekerja maksimal. Lalu, beban kerja diklasifikasikan menurut kenaikan denyut nadi diwaktu aktivitas kerja terhadap denyut nadi optimal/maksimal yang disebabkan oleh beban kardiovaskular (CVL), ditentukan lewat rumus seperti pada dibawah ini:

$$CVL = \frac{(Denyut\ nadi\ kerja - Denyut\ Nadi\ Istirahat)}{(Denyut\ Nadi\ Maksimal - Denyut\ Nadi\ Istirahat)} \times 100 \tag{2}$$

Selanjutnya, hasil penghitungan CVL dibanding pada menggunakan kriteria berikut ini:

Tabel 1. Kriteria CVL

CVL	Mengatasi
$X \leq 30\%$	Tak ada kelelahan
$30\% \leq X \leq 60\%$	Dibutuhkan perbaikan
$60\% \leq X \leq 80\%$	Kerja didalam waktu pendek
$80\% \leq X \leq 100\%$	Dibutuhkan penanganan secepatnya
$X > 60\%$	Tak diijinkan beraktivitas

Metode NASA – TLX

Lowell E. Staveland dan Sandra G. Staveland menciptakan teknik NASA-TLX pada tahun 1981. Pendekatan ini memperhitungkan enam skala untuk menunjukkan besarnya beban kerja pada mental yang terjadi pada seseorang. NASA TLX ialah teknik atau metode guna menilai beban kerja pada mental yang ditanggung sama karyawan yang haruslah menyelesaikan bermacam bagian dan tanggung jawab pada pekerjaannya[16]. Sejumlah karyawan dipilih untuk mengisi kuesioner yang mencakup informasi terkait keperluan mental pekerja (mental demand), keperluan fisik (physical demand), keperluan waktu (temporal demand), performansi, tingkatan frustrasi (frustasion level) juga upaya yang diselenggarakan pekerja (effort) mereka sebagai bagian dari teknik pemeriksaan pekerja NASA-TLX[17]. Kuisisioner ini mencakup skala yang dapat diisi oleh karyawan untuk menunjukkan apa yang mereka rasakan sehingga peringkat atau level dapat ditentukan di mana karyawan merasa terlalu banyak bekerja atau perlu mengerahkan lebih banyak upaya.

Mengetahui seberapa besar beban mental yang dialami karyawan dapat menjadi informasi untuk pengambilan keputusan di masa depan. Faktor-faktor yang memiliki dampak terbesar pada beban mental di lapangan yang paling terlihat juga dapat diidentifikasi melalui pengukuran. Tindakan berikut ini perlu dilakukan untuk menghitung metode NASA-TLX :

Pembobotan

Didalam bagian yang akan dijabarkan, para pekerja diminta guna memilih satu diantara dari dua indikator yang menurut mereka memiliki dampak yang lebih besar pada tekanan mental yang mereka alami di tempat kerja. Terdapat 15 perbandingan dalam kuesioner NASA-TLX, yang didistribusikan secara berpasangan. Skor keseluruhan dari setiap variabel pada kuesioner terbukti lebih berdampak. Setiap variabel mental work load diberi bobot berdasarkan total tally.

Tabel 2. Kuisisioner Pembobotan

No	Indikator Berpasangan
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)

Pemberian Rating

Setiap deskriptor sekarang diberi angka antara 1 sampai dengan 100, dan pekerja kemudian akan memberikan angka berdasarkan jumlah pekerjaan yang dirasakan atau dilakukannya.

Tabel 3. Kuisoner Pemberian Rating

Skala	Penjelasan
Kebutuhan Mental (KM)	Berapa tingkat kegiatan mental serta perseptual yang diperlukan guna melihat, mengingat juga mencari. Menurut anda kegiatan itu gampang ataupun sukar, sempel ataupun kompleks, 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

Memperhitungkan angka indikator

Nilai ini dihitung menggunakan cara mengalihkan nilai rating dan nilai bobot faktor pada setiap deskriptor. Terkait hal itu, perhitungan ini menghasilkan sejumlah 6 nilai produk pada 6 parameter (KM, KF, KW, P, TF, dan TU)[18].

$$\text{Produk} = \text{rating} \times \text{bobot aspek} \quad (3)$$

Pengukuran *Weighted Workload* (WWL)

Pengukuran WWL didapatkan melalui melakukan penjumlahan ke 6 nilai produk[19]. $WWL = \sum \text{produk}$

Perhitungan Rata-rata *Weighted Workload* (WWL)

Untuk mencari rata-rata WWL dihasilkan lewat pembagian WWL disertai jumlah banyaknya bobot total[20].

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

Interpretasi Hasil Nilai Skor

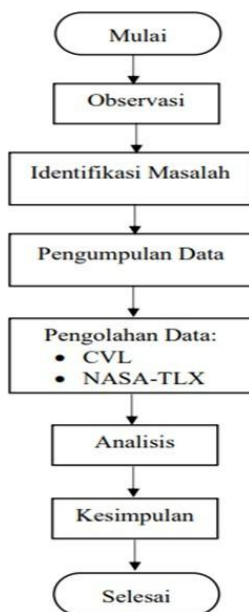
Komponen ini menggunakan skor penilaian akhir untuk menetapkan aspek beban kerja. Dalam interpretasi NASA- TLX, klasifikasi dan nilai dapat dilihat pada table interpretasi skor[21].

Tabel 4. Interpretasi Skor

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

Alur Penelitian

Berikut ini ialah gambar alur penelitian yang diselenggarakan di PT SPLN yang bisa diperhatikan dalam gambar 1 sebagai berikut yakni:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Pengukuran Metode CVL

Pengukuran denyut jantung dilakukan pada dua kondisi berbeda, yakni saat istirahat dan saat bekerja, guna mengevaluasi respons fisiologis terhadap tuntutan beban kerja. Denyut jantung istirahat diukur sebelum dimulainya aktivitas sebagai nilai dasar (*baseline*), sementara denyut jantung kerja direkam selama subjek melaksanakan tugas pada kondisi operasional yang representatif. Seluruh parameter denyut jantung dinyatakan dalam satuan denyut per menit (DPM). Selain itu, denyut jantung maksimal ditetapkan sebagai parameter acuan dalam kalkulasi persentase *Cardiovascular Load* (CVL). Ringkasan data denyut jantung istirahat, kerja, dan maksimal disajikan secara rinci pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Denyut Nadi Kerja, Denyut Nadi Istirahat serta Denyut maksimal

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	Laki-laki	35	86	107	185

		Produksi					
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

Tahap analisis selanjutnya melibatkan kalkulasi persentase *Cardiovascular Load* (CVL) bagi setiap responden dengan mengekstrapolasi data denyut jantung yang tercantum pada Tabel 5. Estimasi CVL dilakukan melalui normalisasi selisih antara denyut jantung kerja dan istirahat terhadap kapasitas cadangan jantung (selisih antara denyut jantung maksimal dan istirahat). Hasil perhitungan tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan standar kriteria CVL untuk menentukan tingkat beban kerja fisik pada masing-masing subjek, sebagaimana dipaparkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Presentase CVL serta Pengklasifikasian

No	Nama Karyawan	Posisi	Jenis Kelamin	Usia	Presentase CVL	Klasifikasi
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	Laki-laki	32	31,63	Dibutuhkan perbaikan
2	Hariato	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 Farihul 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

Pengukuran Metode NASA-TLX

Hasil pembobotan

Fase inisiasi dalam pengukuran beban kerja menggunakan instrumen NASA-TLX melibatkan proses pembobotan (*weighting*) melalui teknik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Instrumen evaluasi didistribusikan kepada 16 personel di PT SPLN, di mana setiap responden diinstruksikan untuk menentukan indikator yang paling kontributif terhadap beban kerja dari setiap pasangan variabel yang tersedia. Output dari tahap ini adalah nilai *tally* untuk setiap dimensi Beban Mental (KM), Beban Fisik (KF), Kebutuhan Waktu (KW), Performa (P), Tingkat Usaha (TF), dan Tingkat Frustrasi (TU) yang merepresentasikan frekuensi preferensi responden dalam perbandingan berpasangan tersebut. Distribusi skor pembobotan untuk seluruh responden dirangkum secara komprehensif pada Tabel 7.

Tabel 7. Temuan Kuisioner Pembobotan

No	Nama	Posisi	Umur	KM	KF	Indikator		TF	TU
						KW	P		
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	32	3	2	4	2	3	1
2	Hariato	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 Farihul 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

Hasil Pemberian Rating

Setelah fase pembobotan, dilakukan penilaian peringkat terhadap dimensi-dimensi NASA-TLX untuk menangkap variabilitas beban kerja subjektif pada setiap pekerja. Responden memberikan skor pada skala ordinal 0–100 untuk masing-masing indikator, yang mencerminkan derajat kontribusi setiap dimensi terhadap total beban kerja yang dirasakan. Skor yang lebih tinggi mengindikasikan tekanan kerja yang lebih signifikan pada variabel tersebut. Ringkasan hasil penilaian peringkat untuk seluruh sampel penelitian disajikan secara detail pada Tabel 8.

Tabel 8. Temuan Kuesioner Pengisian Rating

No	Nama	Bagian	Umur	Indikator					
				KM	KF	KW	P	TF	TU
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	32	80	40	70	60	40	80
2	Hariato	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

Tabel Penghitungan Nilai Produk, Weighted Workload, Rata – Rata Weighted Workload Juga Pengkategorian

Seusai responden memberikan nilai pemeringkatan serta bobot untuk tiap aspek, langkah-langkah berikut diambil. pertama, nilai produk dihitung lewat langkah mengalikan nilai produk dengan nilai pemeringkatan. Langkah berikutnya adalah mencari nilai weighted workload (WWE), dihitung menggunakan cara menambahkan semua nilai produk untuk setiap indikator. Langkah terakhir adalah menghitung rata – rata weighted workload (WWE) yang dihitung lewat langkah membagi nilai WWE tersebut dengan 15. dan akhirnya, pengkategorian skor NASA-TLX ditentukan lewat klasifikasi skor.

Tabel 9. Temuan Penghitungan Nilai Produk serta WWE

No.	Nama	Posisi	WWE	Rata-rata WWE	Klasifikasi
1	Zainal Arifin	Operator Produksi	920	61,33	Tinggi
2	Hariato	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 kategorisasi tingkat beban kerja mental pada keenambelas responden ditetapkan, tahap selanjutnya melibatkan analisis komparatif antar dimensi NASA-TLX guna mengidentifikasi determinan utama yang mengonstruksi beban kerja tersebut. Prosedur ini dilakukan dengan mengestimasi kontribusi relatif dari masing-masing dimensi, yang diturunkan dari hasil perkalian antara bobot (tally) dan peringkat (rating). Nilai tersebut kemudian dinormalisasi terhadap total bobot untuk menghasilkan parameter yang terstandarisasi, sehingga memungkinkan perbandingan objektif mengenai intensitas kontribusi antar dimensi. Rekapitulasi distribusi kontribusi setiap dimensi NASA-TLX dipaparkan secara mendalam pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Perbandingan Tiap-tiap Aspek NASA-TLX

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

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan persentase CVL, responden nomor 6 menunjukkan beban kerja fisik tertinggi dengan nilai 35,35%, sedangkan responden nomor 9 memiliki beban kerja fisik terendah sebesar 17,54%. Secara umum, hasil klasifikasi CVL menunjukkan bahwa 10 karyawan berada pada kategori tidak terjadi kelelahan, sementara 6 karyawan berada pada kategori dibutuhkan perbaikan. Kelompok yang memerlukan perbaikan tersebut didominasi oleh pekerja pada posisi operator produksi, serta terdapat satu responden dari bagian proses pengecatan. Temuan ini mengindikasikan bahwa karakteristik aktivitas kerja pada operator produksi cenderung menghasilkan pembebanan fisik yang lebih tinggi dibanding beberapa bagian lainnya, sehingga perlu mendapat perhatian dalam pengelolaan beban kerja fisik, misalnya melalui evaluasi metode kerja, pengaturan ritme kerja, dan kecukupan waktu pemulihan.

Selanjutnya, berdasarkan pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX, diperoleh bahwa 11 pekerja tergolong dalam kategori tinggi dan 5 pekerja tergolong sangat tinggi. Lima pekerja dengan kategori sangat tinggi tersebut terdiri atas 2 orang operator produksi, 2 orang operator proses treatment, dan 1 orang operator banding. Hasil ini menunjukkan bahwa beban kerja mental pada sebagian besar responden berada pada tingkat yang relatif tinggi, yang dapat berkaitan dengan tuntutan pekerjaan seperti kebutuhan mempertahankan performa, tuntutan fisik, serta upaya yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Berdasarkan analisis perbandingan tiap aspek NASA-TLX (Tabel 10), faktor Performa (P) merupakan dimensi yang paling dominan dengan nilai 44,79, diikuti oleh Kebutuhan Fisik (KF) sebesar 42,18, dan Tingkat Usaha (TU) sebesar 41,11. Dominansi faktor performa mengindikasikan adanya tekanan untuk mencapai hasil kerja sesuai target atau standar yang dirasakan kuat oleh pekerja. Sementara itu, tingginya kebutuhan fisik dan tingkat usaha menunjukkan bahwa beban mental yang dirasakan juga berkaitan erat dengan tuntutan kerja yang memerlukan energi serta intensitas usaha yang besar. Dengan demikian, upaya perbaikan sebaiknya tidak hanya difokuskan pada pengurangan beban fisik, tetapi juga pada pengelolaan tuntutan performa dan peningkatan dukungan kerja agar beban mental dapat dikendalikan secara lebih efektif.

Simpulan

Berdasarkan penelitian, pekerja operator produksi beranggapan bahwa pekerjaannya menuntut tingkat tuntutan fisik yang besar. Hal itu dibuktikan dengan diselenggarakan uji beban kerja fisik memakai perhitungan denyut nadi kardiovaskular (CVL), yang menemukan kelelahan fisik yang punya presentase hampir semua pekerja operator produksi di atas 30%. Hal itu semakin dikuatkan dengan pengesanan beban kerja mental memakai metode NASA-TLX pada aspek kebutuhan fisik (KF) yang berada di peresentase terbesar kedua yang punya persentase di angka 42,18%, serta mendapatkan dua pekerja operator produksi yang memiliki klasifikasi sangat tinggi. Sedangkan, faktor performansi menempati posisi terbesar, dengan persentase tertinggi sebesar 44,79%. Mengurangi jam kerja, menambah unit bantuan kerja, menambah staf di bagian operator produksi, dan pembagian tugas yang lebih baik adalah beberapa perubahan yang disarankan untuk mengurangi beban fisik dan mental pada karyawan..

Daftar Pustaka

- [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. Vataki, “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,” *Pros. 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,” *Inst. Teknol. Indones.*, 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 J. Transp. Logist.*, 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 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 Manufacturing : A Systematic Literature Review And A Conceptual Optimization Model Review And A Conceptual Optimization Model,” *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,” *Comput. Educ. X Real.*, 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," *Am. J. Surg.*, Vol. 235, No. January, P. 115691, 2024, Doi: 10.1016/J.Amjsurg.2024.02.034.
- [20] Z. Sadat, J. Hosseini, H. R. Mokhtarinia, And M. Vahedi, "Prevalence And Multivariate Analysis Of Risk Factors Associated With Musculoskeletal Disorders Among Automotive Assembly Workers : A Cross-Sectional Study," 2025.
- [21] 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.