



# Pengukuran Beban Kerja Mental dan Fisik Operator Mesin *Die Casting* pada Shift Malam dengan Menggunakan Metode Nasa-TLX, CVL dan FTA

Alfin Kurnia Setiawan<sup>1\*</sup>, Ayudyah Eka Apsari<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [alfinkurniasetiawan28@gmail.com](mailto:alfinkurniasetiawan28@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract.** PT. MMP is a metal manufacturing company engaged in casting, forging, and machining processes with a three-shift work system, including night shifts that may increase mental and physical workload due to disruptions in workers' biological rhythms. This study aims to analyze the mental and physical workload of die casting machine operators during the night shift and to propose improvement measures using the Fault Tree Analysis (FTA) method. The study involved 23 operators, with mental workload assessed using NASA-TLX and physical workload measured using CVL. The results indicate that mental workload falls into high to very high categories, with WWL values ranging from 46.6 to 97.3, where 12 operators experienced very high mental workload. The dominant contributing dimensions were effort, physical demand, and temporal demand. Meanwhile, physical workload ranged from 19.48% to 36.36% CVL, with most operators not experiencing fatigue. Although physical workload remains within acceptable limits, the high mental workload indicates the need for improvements. FTA analysis identified key contributing factors, including work methods, work systems, ergonomics, machine conditions, and the work environment. Proposed improvements include job rotation, improvements in work methods and task distribution, adjustments to the work system, enhanced machine maintenance, and ergonomics-based workplace improvements.

**Keywords:** CVL; FTA; Mental Workload; NASA-TLX; Physical Workload.

**Abstrak.** PT. MMP merupakan perusahaan manufaktur logam yang bergerak pada proses *casting, forging*, dan *machining* dengan sistem kerja tiga shift, termasuk shift malam yang berpotensi meningkatkan beban kerja mental dan fisik akibat perubahan ritme biologis pekerja. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat beban kerja mental dan fisik operator mesin *die casting* pada shift malam serta merumuskan usulan perbaikan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Penelitian dilakukan terhadap 23 operator dengan metode NASA-TLX untuk beban kerja mental dan CVL untuk beban kerja fisik. Hasil penelitian menunjukkan beban kerja mental berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi dengan nilai WWL 46,6–97,3, di mana 12 operator termasuk kategori sangat tinggi. Dimensi dominan yang memengaruhi beban kerja mental adalah *effort, physical demand*, dan *temporal demand*. Sementara itu, beban kerja fisik berada pada rentang %CVL 19,48%–36,36%, dengan mayoritas operator tidak mengalami kelelahan. Meskipun beban kerja fisik masih dapat diterima, tingginya beban kerja mental menunjukkan perlunya perbaikan. Analisis FTA mengidentifikasi faktor penyebab utama meliputi metode kerja, sistem kerja, ergonomi, kondisi mesin, dan lingkungan kerja. Usulan perbaikan meliputi *job rotation*, perbaikan metode dan pembagian tugas, penyesuaian sistem kerja, peningkatan perawatan mesin, serta perbaikan lingkungan kerja berbasis ergonomi.

**Kata kunci:** Beban Kerja Fisik; Beban Kerja Mental; CVL; FTA; NASA-TLX.

## 1. LATAR BELAKANG

Manusia menggunakan kemampuan fisik dan mental dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, di mana besarnya tenaga fisik dan pemikiran yang dikeluarkan bergantung pada tingkat kesulitan pekerjaan yang dilakukan (Arasyandi & Bakhtiar, 2016). Beban kerja yang diterima pekerja dapat memengaruhi performa kerja, salah satunya stres kerja. Stres ini dapat terjadi karena berbagai faktor, termasuk beban kerja mental (Diniari, 2019). Berdasarkan hasil wawancara dengan dua pekerja bagian K3 dan CCR di PT. PJB UP Paiton, diperoleh temuan bahwa salah satu pekerja mengalami kesulitan tidur, hilang konsentrasi terutama saat shift

malam, serta rasa jenuh yang mengindikasikan gejala stres kerja, sejalan dengan temuan penelitian yang mengindikasikan adanya hubungan yang signifikan antara beban kerja mental dan sistem kerja shift terhadap tingkat stres kerja (Hasan et al., 2018). Beban kerja mental adalah sejauh mana tuntutan tugas sesuai dengan kemampuan mental pekerja, yang meski tampak ringan secara fisik justru lebih berat karena dominan melibatkan fungsi otak (Nata, Pawitra, & Gunawan, 2025). Sementara itu, beban kerja fisik berkaitan dengan penggunaan tenaga otot dan diukur dari energi yang dikeluarkan (Suriadi et al., 2024).

Metode NASA-TLX yang dikembangkan Hart dan Staveland pada tahun 1981 merupakan instrumen pengukuran beban kerja subjektif yang mudah digunakan namun sensitif. Metode ini mengevaluasi enam dimensi, meliputi kebutuhan mental, kebutuhan fisik, kebutuhan waktu, tingkat performansi, usaha yang dikeluarkan, serta tingkat stres, sehingga mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai beban kerja mental individu (Dausat & Puspitasari, 2024). Sementara itu, pendekatan %CVL (*Cardiovascular Load*) digunakan untuk menilai beban kerja fisik melalui pengukuran denyut nadi karyawan, sehingga dapat menggambarkan tingkat usaha fisik yang dikeluarkan (Surbakti & Zetli, 2023). Metode NASA-TLX digunakan untuk mengukur beban kerja mental yang mencerminkan aspek kognitif dan psikologis operator, sedangkan metode CVL digunakan untuk mengukur beban kerja fisik berdasarkan respon fisiologis tubuh.

Aktivitas kerja pada shift malam terbukti menimbulkan peningkatan kelelahan, penurunan konsentrasi, serta gangguan pada pola tidur yang pada akhirnya berpengaruh terhadap tingkat produktivitas dan keselamatan kerja (Pardyani & Susilowati, 2024). Selain itu, tuntutan pekerjaan yang tinggi, lingkungan kerja yang tidak mendukung, serta tekanan mental dalam menyelesaikan target produksi dapat menyebabkan peningkatan beban kerja, baik secara fisik maupun mental, dibandingkan shift kerja lainnya (Simanjuntak, Yusuf, & Setty, 2022). Penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa usia, masa kerja, kualitas tidur, serta beban kerja mental dan fisik berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelelahan yang dialami pekerja (Maharlita, Natsir, & Almas, 2024). Oleh karena itu, pengukuran beban kerja mental dan fisik pada pekerja shift malam perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kondisi kerja memengaruhi kesehatan dan kinerja pekerja, sehingga perusahaan dapat merumuskan strategi pengelolaan beban kerja yang tepat demi meningkatkan efisiensi dan kesejahteraan pekerja.

Sebagai salah satu perusahaan manufaktur logam berskala besar di Indonesia PT. MMP menunjukkan komitmen yang tinggi terhadap kualitas dan inovasi. Dengan kompetensi pada proses *casting*, *forging*, dan *machining*, perusahaan ini mampu menghasilkan komponen otomotif dengan dukungan teknologi canggih serta tenaga kerja yang kompeten, sehingga

dapat memenuhi kebutuhan industri otomotif, alat berat, dan manufaktur umum. Dalam operasionalnya, PT. MMP menerapkan sistem kerja tiga shift, yaitu shift pagi pukul 07.30–15.30, shift siang pukul 15.30–23.30, dan shift malam pukul 23.30–07.30. Sistem kerja bergilir tersebut berpotensi menambah beban kerja mental dan fisik akibat perubahan jam biologis, yang dapat memengaruhi kondisi kesehatan maupun kinerja pekerja.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi yang dialami pekerja dengan mengidentifikasi tingkat beban kerja mental dan fisik, sehingga perusahaan dapat merumuskan strategi perbaikan yang efektif dalam upaya mengurangi beban kerja operator mesin *die casting* pada shift malam di PT. MMP. Metode penelitian yang digunakan yaitu NASA-TLX (*National Aeronautics and Space Administration Task Load Index*) dan CVL (*Cardiovascular Load*) untuk mengidentifikasi kondisi beban kerja yang dialami serta metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab dan merumuskan perbaikan yang efektif.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Beban Kerja**

Menurut (Yul & Setiyawan, 2021) beban kerja adalah kondisi pekerjaan yang mencakup beberapa tugas yang harus dikerjakan sesuai target atau tenggat waktu tertentu. Mengingat kerja manusia bersifat mental dan fisik, maka masing-masing mempunyai tingkat pembebanan yang berbeda-beda. Tingkat pembebanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penggunaan energi yang berlebihan dan menimbulkan kondisi *overstress*, sedangkan intensitas pembebanan yang terlalu rendah berpotensi menimbulkan rasa bosan, kejenuhan, atau *understress*. (Yuslistyari, Hasanah, & Andhika, 2022).

### **Beban Kerja Mental**

Beban kerja mental didefinisikan sebagai selisih antara tuntutan pekerjaan dengan kapasitas maksimum yang dimiliki individu dalam kondisi termotivasi (Henry, 1988). Aspek psikologis dalam suatu pekerjaan bersifat dinamis dan dapat berubah dari waktu ke waktu, di mana perubahan tersebut dipengaruhi oleh faktor internal yang berasal dari dalam diri pekerja maupun faktor eksternal yang berasal dari lingkungan kerja (Hancock & Meshkati, 1988).

### **Beban Kerja Fisik**

Beban kerja fisik merupakan beban yang diterima pekerja sebagai akibat dari pelaksanaan suatu pekerjaan. Aktivitas kerja manusia terdiri atas kerja fisik dan kerja mental yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan secara sempurna. Beban kerja fisik merupakan jenis beban kerja yang menggunakan energi otot sebagai sumber tenaga utama, di

mana tingkat intensitas pekerjaan ditentukan berdasarkan konsumsi energi. Aktivitas kerja fisik dapat menimbulkan perubahan fisiologis tubuh, terutama yang ditunjukkan melalui peningkatan denyut nadi. Oleh karena itu, pengukuran beban kerja fisik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode penilaian tidak langsung melalui perhitungan denyut nadi selama aktivitas kerja. Metode ini bersifat praktis, menggunakan peralatan sederhana, dan efisien dari segi biaya. Tingkat beban kerja fisik ditentukan dengan menggunakan metode *Cardiovascular Load* (%CVL), yaitu perbandingan antara denyut nadi kerja dan denyut nadi maksimum (Handika, Yuslistyari, & Hidayatullah, 2020).

### 3. METODE PENELITIAN

Berikut ini tahapan dalam melakukan pengukuran menggunakan metode NASA-TLX:

#### *Pembobotan*

Dalam pengisian kuesioner, responden memilih indikator beban kerja mental yang dianggap paling dominan melalui proses perbandingan berpasangan. Total kombinasi perbandingan antar enam dimensi berjumlah 15.

#### *Pemberian Rating*

Pada tahap ini pekerja diberikan instruksi untuk menilai enam aspek dengan memberikan skor tertentu indikator beban kerja mental NASA-TLX dengan cara memberi nilai rating sesuai skala yang ada pada setiap indikator.

#### *Menghitung Nilai Produk*

Nilai produk diperoleh dengan mengalikan skor rating dengan nilai bobot pada masing-masing dimensi indikator NASA-TLX:

$$\text{Produk} = \text{Rating} \times \text{Bobot Faktor}$$

#### *Menghitung Wighted Workload (WWL)*

Perhitungan *Wighted Workload* (WWL) didapat dari hasil penjumlahan keenam nilai produk:

$$\text{Wighted Workload (WWL)} = \sum \text{Nilai Produk}$$

#### *Menghitung nilai rata-rata Wighted Workload (WWL)*

Didapat dari pembagian nilai *Wighted Workload* (WWL) dengan jumlah bobot total.

$$\text{Skor} = \frac{\sum \text{Nilai Produk}}{15}$$

#### *Interprestasi Skor*

Dari total nilai rata-rata *Wighted Workload* (WWL) yang didapatkan, kemudian nilai rata-rata tersebut disesuaikan dengan *range* tingkatan beban kerja mental.

No.	Skor	Kategori Beban Kerja
1.	0-9	Rendah
2.	10-29	Sedang
3.	30-49	Agak Tinggi
4.	50-79	Tinggi
5.	80-100	Sangat Tinggi

**Gambar 1.** Interpretasi Skor.

**Berikut ini Merupakan Tahapan Penelitian Menggunakan Metode *Cardiovascular Load* (CVL)**

Pengukuran denyut nadi merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain* (Yuslistyari et al., 2022). Perhitungan beban kerja fisik menggunakan presentase *Cardiovascular Load* (%CVL) yang didapatkan dari denyut nadi permenit operator yang diukur menggunakan *pulse oxymeter* atau dilakukan dengan cara manual menggunakan alat bantu stopwatch menggunakan metode 10 denyut (Yul & Setiyawan, 2021), dengan rumus berikut :

$$\text{Denyut Nadi} \left( \frac{\text{denyut}}{\text{menit}} \right) = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60$$

Manuaba dan Vanwonderghem (1996) menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskular (*Cardiovascular Load* = %CVL) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\%CVL = \frac{100 \times (\text{denyut nadi kerja} - \text{denyut nadi istirahat})}{\text{denyut nadi maksimum} - \text{denyut nadi istirahat}}$$

Selanjutnya data hasil pengukuran denyut nadi operator diolah dengan menentukan denyut nadi kerja maksimal. Berdasarkan nilai tersebut, dilakukan perhitungan untuk memperoleh persentase *Cardiovascular Load* (%CVL), yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kategori beban kerja yang sesuai. Dimana menurut (Tarwaka, 2004) rumus denyut maksimum adalah :

- a. Denyut Nadi Maksimum Laki- laki = 220 – Usia
- b. Denyut Nadi Maksimum Perempuan = 200 – Usia

Dari hasil perhitungan %CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi sebagai berikut :


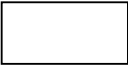


Kategori	%CVL	Keterangan
Ringan	< 30%	Tidak terjadi kelelahan
Sedang	30% - 60%	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Agak Berat	60% - 80%	Bekerja dalam waktu singkat
Berat	80% - 100%	Perlu perbaikan segera
Sangat Berat	> 100%	Tidak boleh melakukan aktivitas kerja

**Gambar 2.** hasil perhitungan %CVL.

### Tahapan Penelitian Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

*Fault Tree Analysis* (FTA) berperan sebagai alat diagnostik dalam mengevaluasi sistem kerja serta merumuskan strategi mitigasi risiko yang lebih tepat sasaran. Secara keseluruhan, pendekatan sistem dalam analisis risiko kerja dan produksi terbukti penting untuk meningkatkan efektivitas pengendalian bahaya, memperkuat budaya keselamatan, serta menjaga keberlanjutan operasional perusahaan (Wulandari, Suwanto, Naomi, & Setiawan, 2025).

Tahap pertama untuk menyusun diagram FTA adalah menentukan top event dimana top event adalah titik awal dalam analisis FTA. Tahap kedua adalah mendefinisikan suatu masalah secara deskriptif untuk mengidentifikasi kejadian yang berkontribusi secara langsung pada top event. Tahap ketiga adalah menyusun diagram sesuai dengan analisis menurut kejadian yang berkontribusi hingga mendapatkan basic cause untuk membangun model FTA (Althariq, Dhani, Resmi, & Pradhana, 2025).

Simbol	Istilah	Keterangan
	<i>Basic Event</i>	Peristiwa dasar adalah kondisi abnormal yang terjadi pada komponen sistem yang menyimpang dari keadaan normal.
	<i>Top Event</i>	Top level adalah kejadian utama yang menunjukkan kegagalan dan dijadikan fokus analisis lebih mendalam.
	<i>Logic Event AND</i>	Fungsi AND digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu output hanya akan terjadi apabila seluruh input yang terkait terjadi.
	<i>Logic Event OR</i>	Fungsi OR digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu output akan gagal apabila satu atau lebih dari input mengalami kegagalan.

**Gambar 3.** Tahapan Penelitian.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Pengukuran Menggunakan Metode NASA-TLX

No.	Responden	Bagian Pekerjaan	Nilai Rata-rata WWL	Kategori
1.	Operator 1	<i>Die Casting</i>	85,3	Sangat Tinggi
2.	Operator 2	<i>Die Casting</i>	76	Tinggi
3.	Operator 3	<i>Die Casting</i>	90	Sangat Tinggi
4.	Operator 4	<i>Die Casting</i>	46,6	Agak Tinggi
5.	Operator 5	<i>Die Casting</i>	81,3	Sangat Tinggi
6.	Operator 6	<i>Die Casting</i>	97,3	Sangat Tinggi
7.	Operator 7	<i>Die Casting</i>	78	Tinggi
8.	Operator 8	<i>Die Casting</i>	73,3	Tinggi
9.	Operator 9	<i>Die Casting</i>	71,3	Tinggi
10.	Operator 10	<i>Die Casting</i>	71,3	Tinggi
11.	Operator 11	<i>Die Casting</i>	86	Sangat Tinggi
12.	Operator 12	<i>Die Casting</i>	86	Sangat Tinggi
13.	Operator 13	<i>Die Casting</i>	73,3	Tinggi
14.	Operator 14	<i>Die Casting</i>	84,6	Sangat Tinggi
15.	Operator 15	<i>Die Casting</i>	85,3	Sangat Tinggi
16.	Operator 16	<i>Die Casting</i>	91,3	Sangat Tinggi
17.	Operator 17	<i>Die Casting</i>	86	Sangat Tinggi
18.	Operator 18	<i>Die Casting</i>	80,6	Sangat Tinggi
19.	Operator 19	<i>Die Casting</i>	74,6	Tinggi
20.	Operator 20	<i>Die Casting</i>	80,6	Sangat Tinggi
21.	Operator 21	<i>Die Casting</i>	77,3	Tinggi
22.	Operator 22	<i>Die Casting</i>	73,3	Tinggi
23.	Operator 23	<i>Die Casting</i>	74	Tinggi

**Gambar 4.** Metode NASA-TLX.

Hasil analisis NASA-TLX menunjukkan bahwa beban kerja mental operator mesin die casting shift malam didominasi oleh indikator *Effort* (85,65), *Physical Demand* (83,04), dan *Temporal Demand* (80), yang mengindikasikan tingginya tuntutan usaha, aktivitas fisik, dan tekanan waktu dalam pencapaian target produksi. Perhitungan *Weighted Workload* (WWL) menunjukkan bahwa seluruh operator berada pada kategori beban kerja mental tinggi hingga sangat tinggi, dengan 11 operator pada kategori tinggi (WWL 50–79) dan 12 operator pada kategori sangat tinggi (WWL 80–100). Kondisi ini menegaskan bahwa pekerjaan mesin *die casting* pada shift malam memiliki tuntutan fisik dan mental yang signifikan serta berpotensi memicu kelelahan dan stres kerja apabila tidak dikelola dengan baik.

Temuan ini sejalan dengan (Sulistyo & Islahuddin, 2025) serta (Yuslistyari et al., 2022), yang menyatakan bahwa beban kerja mental tinggi pada pekerjaan manufaktur umumnya dipengaruhi oleh tuntutan usaha, tekanan waktu, dan beban fisik, terutama pada pekerjaan operasional dengan target ketat dan risiko keselamatan tinggi.

### Hasil Pengukuran Menggunakan Metode *Cardiovascular Load* (CVL)

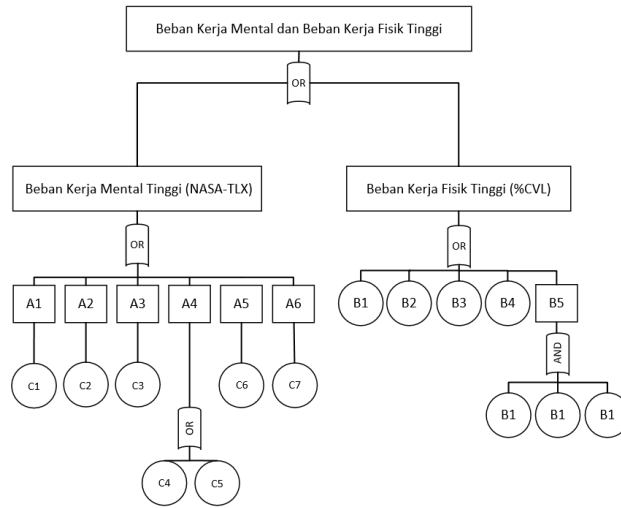
Responden	Usia	%CVL	Kategori
Operator 1	22	25,78	Tidak terjadi kelelahan
Operator 2	35	35,71	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 3	23	26,48	Tidak terjadi kelelahan
Operator 4	21	20,16	Tidak terjadi kelelahan
Operator 5	22	21,46	Tidak terjadi kelelahan
Operator 6	21	20,08	Tidak terjadi kelelahan
Operator 7	21	20,63	Tidak terjadi kelelahan
Operator 8	21	22,80	Tidak terjadi kelelahan
Operator 9	20	21,13	Tidak terjadi kelelahan
Operator 10	22	20,88	Tidak terjadi kelelahan
Operator 11	21	31,30	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 12	22	20,32	Tidak terjadi kelelahan
Operator 13	28	31,40	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 14	19	19,48	Tidak terjadi kelelahan
Operator 15	25	31,17	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 16	19	19,84	Tidak terjadi kelelahan
Operator 17	38	36,36	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 18	25	32,94	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 19	30	35,27	Perlu perbaikan namun tidak mendesak
Operator 20	19	26,82	Tidak terjadi kelelahan
Operator 21	20	22,69	Tidak terjadi kelelahan
Operator 22	23	23,98	Tidak terjadi kelelahan
Operator 23	25	24,00	Tidak terjadi kelelahan

**Gambar 5.** CVL.

Hasil perhitungan %CVL menunjukkan nilai sebesar 19,48%–36,36%. Sebanyak 16 dari 23 operator berada pada kategori tidak mengalami kelelahan (%CVL < 30%), sementara 7 operator berada pada kategori perlu perbaikan namun tidak mendesak (30–40%). Tidak ditemukan operator dengan nilai %CVL di atas 40%, sehingga secara umum beban kerja fisik masih berada dalam batas aman secara fisiologis. Namun demikian, keberadaan operator dengan nilai %CVL di atas 30% mengindikasikan potensi kelelahan fisik apabila beban kerja tidak dikelola dengan baik, terutama pada sistem kerja shift malam. Temuan ini sejalan dengan (Ervil & Fadli, 2022) serta (Aprianto & Mardaweni, 2024), yang menyatakan bahwa meskipun nilai %CVL di bawah 40% masih tergolong aman, aktivitas berdiri dalam waktu lama dan gerakan repetitif tetap memerlukan pengaturan waktu istirahat dan rotasi kerja untuk mencegah kelelahan jangka panjang.

### **Analisis Penyebab Beban Kerja Operator Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)**

Berdasarkan hasil pengukuran NASA-TLX dan CVL, diketahui bahwa sebagian operator memiliki skor beban kerja mental dan fisik yang tinggi. Untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kondisi tersebut, dilakukan analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).



Gambar 6. FTA.

Berikut pembahasan diagram FTA diatas tercantum pada tabel dibawah :

Penyebab Beban Kerja Fisik dan Mental Tinggi				
OR	A	Beban Kerja Mental Tinggi (NASA-TLX)		
	OR	A1.	Kebutuhan Mental (Mental Demand) tinggi	
		C1.	Konsentrasi dan ketelitian kerja yang tinggi	
		A2.	Kebutuhan Fisik (Physical Demand) tinggi	
		C2.	Aktivitas manual dan gerakan kerja berulang	
		A3.	Kebutuhan Waktu (Temporal Demand) tinggi	
		C3.	Tekanan waktu akibat keterbatasan libur akhir pekan untuk akumulasi jam pengganti cuti	
		A4.	Performansi Kerja (Own Performance) tinggi	
	OR	OR	C4.	Tuntutan pencapaian output kerja yang tinggi tanpa tambahan insentif
			C5.	Mesin rusak menghambat pencapaian target
		A5.	Tingkat Usaha (Effort) tinggi	
		C6.	Upaya kerja yang besar untuk menjaga produktivitas	
		A6.	Tingkat Frustrasi Tinggi (Frustration Level) tinggi	
		C7.	Tekanan, kelelahan, dan rasa tidakrasa tidak aman akibat keterbatasan APD	
		B.	Beban Kerja Fisik Tinggi (%CVL)	
	OR	OR	B1.	Postur Kerja Tidak Ergonomis
			B2.	Aktivitas Kerja Berulang
B3.			Kapasitas Fisik Operator Tidak Seimbang dengan Beban Kerja	
B4.			Durasi Kerja Panjang tanpa Istirahat Cukup	
B5.			Lingkungan Kerja Tidak Mendukung	
AND		D1.	Panas	
		D2.	Bising	
	D3.	Ventilasi Buruk		

Gambar 7. FTA.

## Usulan Perbaikan untuk Mengurangi Beban Kerja Fisik dan Mental

Kategori	Kode	Penyebab	Solusi Perbaikan
<b>Beban Kerja Mental (NASA-TLX)</b>	A1 / C1	Kebutuhan mental tinggi akibat konsentrasi dan ketelitian kerja yang tinggi	Menerapkan <i>job rotation</i> , Perbaikan metode kerja dengan cara variasi tugas untuk mengurangi monotonitas
	A2 / C2	Kebutuhan fisik tinggi karena aktivitas manual dan gerakan kerja berulang	Menerapkan <i>job rotation</i> , Perbaikan metode kerja dengan cara variasi tugas untuk mengurangi monotonitas
	A3 / C3	Tekanan waktu akibat keterbatasan libur akhir pekan untuk akumulasi jam pengganti cuti	Peninjauan ulang sistem penjadwalan kerja serta kebijakan cuti yang lebih fleksibel
	A4 / C4	Tuntutan output kerja tinggi tanpa tambahan insentif	Penyesuaian target kerja yang realistis dan pemberian insentif atau penghargaan berbasis kinerja
	A4 / C5	Mesin rusak menghambat pencapaian target	Penerapan perbaikan jadwal perawatan mesin secara rutin
	A5 / C6	Tingkat usaha tinggi untuk menjaga produktivitas	Penyesuaian pembagian tugas berdasarkan kemampuan fisik dan pelatihan teknik kerja yang benar
	A6 / C7	Tekanan, kelelahan, dan rasa tidak aman akibat keterbatasan APD	Peningkatan komunikasi atasan-pekerja, perbaikan kondisi kerja secara bertahap dan penyediaan APD yang lengkap dan sesuai standar serta pengawasan penggunaan APD secara konsisten.
<b>Beban Kerja Fisik (%CVL)</b>	B1	Postur kerja tidak ergonomis	Redesain stasiun kerja sesuai prinsip ergonomi dan penyesuaian tinggi meja/alat kerja
	B2	Aktivitas kerja berulang	Menerapkan <i>job rotation</i> , Perbaikan metode kerja dengan cara variasi tugas untuk mengurangi monotonitas
	B3	Kapasitas fisik operator tidak seimbang dengan beban kerja	Penyesuaian pembagian tugas berdasarkan kemampuan fisik dan pelatihan teknik kerja yang benar
	B4	Durasi kerja panjang tanpa istirahat cukup	Penambahan waktu istirahat dan pengaturan shift kerja yang lebih seimbang

**Gambar 8.** Usulan Perbaikan.

Berdasarkan hasil analisis NASA-TLX dan %CVL, tingginya beban kerja operator dipengaruhi oleh tuntutan pekerjaan, sistem kerja, serta kondisi lingkungan kerja yang saling berkaitan. Oleh karena itu, usulan perbaikan difokuskan pada metode kerja, pengaturan sistem kerja, aspek ergonomi, dan lingkungan kerja guna menurunkan beban kerja, mengurangi kelelahan, serta meningkatkan keselamatan dan produktivitas. Usulan perbaikan meliputi penerapan *job rotation* dan variasi tugas untuk menyeimbangkan beban kerja mental dan fisik (Putri & Isyanto, 2025), perbaikan metode dan pembagian tugas disertai pelatihan postur kerja yang benar (Nufus, Silvia, Farkhansa, & Mutawakkil, 2025) penyesuaian sistem kerja melalui pengaturan shift, waktu istirahat, target output, serta pemberian insentif berbasis kinerja

(Alfonso, 2025), peningkatan perawatan mesin untuk mengurangi gangguan operasional (Syarif, Utama, & Tarigan, 2025), serta redesain stasiun kerja dan perbaikan lingkungan kerja sesuai prinsip ergonomi dan standar K3 (Nabilah, Luthfiya, Pito Nitit, & Amaliyah; Setiawan & Murnawan, 2025). Secara keseluruhan, penerapan perbaikan ini diharapkan mampu menurunkan beban kerja mental dan fisik secara simultan serta meningkatkan kinerja dan keselamatan kerja dalam jangka panjang. Solusi perbaikan tersebut disusun berdasarkan masing-masing penyebab utama yang teridentifikasi.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengukuran NASA-TLX terhadap 23 operator mesin die casting shift malam di PT. MMP, beban kerja mental berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi dengan nilai *Weighted Workload* (WWL) sebesar 46,6–97,3, di mana 12 operator termasuk kategori sangat tinggi dan 11 operator kategori tinggi hingga agak tinggi. Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) menunjukkan bahwa tingginya beban kerja mental dipengaruhi oleh tuntutan konsentrasi dan ketelitian tinggi, aktivitas manual berulang, tekanan waktu akibat target produksi dan sistem shift malam, keterbatasan insentif, serta gangguan mesin dan alat pelindung diri, dengan indikator *effort*, *physical demand*, dan *temporal demand* sebagai faktor dominan.

Hasil pengukuran beban kerja fisik menggunakan metode *Cardiovascular Load* (%CVL) menunjukkan nilai sebesar 19,48%–36,36%. Sebagian besar operator tidak mengalami kelelahan fisik, meskipun beberapa berada pada kategori perlu perbaikan namun tidak mendesak. Faktor penyebab yang teridentifikasi melalui FTA meliputi postur kerja yang kurang ergonomis, aktivitas berulang, durasi kerja panjang, serta kondisi lingkungan kerja yang kurang optimal. Meskipun beban kerja fisik masih dalam batas toleransi, diperlukan upaya pengendalian untuk mencegah kelelahan, khususnya pada kerja shift malam.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan bagi perusahaan untuk melakukan peninjauan ulang sistem kerja dan penjadwalan kerja, pengaturan waktu istirahat, serta kebijakan cuti yang lebih fleksibel perlu dilakukan agar operator memiliki waktu pemulihan yang cukup. Dari aspek fisik dan lingkungan kerja, perlu dilakukan perbaikan desain stasiun kerja berdasarkan prinsip ergonomi, penyediaan dan pengawasan penggunaan alat pelindung diri yang sesuai standar, serta peningkatan kondisi lingkungan kerja seperti ventilasi, suhu, dan kebisingan. Saran penelitian selanjutnya yaitu dapat merancang sistem kerja yang lebih baik untuk mengurangi tekanan beban kerja yang dialami oleh pekerja saat ini.

## DAFTAR REFERENSI

- Alfonso, P. V. (2025). Pengaruh kompensasi dan motivasi kerja terhadap kinerja karyawan: Studi empiris pada perusahaan manufaktur.
- Althariq, M. R., Dhani, M. R., Resmi, F., & Pradhana, A. T. (2025). Kombinasi FTA dan HFACS dalam menganalisis penyebab kecelakaan forklift.
- Aprianto, T., & Mardaweni, R. (2024). Kategori beban kerja fisik pengatur kendaraan roda 2 berdasarkan metode CVL. *Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, 12. <https://doi.org/10.53580/sistemik.v12i1.106>
- Arasyandi, M., & Bakhtiar, A. (2016). Analisa beban kerja mental dengan metode NASA-TLX pada operator kargo di PT. Dharma Bandar Mandala (PT. DBM). Semarang.
- Dausat, M. J. G. W., & Puspitasari, N. B. (2024). Analisis beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX pada operator wafer stick. Semarang.
- Diniari, R. H. (2019). Analisis stres kerja akibat beban kerja mental pada pekerja PT. Kerta Rajasa Raya. *Medical Technology and Public Health Journal (MTPH Journal)*, 3(2). <https://doi.org/10.33086/mtphj.v3i2.685>
- Ervil, R., & Fadli, A. (2022). Pengukuran beban kerja fisik dan mental menggunakan metode CVL (cardiovascular load) dan NASA-TLX (national aeronautics and space administration-task load index) (Vol. 22). <https://doi.org/10.36275/stsp.v22i1.485>
- Handika, F. S., Yuslistyari, E. I., & Hidayatullah, M. (2020). Analisis beban kerja fisik dan mental operator produksi di PD. Mitra Sari. *Jurnal InTent*, 3. <https://doi.org/10.47080/intent.v3i2.953>
- Hasan, A., Ida, W., & Kurniawan, B. (2018). Hubungan antara beban kerja mental dan shift kerja terhadap stres kerja pada pekerja central control room (Studi Kasus pada PT. PJB Unit Pembangkit Paiton Probolinggo). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6.
- Maharlita, W., Natsir, H., & Almas, P. (2024). Pengaruh beban kerja fisik, lingkungan kerja, usia, masa kerja dan kualitas tidur terhadap kelelahan kerja pada pekerjaan packing, langsir dan input X-ray di industri makanan Gresik. Surabaya.
- Nabilah, A., Luthfiya, A., Pito Nitit, P., & Amaliyah. (n.d.). Analisis pengaruh lingkungan kerja fisik terhadap produktivitas karyawan pada perusahaan di Jawa Timur, 2. <https://doi.org/10.70437/komunika.v2i2.897>
- Nata, A., Pawitra, T. A., & Gunawan, S. (2025). Pengaruh beban kerja mental terhadap tingkat kelelahan kerja pada mekanik bengkel otomotif. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(3), 602-611. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.781>
- Nufus, S. M. Z., Silvia, Farkhansa, S., & Mutawakkil, M. N. (2025). Peran on the job training (OJT) dalam meningkatkan kompetensi karyawan dan keberlangsungan usaha pada CV. Flash.Net. *Jurnal Penelitian Nusantara*, 1, 191-196. <https://doi.org/10.59435/menulis.v1i5.256>
- Pardyani, I., & Susilowati, I. H. (2024). Stress kerja dan kualitas tidur sebagai determinan utama kelelahan kerja pada pekerja konstruksi. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. <https://doi.org/10.33846/sf15205>
- Putri, N. D. H., & Isyanto, P. (2025). Penerapan rotasi kerja dalam meningkatkan kompetensi karyawan pada PT Roda Prima Lancar Karawang.

- Setiawan, Y., & Murnawan, H. (2025). Redesain fasilitas produksi proses di mesin sentrik untuk meningkatkan produktivitas di UD KaryaJaya. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 3667-3673. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.4065>
- Simanjuntak, R. A., Yusuf, M., & Setty, E. J. (2022). Pengukuran stres kerja dan beban kerja mental berdasarkan shift kerja menggunakan metode NASA-Task Load Index (TLX) dan Descriptive Analytic. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 121-128. <https://doi.org/10.34151/technoscientia.v14i2.3300>
- Sulistyo, A. B., & Islahuddin. (2025). Analisa beban kerja fisik dan mental dengan metode CVL dan NASA-TLX pada departemen maintenance di perusahaan otomotif, *XIX(1)*, 28-40. <https://doi.org/10.22441/pasti.2025.v19i1.003>
- Surbakti, R. C., & Zetli, S. (2023). Analisis beban kerja operator isotank pada PT Ecogreen Oleochemicals Batam. *Comasie*.
- Suriadi, I. G. A. K., Setiawati, N. L. P. L. S., Wiranatha, I. made A., Adnyana, I. W. B., Dewi, D. A. S., & Priambadi, I. G. N. (2024). Analisis beban kerja mental pada karyawan departemen niaga PT X menggunakan metode NASA-TLX dan reaction time. *Journal Of Social Science Research*. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.12538>
- Syarif, A. A., Utama, D. W., & Tarigan, I. D. P. (2025). Perencanaan perawatan mesin potong batu bata dengan metode reliability centered maintenance pada CV. Rahmad Jaya. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 5, 865-874.
- Wulandari, A. F., Suwanto, Naomi, & Setiawan. (2025). Evaluasi kejadian kecelakaan kerja dan kegagalan produksi menggunakan metode fault tree analysis (FTA) di PT MP. *Vol. 15*.
- Yul, F. A., & Setiyawan, S. R. (2021). Analisis beban kerja operator paper mesin #6 PT. Indah Kiat Pulp And Paper Tbk menggunakan metode cardiovascular load (CVL) dan subjective workload assessment technique (SWAT). *Surya Teknika*. <https://doi.org/10.37859/jst.v8i2.3248>
- Yuslistyari, E. I., Hasanah, A., & Andhika, R. D. (2022). Analisis beban kerja operator forklift berdasarkan %CVL dan NASA-TLX. *Jurnal InTent*, 5. Serang.