

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Workload* atau beban kerja merupakan sejumlah upaya yang perlu dikeluarkan seseorang dalam menyelesaikan tuntutan dari suatu pekerjaan. Beban kerja mencerminkan seberapa besar porsi kapasitas pekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu. Sedangkan kapasitas adalah batas kemampuan manusia, baik dari sisi fisik maupun mental (Alfindo dan Putra, 2023). Beban kerja memiliki pengaruh terhadap produktivitas karena beban tersebut langsung dirasakan oleh pekerja dan tercermin melalui kinerjanya. Hal ini sejalan dengan temuan Febrianti dan Theresia (2021) yang menyebutkan bahwa beban kerja termasuk salah satu faktor yang turut menentukan kinerja seorang pekerja. Penelitian Hasudungan (2025) juga menunjukkan bahwa semakin tinggi beban kerja yang diterima, semakin besar kemungkinan produktivitas pekerja mengalami penurunan.

Beban kerja yang dialami pekerja dapat berwujud beban fisik, seperti kondisi suhu lingkungan, tingkat kebisingan, pencahayaan, serta faktor ergonomis yang berpengaruh pada kondisi fisiologis tubuh, antara lain detak jantung, kebutuhan oksigen, dan suhu tubuh. Selain itu, beban kerja juga dapat berupa beban mental yang sifatnya lebih subjektif dan berbeda pada tiap individu, meliputi tekanan tenggat waktu, tingkat usaha, stres, serta berbagai tuntutan kognitif lainnya (Hasudungan dkk., 2025). Dengan demikian, beban kerja dapat dipahami sebagai kondisi yang timbul dari gabungan tuntutan tugas, kondisi lingkungan kerja, serta

kemampuan dan persepsi pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya. Beban fisik dan mental yang diterima pekerja perlu berada dalam keseimbangan dengan kemampuan individu baik secara fisik maupun kognitif. Hal ini penting mengingat setiap orang memiliki batas toleransi beban yang berbeda, sehingga perlu dicari tingkat pembebanan yang paling optimal. Sejalan dengan itu, Wahyuni (2024) menyatakan bahwa beban yang terlalu berat dapat memicu kondisi *overstress* sedangkan beban yang terlalu rendah berpotensi menimbulkan kejenuhan atau *understress*, yang pada akhirnya sama-sama dapat menurunkan kinerja dan keselamatan kerja.

PT X merupakan salah satu perusahaan yang mengolah konsentrat tembaga melalui proses suhu yang sangat tinggi atau pirometalurgi. PT X merupakan perusahaan peleburan dan pemurnian bijih tembaga pertama di Indonesia dengan tingkat kemurnian mencapai 99,99%, yang berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Perusahaan ini memiliki tiga pabrik (*plant*) utama, yaitu pabrik peleburan (*smelter plant*), pabrik pemurnian (*refinery plant*), dan pabrik asam sulfat dan pengolahan air limbah (*Acid & Waste Water Treatment Plant*). Perusahaan ini juga memiliki beberapa unit pendukung lain yaitu *Marketing and Sales*, *HR-IR*, *Laboratory*, *Industrial Security*, dan *Maintenance and Utility*.

Baik unit produksi pada pabrik peleburan (*smelter plant*), pabrik pemurnian (*refinery plant*), maupun unit pendukung lainnya, memiliki peran dalam mendukung pencapaian target yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Konsentrat tembaga dilebur melalui proses pirometalurgi untuk menjadi anoda tembaga di pabrik peleburan (*smelter plant*). Anoda tembaga kemudian dikirim melalui *forklift* ke pabrik pemurnian (*refinery plant*). Anoda tembaga ini dimurnikan melalui proses

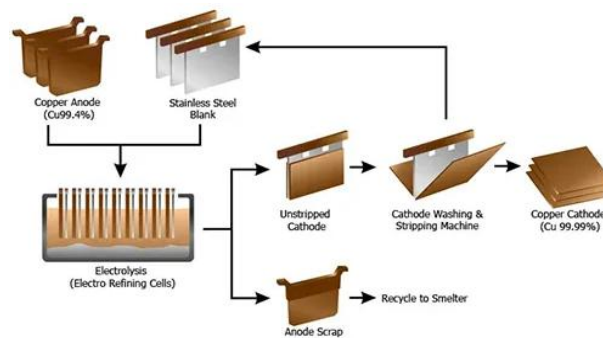
elektrolisis untuk menjadi katoda tembaga dengan pemurnian 99,99% agar bisa dijual dengan sertifikasi LME atau London *Metal Exchange*. Namun perusahaan ini mendapatkan tantangan yang signifikan terkait pencapaian proses produksi.

PT X memulai proses bisnisnya dengan pengolahan konsentrat tembaga hasil penambangan yang selanjutnya dikirim ke dermaga dan disalurkan melalui *belt conveyor* menuju gudang konsentrat untuk penyimpanan. Setelah itu, konsentrat tersebut dimasukkan ke dalam tanur pada *smelter plant* dan diproses pada suhu tinggi untuk menghasilkan anoda tembaga. Namun, anoda tembaga yang dihasilkan tersebut belum siap dipasarkan karena tidak memenuhi standar komersial, sehingga diperlukan proses pemurnian lebih lanjut untuk menghasilkan tembaga dengan tingkat kemurnian yang memenuhi standar pasar. *Refinery plant* berperan vital dalam menyempurnakan anoda tembaga menjadi katoda tembaga yang layak jual nantinya.

Proses produksi pada *refinery plant* berfokus pada pemurnian tembaga, yang merupakan produk utama atau hasil akhir dari proses pengolahan tembaga. Meskipun proses produksi telah didukung oleh mesin otomatis berkapasitas besar, sumber daya manusia tetap berperan penting dalam operasional. Pekerja bertanggung jawab dalam melakukan seleksi material yang menjadi *input* pada pabrik pemurnian, dan memastikan bahwa hanya anoda yang memenuhi standar yang dapat diproses pada *Anode Preparation Machine*, dimasukkan ke dalam sel elektrolisis untuk dimurnikan, dan memastikan bahwa skrap yang ditanam tidak mengalami kerusakan. Selain itu, pekerja juga berperan dalam proses *cut in* dan *cut out* listrik, dan dalam kegiatan panen katoda, yang meliputi seleksi katoda sebagai

produk akhir yang siap dipasarkan. Proses produksi di *refinery plant* disajikan pada Gambar 1.1.

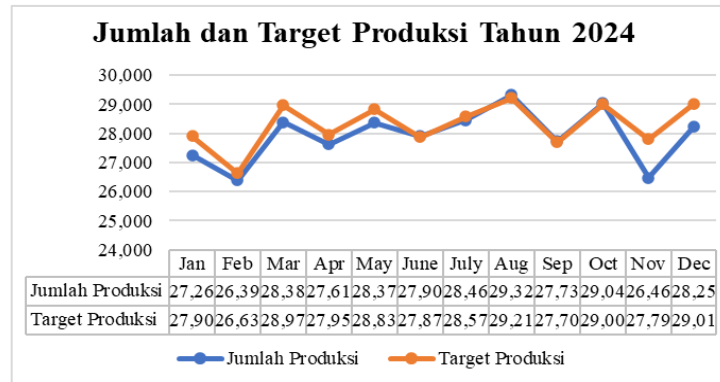
Pekerja di *plant* ini bertugas mengoperasikan mesin, mengendalikan proses pemurnian, menjaga kualitas hasil produksi, dan memastikan keamanan operasional. Dengan demikian, keberhasilan proses pemurnian tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan, tetapi juga pada keterampilan dan ketelitian pekerja dalam menjalankan prosedur kerja yang sesuai standar yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa, meskipun proses industri semakin terotomasi, peran sumber daya manusia tetap penting dalam menjaga kelancaran operasional dan memastikan kualitas katoda tembaga yang dihasilkan.



Gambar 1.1 Proses Pemurnian ISA

Sumber: PT X

Kondisi kerja di area yang bising, serta suhu dan kelembapan yang tinggi, disertai interaksi intensif dengan mesin dan peralatan menuntut *operator* untuk memiliki daya tahan fisik yang tinggi dan kestabilan mental agar tetap fokus dan mampu menghindari cedera maupun kecelakaan kerja karena lingkungan kerja yang ekstrem dan berisiko tinggi. Dalam pelaksanaan proses produksi di *refinery plant*, terdapat tantangan yang cukup signifikan dalam mencapai target produksi. Pada tahun 2024, jumlah produksi katoda tembaga belum mencapai target produksi yang telah ditetapkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 berikut.



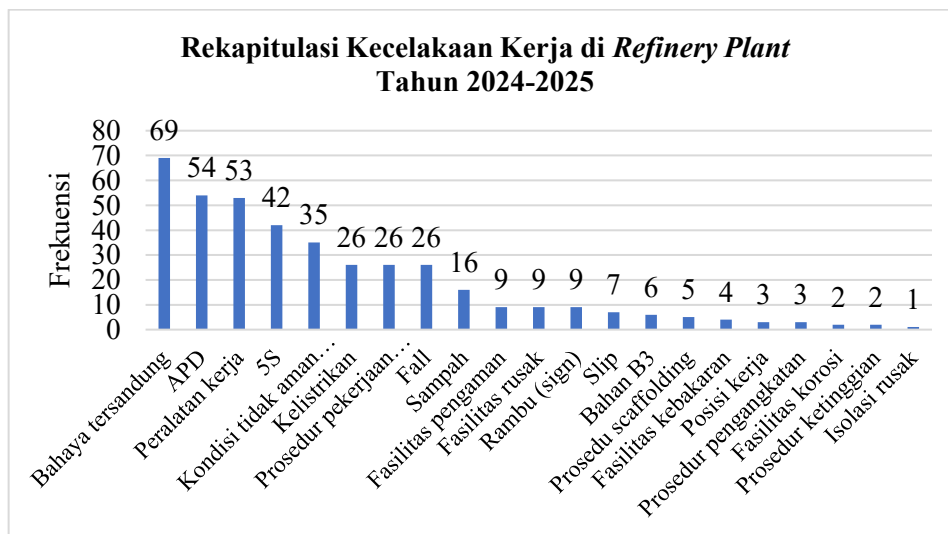
Gambar 1.2 Jumlah dan Target Produksi Katoda Tembaga Tahun 2024

Sumber: PT X

Gambar 1.2 menunjukkan bahwa jumlah produksi pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juli, November, dan Desember belum mencapai target produksi yang telah ditetapkan. Sementara itu, pada bulan Juni, Agustus, September, dan Oktober melebihi target produksi yang telah ditetapkan. Ketika jumlah produksi tidak mencapai target, maka pekerja diharuskan lembur dan bekerja lebih cepat lagi dari biasanya untuk mencapai target produksi. Hal ini dapat menyebabkan pekerja mengalami tekanan pekerjaan yang tinggi sehingga terjadinya beban kerja. Adanya waktu kerja yang bertambah mengakibatkan munculnya kelelahan fisik maupun mental terhadap pekerja. Kelelahan ini dapat ditandai dengan adanya rasa letih, lesu, penurunan konsentrasi, dan berkurangnya kewaspadaan. Kelelahan yang dirasakan pekerja berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas dan kepatuhan terhadap prosedur operasional bahkan meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja (Gustian dkk., 2025).

Selain itu, berdasarkan data internal perusahaan, *refinery plant* pernah mengalami kerugian akibat *human error* yang dilakukan oleh *operator*, salah satu contohnya adalah kelalaian dalam memasang *plug* sel. Apabila *plug cell* tidak terpasang dengan benar, elektrolit dapat bocor sehingga menyebabkan sel menjadi

kosong atau kehabisan elektrolit, yang berpotensi menimbulkan ledakan. Contoh lainnya adalah *operator crane* yang mengambil jalan pintas dengan menggerakkan *crane* maju tanpa menunggu *hoist* terangkat terlebih dahulu. Kegagalan dalam mengikuti instruksi kerja tersebut dapat menjadi salah satu dampak dari kelelahan kerja. Data ketidaksesuaian dalam aktivitas harian *operator* disajikan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Rekapitulasi Kecelakaan Kerja di *Refinery Plant* Tahun 2024-2025

Sumber: PT X

Gambar 1.3 menunjukkan bahwa ketidaksesuaian yang ditemukan selama patroli harian meliputi kejadian tersandung, tidak menggunakan alat pelindung diri, kesalahan dalam penggunaan peralatan kerja, dan ketidakpatuhan terhadap standar 5S. Bahaya tersandung merupakan salah satu temuan terbanyak. Kondisi ini menunjukkan bahwa terdapat potensi risiko keselamatan kerja yang perlu mendapat perhatian serius. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengidentifikasi tingkat beban kerja fisik dan mental yang dialami *operator* beserta faktor-faktor yang memengaruhinya. Pengukuran beban kerja secara objektif dan komprehensif menjadi penting agar perusahaan dapat mengidentifikasi sumber kelelahan dan

potensi terjadinya *human error*, sehingga dapat menentukan langkah perbaikan yang tepat untuk menurunkan angka kecelakaan kerja di *refinery plant*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai analisis beban kerja pada berbagai sektor industri, termasuk tenaga kerja medis dan karyawan di lingkungan manufaktur. Penelitian yang dilakukan Mariawati (2024) menunjukkan bahwa beban kerja fisik yang tinggi dipengaruhi oleh faktor usia pekerja yang relatif tua, jam kerja yang panjang, kurangnya pelatihan, kondisi lingkungan kerja yang bising dan sempit, serta ketiadaan standar operasional prosedur (SOP) terkait posisi kerja. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Satria (2021) mengungkapkan bahwa waktu kerja dan kondisi lingkungan kerja seperti penerangan, suhu, dan sirkulasi udara memiliki pengaruh paling signifikan terhadap peningkatan kesalahan *operator* yang berdampak pada penurunan konsentrasi dan peningkatan kelelahan kerja. Kesalahan *operator* atau *human error* terbesar dalam penelitian terjadi pada fungsi interpretasi kognitif dalam proses pengambilan keputusan selama pekerjaan berlangsung.

Namun, kedua penelitian tersebut hanya mengkaji salah satu aspek beban kerja yaitu beban kerja fisik dan beban kerja mental saja. Belum terdapat penelitian yang mengombinasikan kedua pengukuran dalam satu analisis yang secara spesifik menghubungkan tingkat kelelahan *operator* dengan potensi *human error*. Selain itu, penelitian mengenai beban kerja pada sektor pengolahan tembaga juga masih sangat terbatas, padahal kondisi kerja pada industri ini memiliki karakteristik lingkungan kerja yang ekstrem dan berisiko tinggi terhadap kelelahan serta penurunan produktivitas *operator*.

Oleh karena itu, metode pengukuran yang dapat menggambarkan kondisi kerja secara menyeluruh diperlukan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis beban kerja untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik dan mental pada *operator* di *refinery plant*. Pengukuran beban kerja fisik dilakukan dengan metode *Cardiovascular Load (CVL)* yang menunjukkan tingkat beban fisiologis *operator* selama bekerja. Metode ini didasarkan pada perbandingan antara denyut nadi kerja dengan denyut nadi maksimum, karena denyut nadi memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan beban kerja sehingga dapat mencerminkan tingkat *cardiovascular strain* (Alfindo dan Putra, 2022). Dengan demikian, denyut jantung dapat digunakan sebagai indikator yang efektif untuk menggambarkan tingkat kelelahan dan tekanan fisiologis pekerja.

Sementara itu, pengukuran beban kerja mental dan analisis risiko *human error* dilakukan dengan metode *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan kognitif *operator* dalam menjalankan tugas serta memprediksi potensi kesalahan yang dapat terjadi. Penelitian yang dilakukan Ulfah dkk., (2024) juga menyatakan bahwa metode ini dapat digunakan untuk menilai beban kerja mental melalui analisis tingkat keandalan kognitif manusia (*human reliability*). Penilaian dilakukan dengan mengidentifikasi *Common Performance Conditions (CPC)* yang memengaruhi kinerja mental *operator* dan menganalisis berbagai faktor penyebab *human error* yang berdampak pada keselamatan dan produktivitas kerja.

Dengan mengombinasikan penerapan kedua metode tersebut, penelitian ini diharap mampu memberikan gambaran komprehensif terkait kondisi kerja dan tingkat beban kerja yang dialami *operator* di *refinery plant* PT X. Hasil penelitian

ini juga diharap dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam merumuskan strategi perbaikan manajemen beban kerja yang lebih efektif untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan produktivitas kerja pada industri pengolahan tembaga yang berisiko tinggi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

*“Bagaimana tingkat beban kerja yang dialami operator, baik dari aspek fisik maupun mental menggunakan metode Cardiovascular Load (CVL) dan Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM), serta bagaimana rekomendasi perbaikan terhadap beban kerja tersebut untuk peningkatan efisiensi, keselamatan dan produktivitas kerja?”*

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih terarah, maka permasalahan perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan untuk meneliti beban kerja *operator* secara fisik dan mental yang bertugas dalam proses produksi panen katoda tembaga di *refinery plant* PT X.
2. Penelitian dilakukan pada periode waktu tertentu dalam kondisi operasional normal, dengan pengukuran data dilakukan selama jam kerja aktual, tanpa mempertimbangkan aktivitas fisik di luar pekerjaan, pola tidur, konsumsi kafein, maupun kondisi medis pribadi.

3. Hasil penelitian yang diperoleh mencerminkan kondisi saat penelitian berlangsung dan tidak menggambarkan kondisi jangka panjang dan kondisi abnormal seperti *shutdown*, *maintenance* besar, atau keadaan darurat proses.
4. Serta rekomendasi perbaikan yang diberikan bersifat manajerial dan ergonomis, bukan berupa implementasi teknis langsung.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik dan mental *operator* berdasarkan metode *Cardiovascular Load (CVL)* dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)* serta memberikan rekomendasi perbaikan terhadap beban kerja tersebut untuk peningkatan efisiensi, keselamatan, dan produktivitas kerja.

#### 1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Operator* yang menjadi responden telah memiliki pengalaman kerja yang memadai dan memahami prosedur kerja di *refinery plant*, sehingga mampu memberikan data yang akurat dan konsisten selama proses pengukuran.
2. Seluruh *operator* dalam penelitian berada dalam kondisi kesehatan normal selama pengambilan data, tidak mengalami gangguan fisik maupun mental yang signifikan.
3. Penilaian *Common Performance Conditions (CPC)* dalam metode *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)* dilakukan dengan asumsi bahwa penilai (*observer*) memiliki pemahaman yang cukup terhadap kondisi

kerja dan karakteristik tugas *operator*.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Teoritis
  1. Menjadi referensi ilmiah bagi peneliti selanjutnya yang mengkaji topik beban kerja fisik dan mental di lingkungan industri pengolahan tembaga.
  2. Memberikan kontribusi sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu ergonomi, khususnya melalui analisis kesalahan kerja untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan operasional di lingkungan industri.
  3. Menambah khasanah pustaka akademik terkait penerapan integrasi metode *Cardiovascular Load (CVL)* dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)* dalam pengukuran dan analisis beban kerja.
- b. Praktis
  1. Memberikan gambaran kondisi aktual mengenai tingkat beban kerja fisik dan mental pekerja di lingkungan industri sebagai landasan dalam upaya perbaikan sistem kerja.
  2. Menyajikan hasil analisis yang dapat digunakan untuk pengembangan kebijakan manajemen sumber daya manusia sebagai acuan pengambil keputusan dalam merancang strategi peningkatan keselamatan, kesehatan, dan produktivitas kerja.
  3. Membantu perusahaan dalam menilai kebutuhan pelatihan, pengaturan pembagian tugas, dan perencanaan beban kerja yang sesuai dengan kapasitas masing-masing pekerja, sehingga tercipta lingkungan kerja yang efisien,

aman, dan berkesinambungan.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memuat uraian mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, asumsi yang digunakan, serta tujuan penelitian yang ditetapkan untuk menjawab rumusan masalah. Bab ini juga membahas manfaat yang diharapkan dari penelitian serta memaparkan sistematika penulisan secara menyeluruh.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menyajikan teori-teori dan kajian pustaka yang relevan sebagai landasan dalam pelaksanaan penelitian, khususnya dalam proses pengolahan dan analisis data. Teori yang dibahas mencakup konsep beban kerja serta penjelasan mengenai metode *Cardiovascular Load* (CVL) dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM).

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, variabel operasional yang digunakan, kerangka berpikir, instrumen penelitian, serta teknik pengumpulan dan pengolahan data. Selain itu, bab ini juga menampilkan tahapan pemecahan masalah dalam bentuk *flowchart* sebagai gambaran alur penelitian secara sistematis.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat proses pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang diperoleh selama penelitian. Analisis dilakukan menggunakan metode *Cardiovascular Load (CVL)* dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)* untuk mengidentifikasi permasalahan beban kerja dan merumuskan solusinya. Hasil analisis tersebut selanjutnya dijadikan dasar dalam penyusunan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan produktivitas kerja.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menyajikan kesimpulan yang dirumuskan berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Cardiovascular Load (CVL)* dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan penelitian, sementara saran diberikan sebagai masukan bagi pihak terkait maupun peneliti selanjutnya dalam upaya meningkatkan pengelolaan beban kerja dan kinerja operasional.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**