

**ANALISIS BEBAN KERJA *OPERATOR* DENGAN
CARDIOVASCULAR LOAD (CVL) DAN *COGNITIVE
RELIABILITY AND ERROR ANALYSIS METHOD (CREAM)***

SKRIPSI



Disusun Oleh:

IRA GALUTI RISTANTI

22032010036

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2026

**ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR DENGAN
CARDIOVASCULAR LOAD (CVL) DAN COGNITIVE RELIABILITY
AND ERROR ANALYSIS METHOD (CREAM)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Industri



Diajukan Oleh:

IRA GALUTI RISTANTI

NPM. 22032010036

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

JAWA TIMUR

SURABAYA

2026

SKRIPSI

**ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR DENGAN
CARDIOVASCULAR LOAD (CVL) DAN COGNITIVE RELIABILITY
AND ERROR ANALYSIS METHOD (CREAM)**

Disusun Oleh:

IRA GALUTI RISTANTI

22032010036

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi dan diterima oleh
Publikasi Jurnal Akreditasi Sinta 1-3
Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Surabaya
Pada Tanggal : 25 Mei 2026

Tim Penguji :

1.



Enny Arvanny, S.T., M.T.
NIP. 197009282021212002

2.



Isna Nugraha, S.T., M.T., CSCA., CSSCP.
NIP. 199503012024062002

Pembimbing :

1.



Tranggono, S.T., M.T.
NIP. 198612222025211055

2.



Mega Cattleva P. A. I., S.ST., M.T.
NIP. 21219921112290

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Surabaya



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Ira Galuti Ristanti

NPM : 22032010036

Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / Teknik Industri / ~~Teknologi Pangan~~ /
Teknik Lingkungan / Teknik Sipil

Telah telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN)~~ /
~~SKRIPSI / TUGAS AKHIR~~ Ujian Lisan Periode Mei, TA 2025/2026.

Dengan judul : **ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR DENGAN
CARDIOVASCULAR LOAD (CVL) DAN COGNITIVE
RELIABILITY AND ERROR ANALYSIS METHOD
(CREAM)**

Dosen yang memerintahkan revisi

1. Tranggono, S.T., M.T.
2. Enny Aryanni, S.T., M.T.
3. Isna Nugraha, S.T., M.T., CSCA., CSSCP.


()
()

Surabaya, 25 Mei 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Tranggono, S.T., M.T.

NIP. 198612222025211055

Catatan: *) coret yang tidak perlu



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ira Galuti Ristanti
NPM : 22032010036
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 25 Mei 2026

Yang Membuat pernyataan



Ira Galuti Ristanti

NPM. 22032010036

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah ﷻ karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Beban Kerja Operator Dengan *Cardiovascular Load* (CVL) dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM)”. Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis dapat menyelesaikannya karena adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam meluangkan waktu dan pikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.M.T., IPU. Selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Bapak Ir. Rusindiyanto, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
4. Bapak Tranggono, S.T., M.T. dan Ibu Mega Cattleya P.A. Islami, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang dengan penuh kesabaran, ketulusan, serta perhatian senantiasa memberikan arahan, ilmu, dan dukungan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staf Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, dan dukungan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
6. Cinta pertama dan panutanku, kedua orang tua tercinta, ayah dan pintu surgaku ibu. Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti diberikan kepada penulis. Meskipun ayah dan ibu tidak sempat merasakan pendidikan di bangku perkuliahan, beliau selalu berjuang memberikan yang terbaik demi masa depan penulis dengan penuh ketulusan, kerja keras, dan pengorbanan tanpa lelah. Terima kasih atas setiap tetes keringat, dukungan materi dan non materi, serta doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis. Terima kasih karena selalu menjadi tempat pulang, tempat bersandar, dan sumber kekuatan bagi penulis dalam setiap proses perjuangan hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana. Terima kasih atas nasihat, kesabaran, cinta dan semangat yang tidak pernah putus diberikan kepada penulis. Semoga ayah dan ibu selalu diberikan kesehatan, umur panjang, dan kebahagiaan agar senantiasa dapat menyertai setiap perjuangan dan langkah hidup penulis.
7. Erina M. Wilda, Pratiwi C. K. Yolanda, Amanda Kurnia, Mariatul Ulfa, Zoya Inara, dan Nazhiifah Ananda selaku teman penulis sejak awal masa perkuliahan yang senantiasa hadir memberikan dukungan, bantuan, dan semangat, serta menemani penulis dalam setiap proses selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas kebersamaan, cerita, canda tawa, dan perjuangan yang telah dilewati bersama sehingga menjadi kenangan berharga

yang tidak akan terlupakan.

8. Rindu Marito, Petrus Chandra, dan M. Hanif, selaku sahabat penulis sejak masa sekolah menengah kejuruan yang turut merantau bersama penulis di Surabaya. Meskipun berada di almamater yang berbeda, kalian senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan menjadi tempat berbagi cerita sebagai sesama perantau yang saling memahami perjuangan satu sama lain. Terima kasih atas waktu, perhatian, dan kebersamaan yang telah diberikan kepada penulis.
9. Arum, Salsa, Naila, Lita, Hendra, dan Fikri selaku teman seperjuangan dalam penyelesaian tugas akhir yang senantiasa saling menguatkan, mengingatkan, dan mendukung satu sama lain hingga proses penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih atas setiap bantuan, semangat, dan kebersamaan yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis.
10. *Last but not least*, Ira Galuh Ristanti, seorang anak perempuan sekaligus satu-satunya harapan bagi kedua orang tua. Terima kasih telah mampu bertahan, berjuang, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap proses, tantangan, maupun kesulitan yang datang selama menempuh perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini. Apresiasi sebesar-besarnya untuk diri sendiri karena telah berani memulai dan memilih untuk tetap menuntaskan setiap hal yang telah diperjuangkan, meskipun rasa lelah, kecewa, dan putus asa kerap hadir silih berganti di sepanjang perjalanan. Terima kasih karena telah tetap mempercayai diri sendiri, tetap tegar di tengah berbagai keadaan yang tidak selalu mudah, serta terus melangkah hingga akhirnya mampu sampai pada titik ini. Mempertahankan langkah sejauh ini bukanlah hal yang ringan,

namun terima kasih karena selalu berusaha menghargai setiap proses dan belajar untuk merayakan diri sendiri atas hal-hal kecil yang berhasil dilewati. Teruslah belajar, bertumbuh, dan mensyukuri setiap nikmat yang telah Allah SWT anugerahkan. Semoga setiap langkah kecil ke depan senantiasa diiringi kekuatan, dipertemukan dengan orang-orang baik, serta dimudahkan dalam meraih satu per satu mimpi yang diharapkan. Aamiin. Sebab jika bukan karena pertolongan Allah SWT, mungkin perjalanan ini sudah lama terhenti. Semoga segala usaha, doa, dan perjuangan yang telah dilalui menjadi pembuka jalan yang baik bagi perjalanan hidup selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan dapat membantu penulis di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat sekaligus menambah wawasan serta berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 16 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	9
1.3 Batasan Masalah	9
1.4 Tujuan Penelitian	10
1.6 Manfaat Penelitian.....	11
1.7 Sistematika Penulisan	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Ergonomi	14
2.2 Beban Kerja	17
2.3 Faktor yang Memengaruhi Beban Kerja.....	19
2.4 Dampak Beban Kerja.....	22
2.5 Indikator Beban Kerja.....	23
2.6 Kerja Fisik	24

2.7	Kerja Mental	25
2.8	<i>Human Error</i>	27
2.9	<i>Human Reliability Assessment (HRA)</i>	30
2.10	<i>Cardiovascular Load (CVL)</i>	31
2.11	Konsumsi Energi	35
2.12	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)</i>	39
2.13	Langkah-Langkah CREAM.....	42
2.14	Penelitian Terdahulu	57
2.14.1	Gap Penelitian	62
BAB III METODE PENELITIAN		64
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	64
3.2	Definisi Operasional Variabel	64
3.3	Langkah-Langkah Pemecahan Masalah	66
3.4	Instrumen Penelitian	71
3.5	Teknik Pengumpulan Data	72
3.6	Teknik Analisis Data	74
3.7	Kerangka Berpikir	77
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		79
4.1	Pengumpulan Data.....	79
4.1.1	Pengumpulan Data Metode <i>Cardiovascular Load</i>	79
4.1.2	Pengumpulan Data Metode <i>Cognitive Reliability Error Analysis Method</i>	81
4.2	Pengolahan Data	84
4.2.1	Pengolahan Data Metode <i>Cardiovascular Load</i>	84

4.2.2	Pengolahan Data <i>Cognitive Reliability Error Analysis Method</i>	92
4.2.3	Rekomendasi Usulan dan Perbaikan	138
4.3	Hasil dan Pembahasan	140
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		147
5.1	Kesimpulan.....	147
5.2	Saran	148
DAFTAR PUSTAKA		149
LAMPIRAN.....		155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses Pemurnian ISA.....	4
Gambar 1.2 Jumlah dan Target Produksi Katoda Tembaga Tahun 2024	5
Gambar 1.3 Rekapitulasi Kecelakaan Kerja di <i>Refinery Plant</i> Tahun 2024-2025 .	6
Gambar 2.1 Konsep Dasar Ergonomi	15
Gambar 2.2 <i>Basic and Extended Method</i>	42
Gambar 2.3 Grafik Hubungan CPC dengan <i>Control Modes</i>	46
Gambar 2.4 <i>Cognitive Demand Profile</i>	50
Gambar 2.5 <i>Cognitive Profile for Procedure Segments</i>	51
Gambar 2.6 <i>Cognitive Function Failure</i>	52
Gambar 2.7 <i>Distribution of Error Modes</i>	53
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	66
Gambar 3.2 Kerangka Berpikir	77
Gambar 4.1 Grafik Nilai Rata-Rata CPC	84
Gambar 4.2 <i>Hierarchical Task Analysis</i> pada Proses Panen Katoda Tembaga....	98
Gambar 4.3 Grafik hubungan CPC dengan <i>Control Mode</i>	109
Gambar 4.4 Grafik Persentase <i>Cognitive Demand Profile</i>	118
Gambar 4.5 <i>Cognitive Profile for Procedure Segment</i> Panen Katoda Tembaga	120
Gambar 4.6 <i>Cognitive Function Failure</i> pada Proses Panen Katoda Tembaga..	128
Gambar 4.7 Simbol <i>OR-Gate</i>	133
Gambar 4.8 <i>Fault Tree</i> pada <i>Workstation</i> Panen Katoda Tembaga.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penyebab <i>Human Error</i>	28
Tabel 2.2 Kategori Beban Kerja Fisik Berdasarkan % CVL	34
Tabel 2.3 Kategori Kebutuhan Kalori	38
Tabel 2.4 Jenis <i>Plan</i> dan Notasi <i>Task Analysis</i>	44
Tabel 2.5 <i>Common Performance Condition (CPC)</i>	44
Tabel 2.6 Penilaian <i>Common Performance Condition (CPC)</i>	45
Tabel 2.7 Fitur <i>Control Modes</i> dalam CREAM	47
Tabel 2.8 <i>Error Probability Interval</i>	47
Tabel 2.9 <i>Critical Cognitive Activities</i>	48
Tabel 2.10 <i>Matrix Cognitive Demand</i>	49
Tabel 2.11 <i>Generic Cognitive Function Failure (CFF)</i>	51
Tabel 2.12 <i>Weighting Factor</i>	54
Tabel 2.13 Nilai Nominal	55
Tabel 2.14 <i>Symbol Fault Tree</i>	55
Tabel 2.15 Nilai Probabilitas	57
Tabel 2.16 Penelitian Terdahulu	57
Tabel 2.17 Gap Penelitian	62
Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel	64
Tabel 4.1 Data Denyut Nadi Kerja <i>Operator Refinery Plant</i>	79
Tabel 4.2 Data Denyut Nadi Istirahat <i>Operator Refinery Plant</i>	80
Tabel 4.3 Karakteristik Responden	82
Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata CPC	83

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Denyut Nadi dan Persentase CVL	85
Tabel 4.6 Klasifikasi Beban Kerja <i>Operator</i>	86
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Konsumsi Energi	90
Tabel 4.8 Tahapan Kerja pada <i>Workstation</i> Panen Katoda.....	93
Tabel 4.9 <i>Flow Process Chart</i> pada <i>Workstation</i> Panen Katoda.....	94
Tabel 4.10 Keterangan <i>Flow Process Chart</i> pada <i>Workstation</i> Panen Katoda.....	96
Tabel 4.11 Interval Konversi Nilai CPC	100
Tabel 4.12 Penilaian CPC oleh <i>Operator</i>	101
Tabel 4.13 Penilaian CPC oleh <i>Expert Judgement</i>	102
Tabel 4.14 <i>Check Sheet</i> Hasil Penilaian CPC	103
Tabel 4.15 Fitur <i>Control Modes</i> dan <i>Error Probability Intervals</i>	110
Tabel 4.16 Aktivitas Kognitif Proses Panen Katoda Tembaga.....	112
Tabel 4.17 Rekapitulasi Aktivitas Kognitif Proses Panen Katoda Tembaga.....	115
Tabel 4.18 Matriks <i>Cognitive Demand</i> Proses Panen Katoda	116
Tabel 4.19 <i>Cognitive Profile for Procedure Segment</i>	119
Tabel 4.20 CFF Proses Panen Katoda Tembaga.....	122
Tabel 4.21 Matriks <i>Cognitive Function Failures</i>	125
Tabel 4.22 Penentuan <i>Weighting Factor</i> CPC	130
Tabel 4.23 Rekapitulasi Perhitungan <i>Failure Probability</i>	130

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lokasi Penelitian (<i>refinery plant</i>).....	155
Lampiran 2 Kuesioner CREAM untuk Pengukuran Beban Kerja Mental.....	156
Lampiran 3 Uji Validitas Item Pertanyaan Kuesioner	159
Lampiran 4 Uji Reliabilitas Item Pertanyaan Kuesioner	164
Lampiran 5 Perhitungan %CVL dan Konsumsi Energi.....	168
Lampiran 6 Data Mentah CVL	175
Lampiran 7 Data Mentah Kuesioner CPC <i>Operator</i>	176
Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian.....	177

ABSTRAK

Beban kerja merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kinerja, keselamatan, dan produktivitas *operator* di lingkungan industri. Kondisi kerja di *refinery plant* PT X yang memiliki suhu dan tingkat kebisingan yang tinggi, serta tuntutan pekerjaan yang berulang berpotensi menimbulkan beban kerja fisik dan mental. Hal ini juga berkaitan dengan kejadian kecelakaan kerja yang didominasi oleh *human error* serta tidak tercapainya target produksi pada beberapa periode. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik dan mental *operator* serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan produktivitas kerja. Metode yang digunakan adalah *Cardiovascular Load* (CVL) untuk mengukur beban kerja fisik berdasarkan denyut nadi dan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM) untuk menganalisis beban kerja mental dan potensi *human error* melalui penilaian *Common Performance Conditions* (CPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban kerja fisik *operator* berada pada kategori sedang hingga tinggi dengan nilai rata-rata CVL sebesar 40,11%. Sementara itu, analisis CREAM menunjukkan kondisi *tactical control mode* dengan nilai *Human Error Probability* (HEP) sebesar 0,396 yang termasuk kategori *probable*. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban kerja yang tinggi berkontribusi terhadap kelelahan dan peningkatan potensi *human error*. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan berupa pengaturan waktu istirahat, rotasi kerja, perbaikan kondisi lingkungan kerja, penyempurnaan SOP, dan peningkatan pelatihan *operator*.

Kata kunci: Beban kerja, Kardiovaskular, Keselamatan Kerja, dan Kognitif.

ABSTRACT

Workload is one of the key factors affecting operator performance, safety, and productivity in industrial settings. Working conditions at PT X's refinery plant which feature high temperatures and noise levels, as well as repetitive job demands have the potential to cause physical and mental strain. This is also linked to workplace accidents, which are predominantly caused by human error, as well as the failure to meet production targets during certain periods. This study aims to determine the level of physical and mental workload among operators and provide recommendations for improvements to enhance work efficiency, safety, and productivity. The methods used were Cardiovascular Load (CVL) to measure physical workload based on heart rate and the Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM) to analyze mental workload and the potential for human error through the assessment of Common Performance Conditions (CPC). The research results indicate that the operators' physical workload falls into the moderate-to-high category, with an average CVL value of 40.11%. Meanwhile, the CREAM analysis indicates a tactical control mode, with a Human Error Probability (HEP) value of 0.396, which falls into the "probable" category. These conditions indicate that high workload contributes to fatigue and an increased potential for human error. Therefore, improvements are needed in the form of rest period scheduling, work rotation, improvements to the work environment, refinement of SOPs, and enhanced operator training.

Keywords: *Cardiovascular, Cognitive, Occupational Safety, and Workload.*