

ABSTRAK

Aktivitas *packing* pada *conveyor* merupakan pekerjaan repetitif yang mengharuskan operator bekerja secara kontinu. Kondisi kerja ini berpotensi meningkatkan beban kerja fisik dan mental operator. Lingkungan kerja dan posisi kerja yang kurang ergonomis dapat memengaruhi respon fisiologis serta kenyamanan operator selama proses produksi berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kebisingan, suhu, dan posisi kerja terhadap beban kerja fisik dan mental operator serta menentukan kondisi kerja optimal menggunakan pendekatan ergonomi eksperimental. Beban kerja fisik diukur berdasarkan *Cardiovascular Load* (%CVL), sedangkan beban kerja mental diukur menggunakan parameter *Heart Rate Variability* (HRV-RMSSD). Penelitian ini menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan posisi kerja berpengaruh signifikan terhadap beban kerja fisik operator, sedangkan kebisingan dan suhu berpengaruh signifikan terhadap beban kerja mental operator. Kondisi kerja optimal diperoleh pada tingkat kebisingan sebesar 66,89 dB, suhu kerja sebesar 24,44°C, dan posisi kerja frontal dengan nilai minimum %CVL sebesar 8% serta respon HRV-RMSSD sebesar 12,61 ms. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian lingkungan kerja dan penerapan posisi kerja ergonomis dapat membantu menurunkan tekanan fisiologis operator selama proses *packing* berlangsung. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem kerja industri yang lebih ergonomis melalui pendekatan eksperimen berbasis respon fisiologis operator. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat mendukung implementasi *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) melalui pengembangan lingkungan kerja industri yang lebih aman, nyaman, dan efisien.

Kata Kunci: *conveyor*, ergonomi, beban kerja fisik, beban kerja mental, %CVL, HRV-RMSSD, *Response Surface Methodology*, SDGs-9.

ABSTRACT

Conveyor-based packing activities are repetitive tasks that require operators to work continuously. It potentially increases both physical and mental workload. Non-ergonomic working conditions and postures may affect operators' physiological responses and comfort during the production process. This study aimed to analyze the effects of noise, temperature, and work posture on operators' physical and mental workload and to determine the optimal working conditions using an experimental ergonomics approach. Physical workload was measured using the Cardiovascular Load (%CVL) method, while mental workload was assessed using the Heart Rate Variability (HRV-RMSSD) parameter. This study employed the Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD). The results showed that temperature and work posture significantly affected operators' physical workload, whereas noise and temperature significantly influenced mental workload. The optimal working conditions were achieved at a noise level of 66.89 dB, a working temperature of 24.44°C, and a forward-facing work posture, resulting in a minimum %CVL of 8% and an HRV-RMSSD response of 12.61 ms. These findings indicate that controlling workplace environmental factors and implementing ergonomic work postures can help reduce operators' physiological strain during the packing process. This study contributes to the development of ergonomic industrial work systems through an experimental approach based on operators' physiological responses. In addition, the findings are expected to support the implementation of Sustainable Development Goal (SDG) 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure) by developing safer, more ergonomic, and more efficient industrial working environments.

Keywords: conveyor, ergonomics, physical workload, mental workload, %CVL, HRV-RMSSD, Response Surface Methodology, SDGs-9

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, kasih sayang, pertolongan, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan Kondisi Kerja Optimal Berdasarkan Kebisingan, Suhu, dan Posisi Kerja untuk Meminimalkan Beban Kerja Fisik dan Mental Operator Menggunakan Response Surface Methodology (Studi Eksperimen: Proses Packing Produk di Lab. EPSK)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunodjoyo Madura.

Perjalanan dalam menyusun skripsi ini tidak selalu berjalan mudah. Banyak proses, pembelajaran, dan tantangan yang harus dilalui dengan penuh kesabaran. Namun, di balik seluruh proses tersebut, penulis menyadari bahwa selalu ada doa, dukungan, dan kehadiran orang-orang baik yang menjadi alasan penulis mampu bertahan hingga sampai pada titik ini. Skripsi ini bukan sekadar bentuk penyelesaian kewajiban akademik, tetapi juga menjadi bagian dari perjalanan panjang tentang perjuangan, harapan, dan proses bertumbuh.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, doa, dan kasih sayang dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang selalu mengusahakan begitu banyak hal dengan penuh cinta dan ketulusan demi masa depan putri-putrinya. Terima kasih karena selalu menjadikan pendidikan sebagai hal yang paling utama untuk putri-putrinya, bahkan di tengah lelah, pengorbanan, dan perjuangan yang mungkin tidak pernah sepenuhnya terlihat. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah terputus, atas dukungan yang selalu menguatkan, serta kasih sayang yang senantiasa menjadi tempat paling nyaman bagi penulis untuk pulang. Skripsi ini bukan sekadar pencapaian akademik, melainkan salah satu bentuk kecil dari hasil perjuangan, ketulusan, dan cinta luar biasa yang Bapak dan Ibu berikan selama ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan

kesehatan, kebahagiaan, rezeki yang penuh keberkahan, serta umur yang panjang agar Bapak dan Ibu selalu dapat menyaksikan setiap langkah, pencapaian, dan kebahagiaan putri-putrinya di masa depan. Tidak akan pernah cukup kata untuk menggambarkan besarnya rasa syukur, hormat, dan cinta penulis kepada Bapak dan Ibu.

2. Terima kasih kepada kakak-kakak tercinta, Evita Hestiwi dan Intan Kusuma Dewi, yang selalu hadir dengan caranya masing-masing dalam menemani setiap proses penulis hingga sampai di titik ini. Terima kasih atas doa, dukungan, perhatian, serta segala hal kecil yang mungkin terlihat sederhana, tetapi selalu berarti bagi penulis. Semoga segala hal baik, kebahagiaan, dan keberhasilan senantiasa menyertai setiap langkah kalian.
3. Bapak Dr. Nachnul Ansori, S.T., M.T. dan Bapak Yoga Aulia Sulaiman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, arahan, kesabaran, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah membimbing penulis tidak hanya dalam proses akademik, tetapi juga dalam belajar untuk lebih sabar, teliti, dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan setiap proses penelitian.
4. Ibu Fatanur Baity Tsulutsya, S.Si., M.Si. dan Ibu Asri Amalia Muti, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritik, masukan, serta evaluasi yang membangun demi penyempurnaan penelitian dan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan *staff* Program Studi Teknik Industri Universitas Trunodjoyo Madura yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta banyak pembelajaran berharga selama masa perkuliahan. Terima kasih atas setiap pengetahuan, arahan, dan pengalaman yang telah menjadi bagian penting dalam proses bertumbuhnya penulis. Semoga segala ilmu, kebaikan, dan ketulusan yang telah diberikan menjadi amal jariyah yang senantiasa membawa keberkahan, kesehatan, kebahagiaan, serta kesuksesan bagi Bapak dan Ibu di dunia maupun di akhirat.
6. Terima kasih kepada Bank Indonesia atas kesempatan dan dukungan yang diberikan kepada penulis sebagai *awardee* Beasiswa Bank Indonesia selama dua periode. Terima kasih atas pengalaman, motivasi, dan nilai-nilai inspiratif

yang diberikan selama proses tersebut, sehingga menjadi bagian berharga dalam perjalanan belajar dan bertumbuh penulis selama masa perkuliahan.

7. Terimakasih kepada kakak-kakak EPSIKER'S 20, mbak jihaz, mbak icha, mbak tita, mbak rey, mas david, mas fito, mas fasa, dan mas agung. Terimakasih kepada kakak-kakak EPSIKER'S 21, mbak helen, mbak adis, mbak nana, mbak dwi, mas fitra, mas rizal, mas thompies, dan mas favian. Terimakasih atas semua ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama bergabung menjadi keluarga besar Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja.
8. Terima kasih kepada teman-teman EPSIKER'S 22 yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama masa perkuliahan. Terima kasih karena telah menjadi *partner* hebat dalam berproses, belajar, dan bertumbuh bersama. Terima kasih kepada Nurul si cantik yang selalu ceria dan berhasil membawa suasana, Yuna si paling cuek tapi diam-diam paling perhatian dan baik hatinya, Meilina si warga lokal paling santuy yang selalu jadi pusat info, Rovy si manusia GPT serba bisa yang selalu dapat diandalkan, Zulpan si pria sigma ahlinya LCA + jamet versi ganteng nya moker, Zaka si pria dewasa yang tajir dan tidak pernah gagal menjadi penyelamat di saat genting, serta Shola si pria sqena terkenal se telang dan pecinta murottal. Terima kasih untuk semua cerita, tawa, drama, dukungan, dan proses yang telah dilalui bersama. Semoga segala mimpi dan langkah yang sedang diperjuangkan dapat menemukan jalan terbaiknya masing-masing. *See you on top, proud to grow with all of you.*
9. Terima kasih kepada EPSIKER'S 23 yang telah menjadi bagian dari banyak cerita dan proses selama berada di Laboratorium EPSK. Terima kasih kepada Cifa, Zahrotul, Alipia, Sarah, dan Elfa, para cewek comel yang tidak hanya cantik tetapi juga hebat dengan caranya masing-masing. Terima kasih juga kepada Farhan, Eka, dan Ikrom, trio pria penuh tingkah yang selalu berhasil membuat suasana menjadi lebih hidup, lucu, dan berkesan di setiap momennya. Terima kasih kepada EPSIKER'S 24, Rere, Fitri, Felicia, Afriza, Ridho, Victor, Ilham, dan Iqbal, para adik-adik penerus estafet yang penuh potensi dan cerita. Semoga setiap proses yang dijalani selalu membawa pembelajaran,

kebahagiaan, dan langkah besar menuju masa depan terbaik versi kalian masing-masing.

10. Terima kasih kepada sahabat seperjuangan, Deasy P.N.R dan Tiya A.J., yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, bantuan, serta segala cerita dan proses yang telah dilalui bersama. Semoga segala mimpi, harapan, dan langkah yang sedang diperjuangkan dapat menemukan jalan terbaiknya masing-masing. *See you on top, girls.*
11. *Last but not least*, untuk diri saya sendiri. Terima kasih telah bertahan dan menyelesaikan perjalanan ini dengan baik. Tidak semua proses berjalan mudah, tetapi diri ini memilih untuk tetap melangkah, belajar, dan bertumbuh dalam setiap keadaan. Perjalanan ini mengajarkan bahwa menjadi kuat tidak selalu tentang terlihat hebat, melainkan tentang mampu tetap berdiri dengan tenang, memahami setiap proses, dan menjalani kehidupan dengan penuh tanggung jawab. Skripsi ini bukan sekadar tentang memperoleh gelar sarjana, tetapi tentang perjalanan menjadi perempuan yang lebih dewasa, mandiri, dan memahami nilai dirinya sendiri. Apresiasi untuk setiap usaha yang dilakukan dalam diam, untuk setiap lelah yang berhasil dilewati, untuk setiap doa yang terus dijaga, dan untuk diri yang tidak pernah benar-benar menyerah pada keadaan. Semoga setelah ini, setiap langkah selalu dipenuhi hal-hal baik, dikelilingi oleh orang-orang yang tulus, dan setiap mimpi yang diperjuangkan menemukan jalannya satu per satu. *Thank you for never giving up on yourself. She learned that strength is often found in patience, resilience, and the courage to keep moving forward. Through every process, she grew into a woman who carries herself with grace, understands her worth, and continues to become a better version of herself.*

Bangkalan, 11 Juni 2026

Penulis

Setya Widarti Indrianing Tias

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
MOTTO.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah.....	8
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Ergonomi.....	10
2.1.1 Tujuan dan Ruang Lingkup Ergonomi	11
2.1.2 Ergonomi dalam Sistem Kerja dan Stasiun Kerja.....	12
2.2 Beban Kerja.....	12
2.2.1 Beban Kerja Fisik.....	13
2.2.2 Beban Kerja Mental	13

2.3 Lingkungan Kerja.....	14
2.3.1 Lingkungan Kerja Fisik	15
2.3.2 Lingkungan Kerja Non Fisik.....	15
2.4 Kebisingan	15
2.5 Suhu Lingkungan Kerja	17
2.6 Posisi Kerja	18
2.7 Pengukuran Beban Kerja	19
2.7.1 Metode <i>Cardiovascular Load</i> (CVL).....	19
2.7.2 Metode <i>Heart Rate Variability</i> (HRV)	20
2.8 <i>Design of Experiment</i> (DoE).....	21
2.8.1 Desain Faktorial	22
2.8.2 Uji ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>).....	23
2.9 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	24
2.9.1 <i>Box-Behnken Design</i> (BBD)	26
2.9.2 <i>Central Composite Design</i> (CCD)	27
2.10 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	32
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	32
3.2 Jenis dan Desain Penelitian.....	33
3.3 Alat Penelitian	33
3.4 Penentuan Faktor, Level Faktor, dan Variabel Respon	37
3.4.1 Variabel Bebas (<i>Independen Variable</i>) dan Level Faktor	37
3.4.2 Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>).....	38
3.5 Penentuan Partisipan	39
3.5.1 Kualifikasi Partisipan	40
3.5.2 Pengalaman Kerja dengan <i>Conveyor</i>	40

3.5.3 Kesehatan dan Kondisi Fisik Operator	40
3.5.4 Pemahaman Prosedur Eksperimen.....	40
3.5.5 Pelatihan Teknis (Pra-Eksperimen).....	41
3.5.6 Pengendalian Lokal (<i>Local Control</i>).....	41
3.6 Tahap Pengumpulan Data.....	41
3.6.1 Tahap Rancangan Eksperimen	41
3.6.2 Tahap Pengumpulan Data Beban Kerja Fisik dan Mental	50
3.6.3 Beban Kerja Fisik (% <i>Cardiovascular Load</i>)	51
3.6.4 Beban Kerja Mental (<i>Heart Rate Variability</i>)	52
3.7 Tahap Pengolahan Data dan Analisa Data.....	54
3.7.1 Desain Eksperimen dan Model Matematis	54
3.7.2 Analisis Statistik dan Uji Kelayakan Model	55
3.7.3 Hipotesis Pengujian Statistik.....	56
3.7.4 Proses Optimasi Respon.....	57
3.8 <i>Flowchart</i>	58
3.9 Tahap Kesimpulan dan Saran.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Hasil Karakteristik Partisipan	60
4.2 Pengondisian Eksperimen	62
4.3 Hasil Pengumpulan Data.....	63
4.3.1 Hasil Respon Beban Kerja Fisik (%CVL)	63
4.3.2 Visualisasi Hasil Respon Beban Kerja Fisik (%CVL)	67
4.3.3 Hasil Respon Beban Kerja Mental (HRV – RMSSD).....	68
4.3.4 Visualisasi Hasil Respon Beban Kerja Mental (RMSSD)	72
4.4 Analisis Statistik dan Model Respon Beban Kerja Fisik (%CVL)	73
4.4.1 Model Regresi CVL	73

4.4.2 Uji Signifikansi Model (ANOVA)	75
4.4.3 Visualisasi Respon (<i>Contour</i> dan <i>Surface plot</i>)	77
4.4.4 Evaluasi Model (<i>Goodness of Fit</i>)	80
4.4.5 Optimasi Beban Kerja Fisik (%CVL)	81
4.4.6 Interpretasi Ergonomi.....	82
4.5 Analisis Statistik dan Model Respon Beban Kerja Mental	83
4.5.1 Model Regresi (HRV – RMSSD).....	83
4.5.2 Uji Signifikansi Model (ANOVA)	85
4.5.3 Visualisasi Respon (<i>Contour</i> dan <i>Surface plot</i>)	86
4.5.4 Evaluasi Model (<i>Goodness of Fit</i>)	90
4.5.5 Optimasi Beban Kerja Mental (HRV).....	91
4.5.6 Interpretasi Ergonomi.....	92
4.6 Kombinasi Optimasi <i>Response Optimization</i> Beban Kerja Fisik dan Mental	93
4.6.1 Tujuan Optimasi.....	93
4.6.2 Hasil Respon <i>Optimizier</i>	93
4.7 Pembahasan.....	95
4.7.1 Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental.....	95
4.7.2 Implikasi Hasil Penelitian	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
5.1 Kesimpulan	100
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN.....	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai ambang batas kebisingan.....	16
Tabel 2.2 Nilai Ambang Batas Suhu (Sumber : Amaliyah et al., 2024).....	18
Tabel 2.3 Klasifikasi beban kerja berdasarkan %CVL	20
Tabel 2.4 Struktur tabel ANOVA	24
Tabel 2.5 Perancangan <i>Design Box – Behnken</i>	26
Tabel 2.6 Perancangan <i>Design Central Composite Design</i>	27
Tabel 2.7 Penelitian terdahulu.....	31
Tabel 3.8 <i>Gantt chart</i> penelitian.....	32
Tabel 3.9 Faktor dan levelnya	37
Tabel 3.10 Faktor respon.....	38
Tabel 3.11 Rancangan faktor eksperimen	41
Tabel 3.12 Rekapitulasi jumlah data	43
Tabel 3.13 Rekapitulasi rentang level faktor.....	47
Tabel 3.14 Rancangan CCD sebelum <i>randomization</i>	48
Tabel 3.15 Rancangan CCD sesudah <i>randomization</i>	49
Tabel 4.16 Rekapitulasi hasil perhitungan respon beban kerja fisik.....	66
Tabel 4.17 Rekapitulasi hasil perhitungan respon beban kerja mental	71
Tabel 4.18 Hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) respon beban kerja fisik.....	75
Tabel 4.19 Model <i>summary</i> respon beban kerja fisik	80
Tabel 4.20 Hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) beban kerja mental.....	85
Tabel 4.21 Model <i>summary</i> respon beban kerja mental.....	90
Tabel 4.22 Rekapitulasi hasil uji respon beban kerja fisik & mental.....	95
Tabel 4.23 Rekapitulasi hasil optimasi.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi lingkungan dan stasiun kerja di PT X.....	4
Gambar 1.2 Grafik hasil data nilai indikator NASA-TLX.....	5
Gambar 2.3 Prinsip dasar ergonomi dalam sistem kerja.....	11
Gambar 2.4 Perbedaan permukaan <i>Response Surface Methodology</i>	25
Gambar 3.5 <i>Humidity meter</i>	34
Gambar 3.6 <i>Sound level meter</i>	34
Gambar 3.7 <i>Sound system</i>	35
Gambar 3.8 Polar H10.....	35
Gambar 3.9 <i>Conveyor</i>	36
Gambar 3.10 <i>Pulse oximeter</i>	36
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> penelitian.....	59
Gambar 4.12 Hasil skrining riwayat Kesehatan partisipan	60
Gambar 4.13 Hasil skrining pra-eksperimen	61
Gambar 4.14 Kondisi pengambilan data pada proses <i>packing</i> berbasis <i>conveyor</i>	62
Gambar 4.15 Grafik respon %CVL	67
Gambar 4.16 Grafik hasil respon HRV (RMSSD).....	72
Gambar 4.17 <i>Contour plot</i> respon beban kerja fisik posisi frontal.....	77
Gambar 4.18 <i>Contour plot</i> respon beban kerja fisik posisi lateral.....	78
Gambar 4.19 <i>Surface plot</i> respon beban kerja fisik posisi frontal	78
Gambar 4.20 <i>Surface plot</i> respon beban kerja fisik posisi lateral.....	79
Gambar 4.21 Grafik hubungan nilai aktual dan prediksi respon beban kerja fisik.....	81
Gambar 4.22 Hasil optimasi respon beban kerja fisik	82
Gambar 4.23 <i>Contour plot</i> respon beban kerja mental posisi frontal	87
Gambar 4.24 <i>Contour plot</i> respon beban kerja mental posisi lateral.....	88
Gambar 4.25 <i>Surface plot</i> respon beban kerja mental posisi frontal	89
Gambar 4.26 <i>Surface plot</i> respon beban kerja mental posisi lateral	89
Gambar 4.27 Grafik hubungan nilai aktual dan prediksi respon beban kerja mental	91
Gambar 4.28 Hasil optimasi respon beban kerja mental.....	92
Gambar 4.29 Hasil <i>response optimizer</i> respon beban kerja fisik & mental	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Data NASA-TLX.....	109
Lampiran 2 Hasil Kuesioner Identifikasi Awal NASA-TLX.....	110
Lampiran 3 Surat Keterangan Menjadi Subjek Eksperimen	114
Lampiran 4 Kuesioner Responden Penelitian	115
Lampiran 5 Perhitungan Manual Uji ANOVA Beban Kerja Fisik	117
Lampiran 6 Perhitungan Manual Uji ANOVA Beban Kerja Mental.....	130
Lampiran 7 Pengambilan Data Partisipan 1	143
Lampiran 8 Pengambilan Data Partisipan 2	145
Lampiran 9 Pengambilan Data Partisipan 3	147
Lampiran 10 Pengambilan Data Partisipan 4	149
Lampiran 11 Pengambilan Data Partisipan 5	151