

**EVALUASI ERGONOMI KOMPRESOR UDARA HASIL DAUR ULANG
KULKAS BEKAS TERHADAP KINERJA KENYAMANAN OPERATOR
*SPRAYGUN***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T)
Pada Prodi Teknik Industri



OLEH:

RICKY WINATA PRAYOGI

NPM: 23.23.04.0008

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2026

HALAMAN JUDUL

**EVALUASI ERGONOMI KOMPRESOR UDARA HASIL DAUR ULANG
KULKAS BEKAS TERHADAP KINERJA KENYAMANAN OPERATOR
*SPRAYGUN***

TUGAS AKHIR

Di ajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar ahli Madya Teknik (A.Md.T)
Pada Program Studi Teknik Industri UNP Kediri



OLEH:

RICKY WINATA PRAYOGI

NPM: 23.23.04.0007

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI**

2026

Tugas Akhir Oleh:

RICKY WINATA PRAYOGI

NPM: 23.23.04.0008

Judul:

**EVALUASI ERGONOMI KOMPRESOR UDARA HASIL DAUR ULANG
KULKAS BEKAS TERHADAP KINERJA KENYAMANAN OPERATOR
*SPRAYGUN***

Telah disetujui untuk diajukan kepada Panitia Ujian Tugas Akhir Program Studi
Diploma 3 Teknik Industri FTIK UN PGRI Kediri

Tanggal: 15 Juli 2026

Pembimbing I



Hisbulloh Ahlis Munawi, S.E, M.T.
NIDN. 0716108101

Pembimbing II



Ary Permatadeny Nevita, ST., SE., MM.
NIDN. 00704127901

Tugas Akhir Oleh

RICKY WINATA PRAYOGI

NPM: 23.23.04.0008

**EVALUASI ERGONOMI KOMPRESOR UDARA HASIL DAUR ULANG
KULKAS BEKAS TERHADAP KINERJA KENYAMANAN OPERATOR
SPRAYGUN**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Tugas Akhir
Program Studi Diploma 3 Teknik Industri FTIK UN PGRI Kediri.
Pada Tanggal: 15 Juli 2026

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji:

1. Ketua : Hisbulloh Ahlis Munawi, S.E, M.T.
2. Penguji I : Rachmad Santoso, S.T., M.MT.
3. Penguji II : Ary Permatadeny Nevita, S.T., S.E., M.M.



Mengetahui,
Dekan FTIK



Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Ricky Winata Prayogi
Jenis kelamin : Laki laki
Tempat/tanggal lahir : Kediri/ 19 Juni 2004
NPM : 23.23.04.0008
Fakultas/Prodi : FTIK/Prodi D-III Teknik Industri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir ini dapat tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar diploma di industri lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis mengacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 30 juli ,2026



Ricky Winata Prayogi

NPM: 23.23.04.0008

MOTTO

“Petarung Dengan Slogan “Fortis Fortuna Adiuvat “ Tidak Layak Menyerah Atas Jalan Hidupnya ”

(avengedsevenfold)

“Aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya”

(Penulis)

Karya ini kupersembahkan untuk:

Karya ini kupersembahkan kepada keluarga dan semua yang telah memberikan dukungan, doa, serta semangat.

Abstrak

Ricky Winata Prayogi :Evaluasi Ergonomi Kompresor Udara Hasil Daur Ulang Kulkas Bekas Terhadap Kinerja Kenyamanan Operator Spraygun, Tugas Akhir, D-III Teknik Industri, FTIK, UN PGRI Kediri, 2026.

Kata kunci: daur ulang, ergonomi, kompresor udara, *Nordic Body Map*, *Rapid Upper Limb Assessment*, spray gun.

Kompresor udara merupakan salah satu peralatan utama dalam proses pengecatan menggunakan spray gun. Namun, harga kompresor komersial yang relatif mahal mendorong pemanfaatan kompresor kulkas bekas sebagai alternatif yang lebih ekonomis. Meskipun demikian, desain kompresor hasil daur ulang umumnya belum memperhatikan aspek ergonomi sehingga berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan, kelelahan, dan gangguan *muskuloskeletal* pada operator. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi aspek ergonomi kompresor udara hasil daur ulang kulkas bekas serta menganalisis pengaruh pengembangan desain terhadap kenyamanan dan kinerja operator spray gun. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) untuk mengevaluasi postur kerja dan *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengidentifikasi tingkat keluhan muskuloskeletal operator. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran, dokumentasi, dan penyebaran kuesioner kepada 10 orang operator yang menggunakan kompresor udara hasil daur ulang. Selanjutnya dilakukan pengembangan desain dengan memperhatikan prinsip ergonomi, meliputi penyesuaian tinggi handle dan posisi panel kontrol berdasarkan data antropometri operator, penambahan roda dengan sistem pengunci, pemasangan peredam getaran, serta penambahan filter air separator pada saluran udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor NBM menurun dari 45,8 pada kondisi sebelum pengembangan (pre-test) menjadi 36,1 setelah pengembangan (post-test), sedangkan rata-rata Grand Score RULA menurun dari 18,7 menjadi 10,9, atau setara penurunan sekitar 41,7%. Kedua hasil tersebut secara konsisten menunjukkan bahwa pengembangan desain mampu mengurangi beban ergonomi dan memperbaiki postur kerja operator, sehingga kompresor udara hasil daur ulang kulkas bekas dapat dinyatakan layak digunakan sebagai solusi yang lebih aman, nyaman, dan ekonomis bagi operator *spray gun* pada usaha skala rumahan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyusun laporan kegiatan Tugas Akhir ini dengan baik.

Sebagai bagian dari komunitas akademis di Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, kami berupaya untuk mengintegrasikan keilmuan Teknik Industri dengan perkembangan teknologi informasi guna menciptakan solusi yang efisien dan aplikatif. Laporan ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai rencana, tujuan, serta urgensi dari kegiatan yang akan kami laksanakan. Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak di lingkungan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang telah memberikan ruang dan dukungan bagi kami untuk terus berinovasi. Kami berharap laporan ini dapat memberikan gambaran yang jelas dan mendapatkan dukungan positif dari pihak-pihak terkait.

Mohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam dokumen ini. Kritik dan saran sangat kami hargai demi kesuksesan implementasi proyek ini ke depannya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
Abstrak.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu.....	5
B. Landasan Teori	8
C. Kerangka Berfikir.....	13
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Model/Pendekatan Pengembangan.....	17
B. Prosedur Pengembangan	20
C. Desain Pengembangan	26
E. Instrumen Penelitian.....	32
F. Teknik Pengumpulan Data	33
G. Teknik Analisis Data.....	36
H. Metode, Uji Coba, dan/atau Validasi Produk	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Data Produk Hasil Pengembangan	44
B. Data Uji Coba	45
C. Analisis Data	48
D. Revisi Produk	62
E. Kajian Produk Akhir	65
BAB V PENUTUP	66
A. Simpulan	66
B. Saran	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3. 1 Data Demografi Pengguna Alat.....	20
Tabel 3. 2 Lembar Penilaian Kenyamanan Pengguna Alat Spray Gun.....	20
Tabel 3. 3 Penilaian Postur Kerja	21
Tabel 3. 4 Instrumen Penilaian Kenyamanan Pengguna Alat Spray Gun	37
Tabel 3. 5 Tabel Klasifikasi Keluhan Kenyamanan Berdasarkan Bagian Tubuh..	38
Tabel 3. 6 Skala Penilaian Tingkat Keluhan	38
Tabel 3. 7Klasifikasi Tingkat Risiko Berdasarkan Total Skor	39
Tabel 4. 1 Status Keluhan Fisik Operator (P1-P10).....	46
Tabel 4. 2 Kriteria Skor Jawaban Nordic Body Map (NBM)	49
Tabel 4. 3Hasil Rekapitulasi Keluhan Operator Berdasarkan Metode Nordic Body Map (NBM).....	49
Tabel 4. 4 Perhitungan Tiap Responden.....	51
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Skor NBM	51
Tabel 4. 6 Kategori Risiko Responden.....	52
Tabel 4. 7 Validasi Produk Akhir	54
Tabel 4. 8 Hasil Rekapitulasi Keluhan Operator Post-Test Berdasarkan Metode Nordic Body Map (NBM).....	55
Tabel 4. 9 Perhitungan Skor NBM Tiap Responden (Post-Test)	57
Tabel 4. 10 Perbandingan Skor NBM Responden pada Kondisi Pre-Test dan Post-Test	57
Tabel 4. 11 Perbandingan Persentase Keluhan Operator per Bagian Tubuh pada Kondisi (Pre-Test) dan (Post-Test).....	58
Tabel 4. 12 Hasil Penilaian RULA Kondisi Post-Test	60
Tabel 4. 13 Perbandingan Grand Score RULA Kondisi Pre-Test dan Post-Test...	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penjelasan Gambar NBM.....	11
Gambar 2. 2 Penjelasan Gambar RULA.....	13
Gambar 2. 3 Kerangka Berfikir.....	15
Gambar 3. 1 Model Pengembangan.....	19
Gambar 3. 2 Desain Pengembangan	261
Gambar 4. 1 Analisis Kerja Operator.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik di berbagai sektor industri maupun rumah tangga menyebabkan volume limbah elektronik (*electronic waste* atau *e-waste*) terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Kondisi tersebut menjadi tantangan serius dalam pengelolaan lingkungan karena sebagian besar limbah elektronik masih belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak limbah elektronik adalah melalui kegiatan *reuse* dan *recycle* terhadap komponen-komponen yang masih layak digunakan. Salah satu komponen yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali adalah kompresor kulkas bekas. Kompresor tersebut dapat dimodifikasi menjadi kompresor udara sederhana yang mampu menghasilkan tekanan udara untuk berbagai kebutuhan, seperti pengecatan menggunakan *spray gun*, pengisian ban, maupun pekerjaan bengkel berskala kecil. Penelitian Kurniadi & Khumaidi,(2020) menunjukkan bahwa kompresor kulkas bekas dan tabung freon bekas dapat dimanfaatkan sebagai kompresor angin dengan biaya yang relatif murah serta memiliki fungsi yang cukup baik untuk kebutuhan pekerjaan ringan.

Meskipun penggunaan kompresor hasil daur ulang memberikan manfaat dari segi ekonomi dan pemanfaatan limbah elektronik, aspek ergonomi dalam penggunaannya masih sering diabaikan. Pada praktiknya, kompresor hasil modifikasi umumnya belum dirancang berdasarkan prinsip ergonomi sehingga masih ditemukan berbagai kelemahan, seperti posisi pegangan (*handle*) yang kurang sesuai, letak panel kontrol yang terlalu rendah, berat alat yang cukup besar, serta sistem mobilitas yang kurang mendukung aktivitas operator. Kondisi tersebut menyebabkan operator harus bekerja dengan postur yang tidak alamiah (*awkward posture*) sehingga berpotensi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders*

atau MSDs). Menurut penelitian Rezki et al., (2023), postur kerja yang tidak ergonomis memiliki hubungan yang signifikan dengan meningkatnya keluhan muskuloskeletal pada pekerja sehingga diperlukan evaluasi ergonomi menggunakan metode yang tepat seperti *Nordic Body Map* (NBM) dan RULA.

Penggunaan kompresor udara untuk proses pengecatan dengan *spray gun* menuntut operator bekerja secara berulang dalam durasi yang cukup lama. Selama proses tersebut operator harus mempertahankan posisi tubuh yang stabil sambil mengendalikan tekanan udara dan arah penyemprotan cat. Apabila desain kompresor kurang ergonomis, operator cenderung melakukan gerakan membungkuk, menjangkau panel kontrol secara berlebihan, serta mempertahankan posisi tangan dan bahu dalam waktu yang lama. Kondisi tersebut dapat menimbulkan kelelahan otot, nyeri pada leher, bahu, lengan, punggung, hingga pergelangan tangan yang pada akhirnya berdampak terhadap penurunan produktivitas kerja. Penelitian Armanda & Sukanta, (2023) menunjukkan bahwa metode RULA mampu mengidentifikasi tingkat risiko postur kerja secara objektif sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam merancang perbaikan fasilitas kerja yang lebih ergonomis.

Selain evaluasi terhadap postur kerja, identifikasi keluhan muskuloskeletal juga menjadi bagian penting dalam proses pengembangan alat kerja. *Metode Nordic Body Map* (NBM) merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk mengetahui tingkat keluhan pada berbagai bagian tubuh operator setelah melakukan aktivitas kerja. Penelitian Berta lawrensa, lamto widodo, (2023) menjelaskan bahwa peningkatan beban kerja fisik dan postur kerja yang kurang baik berpengaruh langsung terhadap meningkatnya keluhan muskuloskeletal pekerja. Oleh karena itu, hasil identifikasi menggunakan NBM dapat dijadikan dasar dalam menentukan bagian desain alat yang perlu diperbaiki agar mampu meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja operator.

Pengembangan desain kompresor udara hasil daur ulang tidak hanya bertujuan memperbaiki aspek teknis alat, tetapi juga meningkatkan kualitas interaksi antara manusia dan alat kerja. Perbaikan dapat dilakukan melalui penyesuaian tinggi pegangan sesuai data antropometri operator, penempatan

panel kontrol pada daerah jangkauan optimal, penambahan roda untuk meningkatkan mobilitas, serta pemasangan peredam getaran agar operator tidak menerima paparan vibrasi secara langsung selama bekerja. Penelitian Barita & Nuryono, (2022) menunjukkan bahwa penerapan prinsip ergonomi yang didasarkan pada hasil evaluasi NBM, RULA, dan data antropometri mampu menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal serta meningkatkan kenyamanan kerja operator secara signifikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi ergonomi terhadap kompresor udara hasil daur ulang kulkas bekas yang digunakan oleh operator *spray gun* dengan menggunakan *Metode Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar dalam merancang pengembangan desain kompresor yang lebih ergonomis sehingga mampu mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal, meningkatkan kenyamanan kerja, serta mempertahankan bahkan meningkatkan kinerja operator. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi konsep pemanfaatan limbah elektronik (*e-waste*) dengan penerapan evaluasi ergonomi dalam pengembangan kompresor udara hasil daur ulang sehingga menghasilkan alat yang lebih aman, nyaman, produktif, serta ramah lingkungan bagi pelaku usaha skala rumahan.

B. Batasan Masalah

1. Evaluasi yang dilakukan hanya mencakup aspek ergonomi alat, meliputi kenyamanan penggunaan, kemudahan pengoperasian, postur kerja operator, serta keamanan saat penggunaan.
2. Subjek penelitian adalah operator yang menggunakan *spray gun* dalam kegiatan pengecatan dengan kompresor udara hasil daur ulang kulkas bekas.

C. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kondisi ergonomi kerja operator saat mengoperasikan kompresor udara hasil daur ulang berdasarkan tingkat keluhan muskuloskeletal menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM)?

2. Bagaimana kondisi postur kerja operator saat mengoperasikan kompresor udara hasil daur ulang berdasarkan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan desain ergonomis?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi ergonomi kerja operator saat mengoperasikan kompresor udara hasil daur ulang berdasarkan tingkat keluhan muskuloskeletal menggunakan *metode Nordic Body Map* (NBM).
2. Menganalisis perubahan postur kerja operator sebelum dan sesudah perbaikan desain kompresor udara hasil daur ulang menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

E. Manfaat Penelitian

1. Khususnya terkait evaluasi ergonomi pada kompresor udara hasil daur ulang dari kompresor bahan kulkas bekas. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah elektronik dan penerapan prinsip ergonomi pada perancangan alat kerja.
2. Bagi skala Rumahan
 Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dan efisiensi solusi penggunaan kompresor udara yang ekonomis, mudah dirawat, dan ergonomis bagi pelaku usaha kecil rumahan, seperti bengkel dan usaha pengecatan. Dengan desain yang lebih ergonomis, diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan operator, efisiensi kerja, serta kualitas hasil pengecatan menggunakan spray gun

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian terdahulu mengenai pembuatan kompresor angin menggunakan komponen bekas, diketahui bahwa pemanfaatan limbah kompresor kulkas dan tabung bekas freon dapat dijadikan alternatif pembuatan kompresor angin dengan biaya yang lebih ekonomis. Kompresor kulkas memiliki kemampuan menghasilkan tekanan udara yang cukup untuk kebutuhan ringan seperti pengecatan, pembersihan komponen, dan pengisian ban kendaraan. Dari hasil kajian tersebut diketahui bahwa penggunaan tabung bekas freon sebagai media penyimpanan udara memiliki tingkat kekuatan yang cukup baik karena tabung dirancang untuk menahan tekanan refrigeran. Namun sebelum digunakan, tabung harus melalui proses pemeriksaan kebocoran dan pembersihan agar aman digunakan sebagai tabung udara bertekanan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kompresor kulkas memiliki kelebihan berupa suara yang lebih halus dan konsumsi daya listrik yang rendah dibandingkan kompresor konvensional. Akan tetapi kapasitas udara yang dihasilkan relatif kecil sehingga lebih cocok digunakan pada pekerjaan skala ringan/rumahan.

Tabel 2. 1 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penerbit/Jurnal	Penulis	Tahun
1	Modifikasi Mesin Perontok Bulu Unggas Dengan Metode REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>)	Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi (INOTEK), Universitas PGRI Kediri	Ary Permatadeny Nevita, Hisbullah Ahlis Munawi, Alkaf Mahi Ismianto	2020
2	Analisis Risiko Postur Kerja dengan Metode <i>Nordic Body Map</i> , RULA dan REBA pada Proses Manual Material Handling Pabrik Kecap	Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri (JMTSI), Universitas Suryakencana	Muhammad Rifqi Fauzi, dkk.	2023

No	Judul Penelitian	Penerbit/Jurnal	Penulis	Tahun
3	Penilaian Risiko Postur Pekerja Menggunakan Metode <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> (RULA)	JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri, STTM Cileungsi	Dwi Cahyono, dkk.	2023
4	Menurunkan Keluhan Nyeri pada Tubuh Pekerja Menggunakan Analisis <i>Nordic Body Map</i> (NBM), RULA, dan Antropometri	Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering, Universitas Mercu Buana	Nur Rahmawati, dkk.	2023
5	Analisis Ergonomi Beban Kerja Fisik Menggunakan Metode Cardiovascular Load (CVL), REBA, dan Nordic Body Map	Jurnal Serambi Engineering, Universitas Tarumanagara	Muhammad Rizky Pratama, dkk.	2024

Penelitian yang dilakukan penulis memiliki nilai kebaruan (novelty) karena mengintegrasikan aspek pemanfaatan limbah elektronik (e-waste) dengan evaluasi ergonomi dalam pengembangan kompresor udara hasil daur ulang kulkas bekas. Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada evaluasi postur kerja, analisis keluhan muskuloskeletal, atau perbaikan fasilitas kerja, penelitian ini menggabungkan aspek teknis, ergonomi, dan keberlanjutan lingkungan dalam satu rancangan pengembangan produk. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan alat yang berfungsi secara teknis, tetapi juga memperhatikan kenyamanan, keselamatan, dan kesehatan operator selama proses penggunaan.

Dibandingkan dengan penelitian Alkaf Mahi I, Ary Permataden N, (2020) yang memodifikasi mesin perontok bulu unggas menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), penelitian ini memiliki perbedaan pada objek penelitian dan tujuan pengembangannya. Penelitian terdahulu berfokus pada peningkatan ergonomi mesin produksi di bidang peternakan, sedangkan penelitian ini mengembangkan kompresor udara hasil daur ulang dari kulkas bekas yang

digunakan sebagai sumber udara untuk proses pengecatan menggunakan *spray gun*. Selain memperbaiki aspek ergonomi, penelitian ini juga mengedepankan konsep *upcycling* limbah elektronik sehingga memberikan nilai tambah dari sisi keberlanjutan lingkungan.

Selanjutnya, penelitian Rezki et al., (2023) berfokus pada identifikasi risiko postur kerja dan keluhan muskuloskeletal pekerja selama aktivitas pemindahan material secara manual. Sementara itu, penelitian yang dilakukan penulis tidak hanya melakukan identifikasi risiko ergonomi menggunakan metode (NBM) dan (RULA), tetapi juga menerapkan hasil evaluasi tersebut sebagai dasar dalam merancang pengembangan kompresor udara yang lebih ergonomis. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan solusi berupa perbaikan desain alat, bukan hanya rekomendasi terhadap postur kerja operator.

Berbeda pula dengan penelitian Armanda & Sukanta, (2023) yang hanya berfokus pada penilaian tingkat risiko postur kerja operator, penelitian ini mengintegrasikan evaluasi postur dengan pengembangan produk secara langsung. Hasil penilaian (RULA) digunakan sebagai dasar untuk menentukan modifikasi desain kompresor, seperti penyesuaian tinggi *handle*, posisi panel kontrol, penambahan roda, serta pemasangan peredam getaran sehingga diharapkan mampu menurunkan risiko cedera muskuloskeletal sekaligus meningkatkan kenyamanan kerja operator.

Penelitian ini juga memiliki perbedaan dengan penelitian Barita & Nuryono, (2022) Penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada perbaikan fasilitas kerja berdasarkan data antropometri untuk mengurangi keluhan fisik pekerja. Adapun penelitian yang dilakukan penulis menerapkan pendekatan antropometri secara spesifik pada pengembangan kompresor udara hasil daur ulang dengan mempertimbangkan dimensi pegangan, tinggi panel kontrol, sistem mobilitas alat, serta reduksi getaran. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan kenyamanan operator selama proses pengecatan yang dilakukan secara berulang dalam waktu yang relatif lama.

Selain itu, apabila dibandingkan dengan penelitian Berta lawrensa, lamto widodo, (2023) yang berfokus pada analisis beban kerja fisik pekerja, penelitian ini

memiliki ruang lingkup yang lebih luas. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi beban kerja dan tingkat keluhan operator, tetapi juga mengembangkan desain kompresor udara hasil daur ulang yang ergonomis serta mengevaluasi dampaknya terhadap kenyamanan kerja, penurunan risiko muskuloskeletal, dan kinerja operator *spray gun*. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi berupa rancangan alat yang lebih aman, nyaman, produktif, serta mendukung pemanfaatan kembali limbah elektronik secara berkelanjutan. Nilai kebaruan penelitian terletak pada penyinerjian konsep ergonomi, pengembangan produk, dan keberlanjutan lingkungan (*sustainability*) melalui pemanfaatan kompresor kulkas bekas sebagai kompresor udara yang dirancang sesuai dengan karakteristik antropometri pengguna.

B. Landasan Teori

1. Definisi dan Konsep Dasar Ergonomi

Penerapan ergonomi menjadi aspek penting dalam perancangan maupun pengembangan suatu alat kerja karena dapat mengurangi beban kerja fisik, meningkatkan kenyamanan operator, serta meminimalkan risiko gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders* atau MSDs). Hasil penelitian Berta lawrensa, lamto widodo, (2023) menunjukkan bahwa postur kerja yang tidak ergonomis memiliki hubungan yang signifikan dengan meningkatnya keluhan muskuloskeletal pada pekerja. Oleh karena itu, evaluasi ergonomi menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan perbaikan desain alat kerja agar sesuai dengan kemampuan fisik operator.

Selain itu, penelitian Armanda & Sukanta,(2023) menjelaskan bahwa penilaian postur kerja menggunakan metode RULA mampu mengidentifikasi tingkat risiko cedera pada anggota tubuh bagian atas sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam merancang fasilitas kerja yang lebih ergonomis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penerapan prinsip ergonomi tidak hanya berpengaruh terhadap kesehatan pekerja, tetapi juga meningkatkan efisiensi serta produktivitas kerja melalui perbaikan postur dan desain peralatan.

Dalam penelitian ini, konsep ergonomi digunakan sebagai landasan untuk mengevaluasi desain kompresor udara hasil daur ulang dari kompresor kulkas bekas

yang digunakan oleh operator *spray gun*. Evaluasi dilakukan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) untuk mengidentifikasi tingkat keluhan muskuloskeletal dan risiko postur kerja operator. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengembangan desain kompresor agar lebih sesuai dengan karakteristik antropometri pengguna sehingga mampu meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan kinerja operator selama proses pengecatan.

Prinsip-prinsip ergonomi yang menjadi dasar dalam penelitian ini meliputi:

- a. Penerapan ergonomi bertujuan menyesuaikan desain alat, metode kerja, dan lingkungan kerja dengan kemampuan serta keterbatasan manusia sehingga dapat mengurangi risiko kelelahan dan gangguan muskuloskeletal.
- b. Evaluasi ergonomi menggunakan *metode Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) mampu mengidentifikasi tingkat keluhan fisik dan risiko postur kerja sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan desain alat yang lebih aman, nyaman, dan produktif.

2. Faktor-Faktor Ergonomi dalam Sistem Kerja

a. Antropometri

Pentingnya penerapan data antropometri dalam perancangan fasilitas kerja juga didukung oleh penelitian Barita & Nuryono,(2022) yang menunjukkan bahwa penyesuaian dimensi fasilitas kerja berdasarkan ukuran tubuh operator mampu menurunkan keluhan muskuloskeletal serta meningkatkan kenyamanan kerja. Dalam penelitian ini, data antropometri digunakan sebagai dasar untuk menentukan tinggi pegangan (*handle*), posisi panel kontrol, serta jangkauan operator terhadap komponen kompresor udara hasil daur ulang sehingga operator dapat bekerja dengan postur yang lebih alami.

b. Postur Kerja

Postur kerja merupakan posisi tubuh yang dibentuk oleh operator selama melakukan aktivitas kerja. Postur kerja yang baik akan mengurangi beban pada otot dan sendi, sedangkan postur kerja yang tidak ergonomis (*awkward posture*) dapat meningkatkan risiko kelelahan serta gangguan

muskuloskeletal. Penelitian Armanda & Sukanta, (2023) menunjukkan bahwa postur kerja yang melibatkan gerakan membungkuk, menjangkau, maupun mempertahankan posisi tubuh dalam waktu lama memiliki tingkat risiko ergonomi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, evaluasi postur kerja menjadi salah satu aspek penting dalam pengembangan desain kompresor udara agar operator dapat bekerja dengan posisi tubuh yang lebih aman dan nyaman.

c. Beban Kerja Fisik

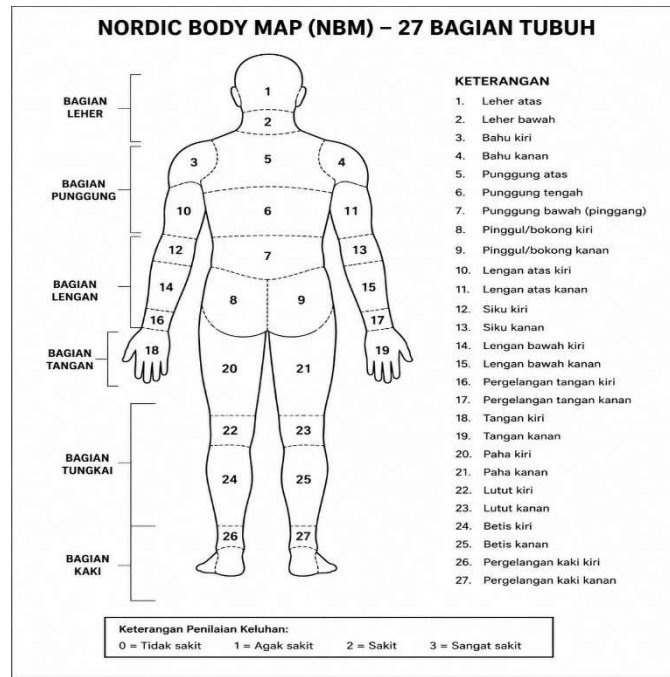
Beban kerja fisik merupakan besarnya aktivitas yang harus dilakukan oleh seseorang selama melaksanakan pekerjaannya. Aktivitas yang dilakukan secara berulang dalam waktu yang lama, terutama dengan postur yang kurang baik, dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders* atau MSDs). Penelitian (Lawrensa et al., 2023) menjelaskan bahwa tingginya beban kerja fisik memiliki hubungan yang erat dengan meningkatnya keluhan pada otot, persendian, dan sistem muskuloskeletal pekerja. Oleh karena itu, pengembangan kompresor udara hasil daur ulang harus mempertimbangkan aspek beban kerja fisik agar penggunaan alat tidak menimbulkan kelelahan berlebihan pada operator.

d. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan seluruh kondisi fisik di sekitar pekerja yang dapat memengaruhi kenyamanan, kesehatan, dan produktivitas kerja. Faktor-faktor seperti kebisingan, getaran mesin, pencahayaan, suhu, dan ruang gerak operator perlu diperhatikan dalam penerapan ergonomi. Penelitian Rezki et al., (2023) menjelaskan bahwa selain postur kerja, kondisi lingkungan kerja yang kurang baik dapat memperbesar risiko kelelahan dan keluhan muskuloskeletal. Oleh karena itu, pengembangan kompresor udara hasil daur ulang tidak hanya memperhatikan dimensi alat, tetapi juga mempertimbangkan pengurangan getaran dan kemudahan mobilitas agar lingkungan kerja menjadi lebih nyaman.

3. Metode Evaluasi Ergonomi

a. *Nordic Body Map* (NBM)



Gambar 2. 1 Penjelasan Gambar NBM

Penggunaan metode *Nordic Body Map* sebagai alat identifikasi keluhan pekerja juga didukung oleh penelitian Rezki et al.,(2023) yang menunjukkan bahwa(NBM) mampu mengidentifikasi bagian tubuh yang paling sering mengalami keluhan akibat aktivitas kerja. Dalam penelitian ini, *Nordic Body Map* digunakan untuk mengetahui tingkat keluhan muskuloskeletal operator *spray gun* sebelum dan sesudah penggunaan kompresor udara hasil pengembangan sehingga efektivitas desain ergonomis dapat dievaluasi secara objektif.

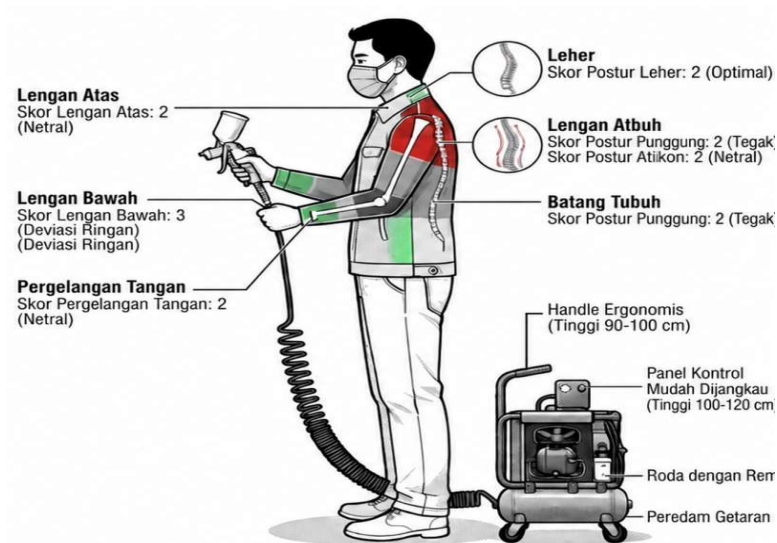
Dalam metode *Nordic Body Map* (NBM), yang dimaksud dengan 27 bagian tubuh adalah pembagian area tubuh manusia yang digunakan sebagai objek penilaian untuk mengidentifikasi adanya keluhan muskuloskeletal (Musculoskeletal Disorders/MSDs) yang dirasakan oleh seseorang setelah melakukan suatu aktivitas kerja. Pembagian tubuh menjadi 27 bagian ini bertujuan untuk mempermudah peneliti maupun

responden dalam menentukan lokasi rasa sakit, pegal, kesemutan, kaku, atau ketidaknyamanan yang muncul akibat postur kerja, gerakan berulang, maupun beban kerja fisik. Setiap bagian tubuh dinilai secara terpisah sehingga dapat diketahui bagian mana yang paling sering mengalami keluhan dan membutuhkan perhatian dalam perbaikan ergonomi.

Ke-27 bagian tubuh tersebut mencakup hampir seluruh anggota tubuh yang aktif digunakan selama bekerja, mulai dari bagian leher, bahu, lengan, siku, lengan bawah, pergelangan tangan, tangan, punggung atas, pinggang atau punggung bawah, pinggul, pantat, paha, lutut, betis, pergelangan kaki, hingga telapak kaki, baik pada sisi kiri maupun kanan. Pembagian yang rinci ini memungkinkan penilaian menjadi lebih spesifik karena setiap bagian tubuh memiliki fungsi dan tingkat beban kerja yang berbeda selama melakukan aktivitas. Misalnya, operator yang sering mengangkat beban lebih berisiko mengalami keluhan pada bahu dan pinggang, sedangkan operator yang banyak menggunakan tangan untuk mengoperasikan peralatan cenderung mengalami keluhan pada pergelangan tangan atau lengan.

b. Rapid Upper Limb Assessment (*RULA*)

Penerapan metode (*RULA*) dalam evaluasi postur kerja didukung oleh penelitian Armanda & Sukanta, (2023) yang menyatakan bahwa metode (*RULA*) mampu mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi secara objektif sehingga hasil penilaian dapat dijadikan dasar dalam melakukan perbaikan desain fasilitas maupun peralatan kerja. Pada penelitian ini, metode (*RULA*) digunakan untuk mengevaluasi postur kerja operator saat menggunakan kompresor udara hasil daur ulang. Hasil penilaian tersebut menjadi dasar dalam menentukan pengembangan desain, seperti penyesuaian tinggi *handle*, posisi panel kontrol, dan sistem mobilitas kompresor agar sesuai dengan prinsip ergonomi. Berikut gambar penerapan pada metode (*RULA*):



Gambar 2. 2 Penjelasan Gambar RULA

c. Integrasi Ergonomi pada Desain Alat

1. Perbaikan desain yang berorientasi pada ergonomi mencakup penyesuaian dimensi fisik (seperti tinggi *handle*), tata letak panel kontrol agar mudah dijangkau tanpa harus membungkuk, serta penambahan fitur penunjang seperti roda rem dan peredam getaran.
2. Penggunaan desain yang ergonomis terbukti berkorelasi positif dengan peningkatan presisi, efisiensi waktu kerja, dan penurunan risiko kelelahan otot, yang pada akhirnya memberikan keuntungan produktivitas bagi pelaku usaha.

C. Kerangka Berfikir

Penelitian ini diawali dengan adanya fenomena meningkatnya penggunaan kompresor udara hasil modifikasi dari limbah kompresor kulkas bekas di sektor usaha skala rumahan. Meskipun inovasi ini memberikan keuntungan dari sisi ekonomis dan lingkungan, terdapat permasalahan mendasar terkait aspek kenyamanan dan keamanan kerja operator yang belum diperhatikan secara serius. Kompresor hasil modifikasi tersebut sering kali memiliki desain yang tidak standar, sehingga memaksa operator bekerja dengan postur yang tidak alamiah.

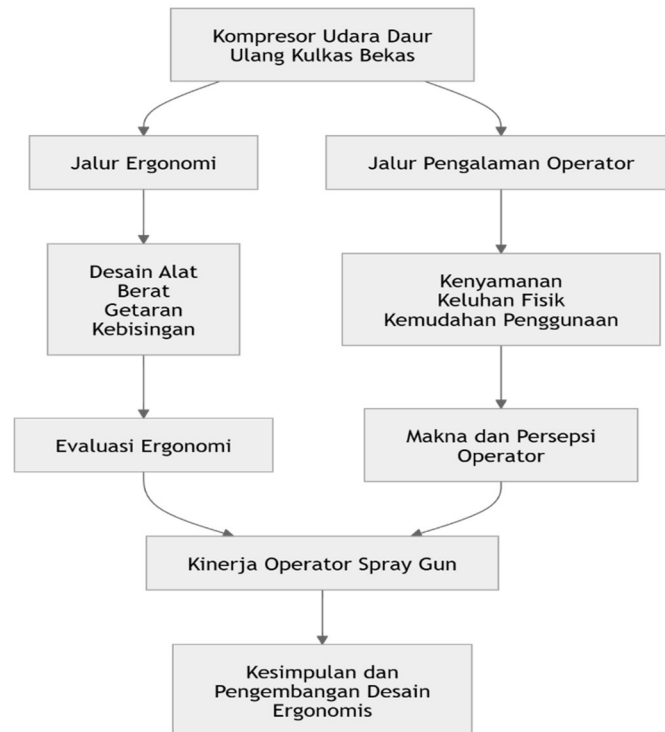
Permasalahan tersebut berimplikasi langsung pada risiko kesehatan kerja, terutama potensi terjadinya *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) akibat aktivitas pengecatan yang dilakukan secara berulang dalam durasi lama. Teknik Industri hadir untuk memecahkan masalah ini dengan mengintegrasikan sistem kerja yang mengutamakan interaksi antara manusia, alat, dan lingkungan kerja. Oleh karena itu, penelitian ini memandang perlu adanya evaluasi ergonomi yang terstruktur untuk mengukur sejauh mana alat tersebut memengaruhi kondisi fisik operator.

Kerangka berpikir dalam penelitian ini secara sistematis dibagi menjadi dua jalur utama yang saling berkaitan, yaitu jalur ergonomi dan jalur pengalaman operator. Pada jalur ergonomi, fokus analisis diletakkan pada variabel teknis yang memengaruhi fisik, meliputi berat unit kompresor, tingkat getaran saat mesin beroperasi, serta kebisingan yang dihasilkan. Data-data teknis ini menjadi indikator objektif mengenai kesesuaian alat dengan standar kerja yang aman bagi pengguna.

Di sisi lain, jalur pengalaman operator menitikberatkan pada aspek subjektif yang dirasakan langsung oleh subjek penelitian. Hal ini mencakup persepsi kenyamanan, tingkat kelelahan fisik yang dirasakan, serta kemudahan dalam mengoperasikan alat selama proses pengecatan. Data subjektif ini penting untuk menangkap kendala yang mungkin tidak terdeteksi secara kasat mata melalui observasi fisik, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai kendala nyata di lapangan.

Kedua jalur tersebut diintegrasikan untuk membangun sebuah sistem evaluasi yang komprehensif. Melalui analisis ini, akan terlihat bagaimana hubungan antara desain alat dan postur tubuh operator memengaruhi efisiensi serta kinerja pengecatan. Integrasi ini merupakan kunci utama dalam penelitian, di mana pendekatan teknis dari ergonomi akan disinergikan dengan data persepsi

operator untuk mendapatkan solusi yang tidak hanya fungsional secara mekanis, tetapi juga ergonomis bagi pengguna.



Gambar 2. 3 Kerangka Berfikir

Setelah data dari jalur ergonomi dan pengalaman operator diolah, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi mendalam untuk mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi. Penggunaan metode *Nordic Body Map* (NBM) akan membantu memetakan keluhan fisik secara spesifik, sementara metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) akan digunakan untuk mengukur tingkat risiko pada postur tubuh bagian atas. Hasil dari kedua metode ini akan menjadi landasan empiris untuk menilai tingkat kesesuaian desain kompresor saat ini.

Apabila dari hasil evaluasi ditemukan risiko yang tinggi, maka akan dirumuskan rekomendasi perbaikan desain yang berorientasi pada peningkatan kenyamanan. Rekomendasi ini mencakup modifikasi pada dimensi fisik alat, seperti penyesuaian tinggi pegangan (*handle*) dan tata letak panel kontrol agar sesuai dengan antropometri pengguna. Perbaikan desain ini bertujuan untuk menghilangkan kebiasaan kerja membungkuk yang menjadi penyebab utama kelelahan otot dan cedera punggung.

Selain perbaikan dimensi fisik, pengembangan desain juga difokuskan pada penambahan fitur penunjang yang ergonomis. Penggunaan roda dengan sistem rem akan meningkatkan aspek mobilitas dan stabilitas alat, sedangkan pemasangan peredam getaran bertujuan untuk meminimalkan dampak kebisingan dan vibrasi mesin terhadap operator. Integrasi fitur-fitur tersebut diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih stabil, aman, dan minim risiko cedera bagi operator spray gun.

Seluruh upaya pengembangan ini pada akhirnya akan bermuara pada peningkatan kinerja operator secara keseluruhan. Dengan desain alat yang lebih ergonomis, operator dapat bekerja dalam postur yang lebih alami, sehingga durasi kerja yang produktif dapat tercapai dengan tingkat kelelahan yang lebih rendah. Peningkatan kenyamanan ini secara langsung akan berkorelasi positif dengan presisi dan efisiensi waktu pengecatan yang dihasilkan, yang pada akhirnya memberikan keuntungan bagi pelaku usaha skala rumahan.

Kerangka berpikir ini menekankan bahwa efisiensi dalam Teknik Industri tidak hanya diukur dari hasil teknis semata, tetapi juga dari keberlanjutan kesehatan operator. Dengan menerapkan prinsip ergonomi pada kompresor daur ulang ini, penelitian ini memberikan solusi aplikatif yang menjembatani antara pemanfaatan limbah elektronik dan perlindungan kesehatan pekerja. Hasil akhir dari alur berpikir ini adalah terciptanya prototipe alat yang memenuhi standar ergonomi kerja, produktif, serta ramah bagi kesehatan manusia.