

**PERANCANGAN ALAT PENYARINGAN PUPUK
ORGANIK BIO WALET MENGGUNAKAN METODE
ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT (EFD)
UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN
DAN KESEHATAN PEKERJA
(STUDI KASUS: UMKM WALET LANGGENG ABADI)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Strata Satu (S1) Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



DISUSUN OLEH :

**HERI SULISTYAWAN
31602100095**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

FINAL PROJECT

***DESIGN OF A BIO ORGANIC FERTILIZER
FOR SWALLOWS USING ERGONOMIC FUNCTION
DEPLOYMENT METHOD(EFD) TO IMPROVE
WORKER COMFORT AND HEALTH
(CASE STUDY: LANGGENG ABADI SWALLOW UMKM)***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree S1 at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung Semarang*



Arranged by :

**HERI SULISTYAWAN
31602100095**

***DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG***

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**PERANCANGAN ALAT PENYARINGAN PUPUK ORGANIK BIO WALET MENGGUNAKAN METODE *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT* (EFD) UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN DAN KESEHATAN PENGGUNA (STUDI KASUS: UMKM WALET LANGGENG ABADI)**" ini disusun oleh :

Nama : Heri Sulistyawan

NIM : 31602100095

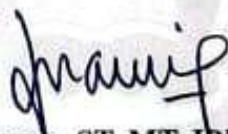
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I



Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT, IPU, ASEAN.Eng
NIDN. 00-1511-7601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Wiwiek Fatmawati, ST, MT, Eng
NIDN. 06-2210-7401

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PERANCANGAN ALAT PENYARINGAN PUPUK ORGANIK BIO WALET MENGGUNAKAN METODE *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT* (EFD) UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN DAN KESEHATAN PENGGUNA (STUDI KASUS: UMKM WALET LANGGENG ABADI)" ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

TIM PENGUJI

Anggota



Dana Prianjani, ST, MT
NIDN. 06-2601-9302

Ketua Penguji



Wiwiek Fatmawati, ST., M.eng
NIDN. 06-2210-7401

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heri Sulistyawan

Nim : 31602100095

Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet Menggunakan Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) Untuk Meningkatkan Kenyamanan Dan Kesehatan Pengguna (Studi Kasus: UMKM Walet Langgeng Abadi)

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 4 September 2025

Yang menyatakan



METERAI
TEMPEL
755EBANX026644277

Heri Sulistyawan

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heri Sulistyawan

Nim : 31602100095

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul : **PERANCANGAN ALAT PENYARINGAN PUPUK ORGANIK BIO WALET MENGGUNAKAN METODE *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT* (EFD) UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN DAN KESEHATAN PENGGUNA (STUDI KASUS: UMKM WALET LANGGENG ABADI).**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non- Eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 4 September 2025

Yang Menyatakan



Heri Sulistyawan

HALAMAN PERSEMBAHAN



Tiada lembar skripsi yang paling indah dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan, Bismillahirrahmanirrahim skripsi ini saya persembahkan untuk :

Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan pertolongan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik

Kedua orang tua saya tercinta Almarhum Bapak Nur Khakim dan Ibu Darminah, tak lupa kakak saya Miftahul Anwar yang selalu melangitkan doa-doa baik dan menjadikan motivasi untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih sudah mengantarkan saya sampai ditempat ini, saya persembahkan karya tulis sederhana ini dan gelar untuk bapak, ibu dan kakak.

Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana ST., MT, IPU, ASEAN.Eng, saya ucapkan terimakasih banyak telah membimbing dan mengarahkan saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Diri saya sendiri, Heri Sulstyan karena telah mampu berusaha dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri walaupun banyak tekanan dari luar keadaan dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat menjadi wawasan dan manfaat untuk orang lain. Aamiin.

HALAMAN MOTTO

“Rasakanlah setiap proses yang kamu tempuh dalam hidupmu, sehingga kamu tau betapa hebatnya dirimu sudah berjuang sampai detik ini”

“Hidup bukan tentang dunia saja maka perbaikilah diri mu untuk menjadi pribadi yang lebih baik walaupun kamu mempunyai segudang dosa dalam hidup”

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al – Baqarah, 2 :286)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras dengan sungguh-sungguh (untuk urusan lain). Dan hanya kepada Tuhan-mu lah engkau berharap”

(Q.S Al – Insyirah :6-8)



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet Menggunakan Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) Untuk Meningkatkan Kenyamanan Dan Kesehatan Pekerja (Studi Kasus: UMKM Walet Langgeng Abadi)”. Penulisan skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan program Sarjana Teknik Industri dari Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan skripsi ini tidak akan berjalan lancar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini izinkanlah penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

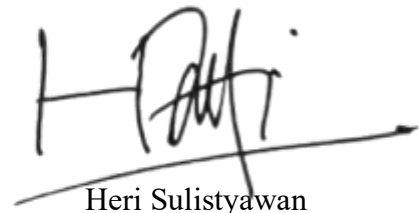
1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan pertolongan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua saya tercinta Almarhum Bapak Nur Khakim dan Ibu Darminah, tak lupa kakak saya Miftahul Anwar yang selalu melangitkan doa-doa baik dan menjadikan motivasi untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih sudah mengantarkan saya sampai ditempat ini, saya persembahkan karya tulis sederhana ini dan gelar untuk bapak, ibu dan kakak.
3. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana ST., MT, IPU, ASEAN.Eng selaku dosen pembimbing saya mengucapkan terimakasih banyak telah membimbing dan mengarahkan saya untuk menyelesaikan skripsi ini
4. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.eng selaku ketua Program Studi Teknik Industri sekaligus dosen penguji 1, serta kepada Ibu Dana Prianjani, ST., MT selaku dosen penguji 2 yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk penulisan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana ST., MT, IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri

6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan ilmu selama dibangku perkuliahan
7. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan Tugas Akhir dari surat permohonan seminar sampai dengan sidang akhir.
8. Kakak Miftahul Anwar selaku penerus usaha UMKM Walet Langgeng Abadi yang telah mau meluangkan waktunya untuk penelitian saya ini.
9. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2021 terutama teman-teman kelas B yang senantiasa mewarnai dan berjuang bersama dalam masa perkuliahan.
10. Saudari Cindyana Akhmadi orang tersayang yang selalu memberi inspirasi untuk terus melangkah maju kedepan, menjadi teman bertukar pikiran, tempat berkeluh kesah, dan menjadi support system kedua setelah kedua orang tua dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih atas waktu, doa yang senantiasa dilangitkan, dan seluruh hal baik yang diberikan kepada penulis selama ini.
11. Yang terakhir, diri saya sendiri karena telah berjuang sampai detik ini dan mampu menyelesaikan pendidikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca masih sangat diharapkan. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat dikembangkan kembali dan bermanfaat bagi banyak orang. Aamiin.

Semarang, 4 September 2025

Yang Menyatakan,



Heri Sulistyawan

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL (BAHASA INDONESIA)	i
HALAMAN SAMPUL (BAHASA INGGRIS)	ii
<i>FINAL PROJECT</i>	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xix
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Kelelahan	18
2.2.2 Ergonomi	19

2.2.3	<i>Nordic Body Map</i> (NBM)	20
2.2.4	<i>Musculoskeletal Disorder</i> (MSDs).....	21
2.2.5	Antropometri.....	23
2.2.6	<i>Ergonomic Function Deployment</i> (EFD)	26
2.2.7	Perancang Produk.....	31
2.2.8	Analisis Ekonomi.....	33
2.3	Hipotesa dan Kerangka Teoritis	36
2.3.1	Hipotesa.....	36
2.3.2	Kerangka Teoritis	37
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Pengumpulan Data.....	40
3.2	Teknik Pengumpulan Data	41
3.3	Pengujian Hipotesa.....	42
3.4	Metode Analisis	42
3.5	Pembahasan	43
3.6	Penarikan Kesimpulan.....	45
3.7	Diagram Alur Penelitian.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Pengumpulan Data.....	48
4.1.1	Data Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	48
4.1.2	Identifikasi Kebutuhan Konsumen.....	50
4.1.3	Pengukuran Tingkat Kepentingan atribut.....	51
4.1.4	Pengukuran Tingkat Kepuasan.....	52
4.2.2	Pemilihan Rancangan Alat	72
4.2.3	Evaluasi Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet	84
4.2.4	Analisis Ekonomi.....	91
4.3	Analisis dan Interpretasi.....	96
4.3.1	Analisis Hasil Pengamatan Keluhan Pekerja Berdasarkan Data NBM	97
4.3.2	Analisis Hasil Terjemahan Kebutuhan Ergonomi (<i>Voice of Ergonomics</i>).....	97

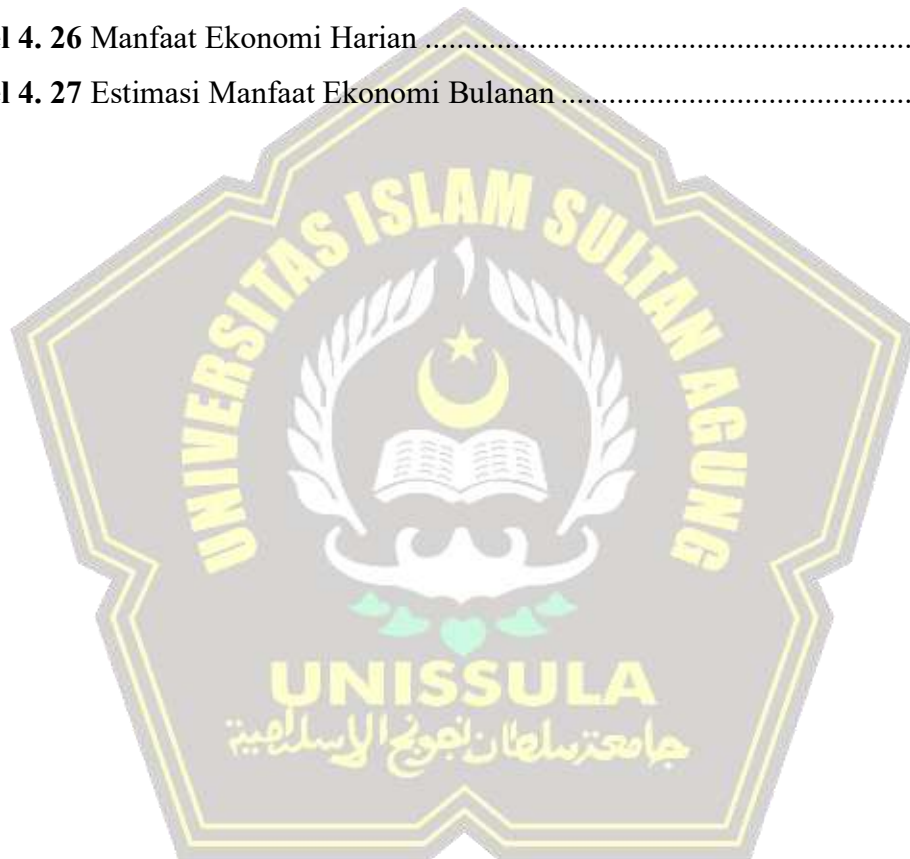
4.3.3 Analisis Penyusunan Matriks <i>Ergonomic Function Deployment</i> (<i>House of Ergonomics</i>)	99
4.3.3.1 Analisis Hasil Penilaian <i>importance to customer</i>	99
4.3.4 Analisis Hasil dari Pemilihan Rancangan Alat	108
4.3.6 Analisis Hasil Interpretasi pada Perhitungan Ekonomi	116
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	121
5.1 Kesimpulan.....	121
5.2 Saran	122
DAFTAR PUSTAKA.....	124



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Rekapitulasi keluhan pekerja pada Proses Penyaringan Sebelum Perancangan	4
Tabel 1. 2 Data Penyaringan pada bulan Oktober 2024 di UMKM Walet Langgeng Abadi	4
Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	11
Tabel 2. 2 Kategori Tingkat Rasa Sakit	20
Tabel 2. 3 Kategori Tingkat Resiko Perbaikan	20
Tabel 2. 4 Kuisioner <i>Nordic Body Map</i>	21
Tabel 2. 5 Perhitungan Persentil	24
Tabel 2. 6 <i>Nilai improvement ratio</i>	29
Tabel 2. 7 <i>Nilai sales point</i>	29
Tabel 4. 1 Hasil Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	48
Tabel 4. 2 Hasil Kuesioner Identifikasi Kebutuhan Konsumen	50
Tabel 4. 3 Hasil tingkat kepentingan dari atribut produk	51
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Tingkat Kepuasan	52
Tabel 4. 5 Identifikasi Kebutuhan Konsumen yang Ergonomis	53
Tabel 4. 6 <i>Importance to Customers</i>	54
Tabel 4. 7 <i>Customer Satisfaction Performance</i>	55
Tabel 4. 8 <i>Goal</i>	57
Tabel 4. 9 <i>Improvement Ratio</i>	58
Tabel 4. 10 <i>Sales Point</i>	59
Tabel 4. 11 <i>Raw Weight</i>	60
Tabel 4. 12 <i>Normalized Raw Weight</i>	62
Tabel 4. 13 Respon Teknis	62
Tabel 4. 14 Matriks Korelasi Teknis	63
Tabel 4. 15 Contoh kesimpulan hasil penilaian korelasi teknis	64
Tabel 4. 16 Contoh Alasan hasil penilaian <i>Direction of Goodness</i>	65
Tabel 4. 17 Matriks Relasi	65
Tabel 4. 18 Simbol Matriks Relasi	66

Tabel 4. 19 Tabel Matriks Prioritas.....	67
Tabel 4. 20 Desain Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet	79
Tabel 4. 21 Bahan Material Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet	80
Tabel 4.22 Uji Coba Perbandingan Penyaringan dengan Alat Manual dan <i>Pneumatic</i>	84
Tabel 4. 23 Hasil Kuesioner Tingkat Kepuasan Pengguna Alat (Versi Baru)	89
Tabel 4. 24 Hasil Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	90
Tabel 4. 25 Biaya Dihitung dari Total Komponen Utama dan Ongkos Produksi	91
Tabel 4. 26 Manfaat Ekonomi Harian	92
Tabel 4. 27 Estimasi Manfaat Ekonomi Bulanan	92



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produk Pupuk UMKM Walet Langgeng Abadi	2
Gambar 1. 2 Alat dan Proses Penyaringan pada UMKM Walet Langgeng Abadi	3
Gambar 2. 1 <i>Matriks</i> HOQ dengan Aspek Ergonomi	26
Gambar 2. 2 <i>House of ergonomic</i>	30
Gambar 2. 3 Tahap Proses Pengembangan Perancangan Konsep Produk.....	33
Gambar 2. 4 Kerangka Teoritis.....	39
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4.1 <i>Matriks House of Ergonomic</i>	69
Gambar 4. 2 Desain Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet	76
Gambar 4. 3 Tampak Depan	77
Gambar 4. 4 Tampak Kanan	77
Gambar 4. 5 Tampak Kiri	77
Gambar 4. 6 Tampak Atas	78
Gambar 4. 7 Tampak Bawah.....	78
Gambar 4. 8 Ukuran Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet (<i>Pneumatic</i>)	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Lembar Persetujuan Penelitian

Lampiran II Kuesioner *Nordic Body Map* (Alat Manual)

Lampiran III Kuesioner Terbuka (Identifikasi Kebutuhan Konsumen)

Lampiran IV Kuesioner Tertutup (Tingkat Kepentingan)

Lampiran V Kuesioner Tingkat Kepuasan (Alat Manual)

Lampiran VI Kuesioner *Nordic Body Map* (Alat *Pneumatic*)

Lampiran VII Kuesioner Tingkat Kepuasan (Alat *Pneumatic*)

Lampiran VIII Dokumentasi Proses Pembuatan Alat Penyaringan Pupuk
Pneumatic



DAFTAR ISTILAH

EFD	: Singkatan dari <i>Ergonomic Function Deployment</i> yaitu Merupakan metode perancangan yang mengintegrasikan kebutuhan ergonomi pengguna ke dalam spesifikasi teknis produk
NBM	: Singkatan dari <i>Nordic Body Map</i> yaitu Kuesioner untuk mengidentifikasi keluhan muskuloskeletal pada tubuh pekerja.
HOE	: Singkatan dari <i>House of Ergonomics</i> yaitu Matriks yang digunakan dalam EFD untuk menghubungkan kebutuhan ergonomi dengan karakteristik teknis alat.
BEP	: Singkatan dari <i>Break-Even Point</i> /Titik impas, yaitu jumlah minimum penjualan yang diperlukan agar biaya investasi dapat kembali.
PP	: Singkatan dari <i>Payback Period</i> yaitu Periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal dari keuntungan bersih yang diperoleh.
NPV	: Singkatan dari <i>Net Present Value</i> yaitu Selisih antara nilai sekarang arus kas masuk dengan nilai investasi awal, yang digunakan untuk menilai kelayakan finansial.
MSDs	: Singkatan dari <i>Musculoskeletal Disorder</i> yaitu Gangguan atau keluhan pada sistem otot, sendi, saraf, tendon, ligamen, dan jaringan lunak lainnya akibat penggunaan tubuh secara berlebihan, postur kerja yang tidak ergonomis, atau gerakan berulang dalam jangka waktu lama.

ABSTRAK

UMKM Walet Langgeng Abadi merupakan usaha mikro di bidang produksi dan penjualan pupuk organik bio walet. Proses penyaringan pupuk yang digunakan masih sederhana dan manual, sehingga menimbulkan permasalahan ergonomi berupa postur membungkuk, pengangkatan beban berat, dan gerakan berulang. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kelelahan, gangguan muskuloskeletal, serta menurunkan efisiensi kerja. Penelitian ini bertujuan merancang ulang alat penyaringan pupuk yang sudah ada menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) guna meningkatkan kenyamanan dan kesehatan pekerja. Identifikasi keluhan dilakukan dengan *Nordic Body Map* (NBM), kemudian diterjemahkan ke dalam kebutuhan ergonomi melalui *House of Ergonomics* (HoE). Rancangan alat berupa sistem penyaringan berbasis *pneumatic* sederhana yang mampu memperbaiki postur kerja, mengurangi beban fisik, dan meningkatkan produktivitas. Hasil uji coba menunjukkan peningkatan kapasitas penyaringan dari 200 liter menjadi 437 liter per 5 jam kerja, dengan penurunan signifikan pada tingkat keluhan pekerja. Analisis ekonomi menunjukkan alat ini layak diterapkan dengan titik impas *Break-Even Point* (BEP) akan tercapai ketika telah berhasil menjual minimal 38 jeriken pupuk cair, *Payback Period* (PP) dapat kembali dalam waktu $\pm 2,88$ bulan, serta *Net Present Value* (NPV) positif sebesar Rp 361.995.532,99 sehingga proyek menguntungkan secara finansial dalam periode 5 tahun. Dengan demikian, rancangan ulang penyaringan pupuk berbasis *pneumatic* terbukti ergonomis, ekonomis, dan efektif dalam meningkatkan kesehatan kerja dan produktivitas di UMKM Walet Langgeng Abadi.

Kata Kunci : Analisis Kelayakan Ekonomi, *Ergonomic Function Deployment* (EFD), *House Of Ergonomic* (HOE), *Nordic Body Map* (NBM), Penyaringan Pupuk.



ABSTRACT

UMKM Walet Langgeng Abadi is a micro-enterprise engaged in the production and sale of Bio Walet organic supplement fertilizer. The current fertilizer filtering process is still simple and manual, which causes ergonomic problems such as bent postures, heavy lifting, and repetitive movements. These conditions potentially lead to fatigue, musculoskeletal disorders, and decreased work efficiency. This study aims to redesign the existing fertilizer filtering tool using the Ergonomic Function Deployment (EFD) method to improve worker comfort and health. Complaints were identified using the Nordic Body Map (NBM) and then translated into ergonomic requirements through the House of Ergonomics (HoE). The proposed design is a simple pneumatic-based filtering system capable of improving working posture, reducing physical load, and increasing productivity. The trial results showed an increase in filtering capacity from 200 liters to 437 liters per 5 working hours, with a significant decrease in worker complaints. The economic analysis indicated that this tool is feasible to implement, with a Break-Even Point (BEP) achieved when at least 38 jerrycans of liquid fertilizer are sold, a Payback Period (PP) of approximately 2.88 months, and a positive Net Present Value (NPV) of IDR 361.995.532,99, making the project financially profitable within 5 years. Thus, the redesigned pneumatic-based fertilizer filtering tool is proven to be ergonomic, economical, and effective in improving occupational health and productivity at UMKM Walet Langgeng Abadi.

Keywords: *Economic Feasibility Analysis, Ergonomic Function Deployment (EFD), House of Ergonomics (HoE), Nordic Body Map (NBM), Fertilizer Filtering.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di masa depan, penggunaan pupuk organik diperkirakan akan semakin meningkat. Beberapa faktor yang mendorong hal ini antara lain adalah kenaikan harga pupuk kimia karena subsidi dari pemerintah semakin dikurangi, kondisi tanah yang semakin menurun kesuburannya, meningkatnya kesadaran para petani terhadap dampak negatif residu pupuk kimia, serta semakin populernya sistem pertanian organik (Musnamar, 2003). Meski pupuk organik terbukti dapat membantu meningkatkan hasil pertanian, penggunaannya secara berlebihan dan terus-menerus juga bisa menimbulkan dampak yang merugikan, terutama jika bahan dasarnya mengandung zat berbahaya seperti logam berat atau senyawa asam organik tertentu (Setyorini, 2005).

UMKM Walet Langgeng Abadi merupakan salah satu usaha mikro kecil menengah yang fokus dalam bidang produksi dan pemasaran pupuk organik. Lokasi usahanya berada di Jl. Butuh Sumberejo RT. 01/03, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Usaha ini mulai dijalankan sejak tahun 2021 oleh Bapak Nur Khakim bersama putranya, Miftahul Anwar. Dalam proses produksinya, pupuk organik bio walet dibuat dengan memanfaatkan bahan-bahan organik seperti kotoran burung walet, EM4, air, tetes tebu, serta berbagai bahan organik bernutrisi lainnya. EM4 sendiri merupakan campuran mikroorganisme hasil fermentasi alami tanpa rekayasa genetika atau tambahan zat kimia. Kandungan utama dalam EM4 meliputi bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat (umumnya terdapat dalam susu), ragi (biasanya ada dalam roti), actinomycetes, dan jamur fermentasi. Semua mikroorganisme tersebut mampu hidup secara harmonis dalam media cair dan saling mendukung satu sama lain secara fisiologis (Mukti et al., 2021). Seluruh bahan tersebut difermentasi hingga menjadi pupuk yang mampu meningkatkan kandungan hara tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Proses ini memerlukan peralatan seperti drum untuk tempat fermentasi, alat pengaduk untuk mengaduk pupuk yang difermentasi, dan penyaring

untuk memisahkan ampas pupuk sehingga di ambil airnya yang telah di fermentasi. Setelah itu dilakukannya pengemasan menggunakan kemasan jeriken ber ukuran 5 Liter untuk melindungi pupuk organik bio walet dari paparan sinar matahari langsung yang dapat memengaruhi kualitas kandungan pupuk. Setelah itu pupuk kemudian didistribusikan langsung ke petani-petani sekitar wilayah Kabupaten Demak. Namun produk pupuk tersebut juga dipasarkan secara *online* atau melalui *platform* marketing seperti: *shopee*, dan *facebook* sehingga dapat menjangkau para konsumen secara luas.

Berikut ini Gambar 1 merupakan foto produk pupuk yang dihasilkan UMKM Walet Langgeng Abadi dalam bentuk kemasan jeriken 5 Liter dan Box di dalamnya berisi 6 jeriken.



Gambar 1.1 Produk Pupuk UMKM Walet Langgeng Abadi

Sumber: UMKM Walet Langgeng Abadi

Berdasarkan observasi lapangan, pada UMKM Walet Langgeng Abadi terdapat proses yang menjadi fokus permasalahan dalam penelitian ini ialah pada proses penyaringan pupuk organik bio walet. Proses penyaringan merupakan tahap penting untuk memastikan kualitas pupuk bebas dari kotoran atau material asing yang dapat mengurangi efektivitasnya.

Pada Gambar 1.2 ditunjukkan kekurangan pada proses alat penyaringan yang ada di UMKM Walet Langgeng Abadi sangat sederhana dan manual seperti Gambar 1.2 a, yaitu dengan menggunakan wadah drum dan karung untuk tempat penyaringannya lalu ditekan menggunakan beton cor sehingga membuat kurang efektif dan efisien dalam penyaringannya. Sedangkan pada Gambar 1.2 b menunjukkan proses penyaringan yang mengharuskan pekerja untuk membungkuk,

mengangkat beban berat berupa beton cor yang beratnya 50kg, dan melakukan gerakan berulang kali, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan ergonomi yang menimbulkan resiko kelelahan, cedera otot ataupun luka pada pekerja. Selain itu, alat yang tidak didesain dengan baik juga menurunkan efisiensi kerja karena proses penyaringan memakan waktu lebih lama dan membutuhkan tenaga lebih besar.



a. Wadah Drum

b. Pekerja mengangkat Beton Cor

Keterangan:

a = Alat Penyaringan

b = Proses Penyaringan

Gambar 1. 2 Alat dan Proses Penyaringan pada UMKM Walet Langgeng Abadi

Sumber: UMKM Walet Langgeng Abadi

Hal ini dapat berdampak pada menurunnya kesehatan pekerja dan membuat produktivitas kerja ikut terganggu. Jika kondisi kerja terus dibiarkan tidak ergonomis, maka pekerja bisa mengalami keluhan seperti otot tegang, sakit punggung, hingga berisiko cedera dalam jangka panjang selama menjalankan proses penyaringan

Berikut merupakan Tabel 1.1 keluhan pekerja dan Tabel 1.2 data penyaringan pada bulan Oktober 2024 di UMKM Walet Langgeng Abadi.

Tabel 1. 1 Rekapitulasi keluhan pekerja pada Proses Penyaringan Sebelum Perancangan

No	Keluhan Pekerja
1	Leher terasa pegal-pegal
2	Bahu kanan terasa nyeri
3	Bahu kiri terasa nyeri
5	Punggung bawah terasa nyeri
6	Lengan tangan kanan terasa nyeri
7	Lengan tangan kiri terasa nyeri
8	Paha kanan terasa keram
9	Paha kiri terasa keram

Tabel 1. 2 Data Penyaringan pada bulan Oktober 2024 di UMKM Walet Langgeng Abadi

Minggu Ke	Jumlah Liter yang Disaring	Target per Liter yang Disaring	Waktu saat Penyaringan
1	200	250	5 jam
2	200	250	5 jam
3	200	250	5 jam
4	200	250	5 jam
Jumlah	800	1000	20 jam

Sumber: UMKM Walet Langgeng Abadi

Sebagai solusi, penelitian ini menawarkan perancangan ulang alat penyaringan pupuk yang fokus pada identifikasi kebutuhan ergonomis pengguna dan menerjemahkannya ke dalam fitur desain alat yang lebih fungsional dan nyaman digunakan. Dengan ini, diharapkan alat penyaringan yang baru dapat mengurangi beban kerja fisik pekerja, meningkatkan efisiensi proses penyaringan, serta meminimalkan risiko cedera akibat postur kerja yang tidak ergonomis.

Harapan dari penelitian ini adalah menciptakan desain alat penyaringan pupuk yang lebih ergonomis dan ramah pengguna. Dengan perancangan ulang ini, diharapkan produktivitas UMKM dapat meningkat karena proses penyaringan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien. Selain itu, alat yang ergonomis akan membantu mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan bagi pekerja, sehingga memberikan dampak positif bagi kesehatan jangka panjang. Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk mendukung keberlanjutan UMKM

dalam industri pupuk organik bio walet, serta menjadi contoh penerapan ergonomi dalam desain alat bagi sektor UMKM lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana desain perancangan usulan alat penyaringan pupuk organik bio walet yang ergonomis dalam bentuk *prototype*?
2. Bagaimana hasil analisis dari *prototype* alat penyaringan yang telah dirancang?
3. Bagaimana hasil analisis secara ekonomi pada perancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar tujuan awal penelitian tidak menyimpang maka dilakukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Waktu penelitian dilakukan selama 10 bulan dimulai sejak bulan Oktober 2024 – Juli 2025
2. Data yang digunakan merupakan data hasil riset lapangan yang terdiri dari observasi, *interview*, dan dokumentasi yang dilakukan di UMKM Walet Langgeng Abadi.
3. Penelitian ini hanya akan fokus pada perancangan ulang alat penyaringan pupuk organik bio walet dalam bentuk *prototype* agar ergonomis untuk meningkatkan kenyamanan dan kesehatan bagi pengguna.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan peneliti untuk penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan desain perancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet yang ergonomis dalam bentuk *prototype*.

2. Untuk mengetahui hasil analisis dari *prototype* alat penyaringan yang telah dirancang.
3. Untuk mengetahui analisis secara ekonomis pada perancangan *prototype* alat penyaringan pupuk organik bio walet.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
Mahasiswa dapat mengaplikasikan teori ergonomi dan perancangan ulang yang telah dipelajari di kelas sehingga memungkinkan mahasiswa memahami cara menganalisis kebutuhan pengguna dan menerapkan teknik ergonomis secara langsung.
2. Bagi UMKM
Dengan perancangan ulang alat yang lebih ergonomis, UMKM dapat meningkatkan produktivitas karena pekerja dapat bekerja dengan lebih nyaman dan tanpa risiko cedera jangka panjang.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan Gambaran yang jelas dan terperinci mengenai penyusunan laporan, maka sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi pembahasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini memuat ulasan berbagai referensi yang digunakan sebagai dasar dalam menyusun laporan, seperti jurnal ilmiah dan laporan penelitian terdahulu, baik dari Universitas Islam Sultan Agung Semarang maupun instansi lainnya. Selain itu, dalam bab ini juga disajikan teori-teori yang relevan yang mendukung proses penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, dijelaskan secara rinci bagaimana proses penelitian dilakukan. Dimulai dari teknik pengumpulan data, kegiatan observasi lapangan, hingga pendekatan metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Ergonomic Function Deployment* (EFD).

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dari proses pengolahan data yang telah dilakukan. Penulis menjelaskan data-data tersebut serta memberikan analisis berdasarkan teori yang telah dijelaskan sebelumnya untuk memperkuat hasil yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian terakhir ini berisi rangkuman hasil dari keseluruhan penelitian serta memberikan beberapa saran dan masukan yang diharapkan dapat membantu UMKM dalam mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka ini memuat ulasan dari sejumlah penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan langsung dengan topik penelitian yang akan dilakukan. Beberapa hasil studi yang relevan dapat dirangkum sebagai berikut:

Ricky et al. (2022) dalam penelitian berjudul "Perancangan Alat Kerja Pada Proses Pencetakan Tahu di UKM Tahu Awi Saguba" mengidentifikasi adanya potensi risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada proses pencetakan tahu yang dilakukan secara fisik berulang-ulang dengan postur kerja yang kurang ergonomis serta menggunakan alat sederhana. Permasalahan tersebut dianalisis menggunakan metode REBA dan EFD. Hasil pengukuran REBA menunjukkan rata-rata skor 6, yang tergolong aktivitas tingkat sedang dan memerlukan perbaikan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perancangan ulang mesin cetak dengan pendekatan EFD, menghasilkan desain kursi alas bundar dan troli penataan tahu yang terbukti menurunkan indeks risiko cedera dari 207,22 menjadi 100, sehingga risiko cedera berkurang dari kategori sedang menjadi rendah.

Ridwan Dermawan et al. (2021) dalam studi "Usulan Rancangan Alat Penyaring Tahu yang Ergonomis dengan Metode EFD (Studi Kasus: IKM Tahu Pak Tasmin)" menyoroti kelemahan pada proses penyaringan yang menimbulkan keluhan nyeri otot, terutama pegal-pegal. Menggunakan metode EFD, peneliti merancang alat penyaring bertenaga motor yang kecepatannya dapat diatur, berbahan kuat namun ringan, mudah dipindahkan, dan memiliki dimensi sesuai ukuran tubuh pekerja. Desain ini dinilai menguntungkan secara ekonomi dengan waktu pengembalian modal hanya 4,7 bulan dan mampu menghemat biaya operasional sebesar Rp 1.000.000 dibandingkan alat lama.

Wiiliyastuti Risqiyan et al. (2022) melalui penelitian "Perancangan Produk Pemotong Adonan Kerupuk dengan Metode EFD" mengungkapkan bahwa proses pemotongan manual membutuhkan waktu hingga 3 jam per kilogram adonan dan menimbulkan keluhan fisik pada pekerja. Dengan pendekatan EFD, dirancang alat

pemotong yang dilengkapi sekitar 150 mata pisau, sehingga waktu pemotongan dapat dipangkas menjadi 1 jam per kilogram adonan, menghemat waktu kerja hingga 2 jam.

Mohammad Arief Nur Wahyudien et al. (2023) dalam penelitian "Rancang Bangun *Prototype* Alat Pembersih *Runway* pada Bandar Udara DS dengan Model Kano dan Metode QFD" mendapati bahwa proses pembersihan landasan masih dilakukan manual, menyulitkan petugas. Berdasarkan hasil model Kano, mayoritas atribut masuk kategori one-dimensional. Analisis QFD menunjukkan prioritas utama adalah keberadaan mesin sapu penyalur dan pengarah dengan nilai absolute importance 153,06. Desain tersebut kemudian direalisasikan dalam bentuk prototipe alat pembersih runway.

Fachri Raziq El Ahmady et al. (2020) pada studi "Penerapan Metode EFD dalam Perancangan Alat Bantu untuk Menurunkan Balok Kayu" menemukan bahwa proses penurunan balok kayu di Perusahaan X masih dilakukan manual, berisiko tinggi menimbulkan MSDs, dan kurang efisien. Menggunakan EFD dan REBA, diusulkan alat bantu *Material Handling Equipment* yang mampu menurunkan risiko postur kerja dari kategori tinggi menjadi lebih ringan serta mempercepat proses bongkar muat.

Maria Septi Anggraini et al. (2022) dalam penelitian "Perancangan Troli Galon Berbasis EFD" mengidentifikasi keluhan fisik akibat beban kerja berat saat pengangkutan galon. Dengan metode NBM dan EFD, dirancang troli berukuran panjang 43 cm, lebar 41,55 cm, dan tinggi 93,25 cm yang dilengkapi kotak pengaman dan roda tiga untuk memudahkan melewati tangga. Hasilnya, keluhan pekerja menurun rata-rata 53,5%, konsumsi energi berkurang 64,42%, dan produktivitas meningkat 67,54%.

Muhammad Ikhsan (2019) dalam studi "Perancangan Alat Bantu Memanen Karet Ergonomis untuk Mengurangi Risiko MSDs dengan Metode RULA dan EFD" mencatat bahwa proses pemanenan karet di Pulau Punjung masih dilakukan manual, berpotensi menimbulkan cedera sendi. Hasil rancangan alat dengan panjang 36 cm dan lebar 12 cm berhasil menurunkan tingkat risiko kerja pada

aktivitas menjangkau dan mencongkel karet masing-masing dari level 3 dan 4 menjadi level 2.

Shafa Susana Rachmadhani (2024) pada penelitian "Perancangan Ulang Alat Pengering Ergonomis pada Kerupuk Koin Salis dengan Metode QFD" menemukan risiko ergonomis pada proses penataan kerupuk ke dalam oven. Berdasarkan QFD, dihasilkan desain alat pengering berukuran loyang 64 x 62 cm, pintu oven selebar 162 cm dengan tinggi 188 cm, serta rak pengering setinggi 139 cm. Penambahan fitur timer, material stainless steel dan aluminium, serta penggunaan bahan bakar gas meningkatkan kenyamanan, keamanan, efisiensi, dan kemudahan penggunaan.

Agus Stiyono et al. (2020) melalui studi "Rancang Bangun Alat Pengepres Kaleng Bekas dengan Metode *Kansei Engineering* dan Kano" mengatasi permasalahan pengepresan manual yang lambat dan hasil kurang maksimal. Rancangan alat bertenaga motor listrik 1400 rpm dengan gearbox rasio 1:40 mampu mengepres hingga 70 kaleng per menit, meningkatkan produktivitas enam kali lipat, serta disesuaikan dengan dimensi tubuh pengguna.

Andrian Anwar et al. (2024) pada penelitian "Perancangan Alat Pengangkut Telur Ergonomis dengan Pendekatan Ergonomi dan *Value Engineering*" menyoroti masalah pengangkutan telur secara manual yang menimbulkan kelelahan fisik signifikan dan risiko kerusakan produk. Dengan desain ergonomis, alat yang diusulkan mampu mengurangi keluhan pekerja, menurunkan beban kardiovaskular, serta menjaga kualitas telur.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
1	(Ricky et al, 2022)	JURNAL COMASIE-VOL.07 NO.05(2022)	Perancangan Alat Kerja Pada Proses Pencetakan Tahu Di Ukm Tahu Awi Saguba	REBA dan EFD	Proses pencetakan tahu di UKM Tahu Awi Saguba berpotensi menimbulkan risiko <i>Musculoskeletal Disorders</i> (MSDs) karena dilakukan secara manual, berulang, dan dengan postur kerja yang kurang ergonomis menggunakan peralatan sederhana.	Temuan penelitian memperlihatkan bahwa skor risiko kerja menggunakan metode REBA berada pada rata-rata 6, yang termasuk kategori aktivitas sedang dengan tingkat kebutuhan perbaikan moderat. Untuk meminimalkan risiko tersebut, dilakukan modifikasi pada mesin cetak menggunakan pendekatan <i>Ergonomic Function Deployment</i> (EFD) dengan prinsip ergonomi ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Stabil, Efisien). Rancangan ulang fasilitas kerja, seperti kursi duduk berbentuk bundar dan troli khusus penataan, berhasil menurunkan indeks risiko cedera dari 207,22 menjadi 100, sehingga klasifikasinya berubah dari risiko sedang menjadi rendah.

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
2	(Ridwan Dermawan et al, 2020)	Prosiding KONFERENSI ILMIAH MAHASISWA UNISSULA (KIMU) 3, ISSN. 2720-9180	Usulan Rancangan Alat Penyaring Tahu Yang Ergonomis Dengan Metode <i>Ergonomic Function Deployment</i> (Efd) (Studi Kasus : Ikm Tahu Pak Tasmin)	EFD	Pada tahap penyaringan, ditemukan kelemahan signifikan karena pekerja kerap mengeluhkan rasa pegal dan nyeri otot yang lebih tinggi dibandingkan tahapan lainnya.	Implementasi EFD pada proses penyaringan tahu menghasilkan rancangan alat yang lebih ergonomis, memanfaatkan sistem penggerak motor dengan kecepatan yang dapat diatur, material yang ringan namun kokoh, serta ukuran yang disesuaikan dengan dimensi tubuh pengguna. Desain ini memudahkan pemindahan alat, menghemat biaya hingga Rp 1.000.000, dan memiliki waktu balik modal sekitar 4,7 bulan (124,5 hari).
3	(Wiiliyastuti Risqiyani et al, 2022)	Jurnal Riset Teknik Industri (JRTI), e-ISSN 2798-6349 / p-ISSN 2808-3091 Vol.2 No.2 Hal.91-98	Perancangan Produk Pemotong Adonan Kerupuk dengan Metode <i>Ergonomi Function Deployment</i> (EFD)	EFD	Proses pemotongan adonan juga dinilai tidak efisien. Pemotongan manual membutuhkan waktu hingga 3 jam untuk setiap kilogram adonan, sehingga memperpanjang durasi produksi sekaligus menimbulkan keluhan fisik seperti pegal-pegal pada karyawan.	Pengembangan alat pemotong adonan kerupuk dengan sekitar 150 mata pisau mampu meningkatkan kapasitas produksi. Waktu pemotongan yang sebelumnya memakan waktu 3 jam/kg adonan kini hanya memerlukan 1 jam/kg, menghemat 2 jam kerja setiap siklus produksi.

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
4	(Mohammad Arief Nur Wahyudien et al, 2023)	Metode Jurnal Teknik Industri Vol.9 (1): 34-47	Rancang Bangun <i>Prototype</i> Alat Pembersih Runway Pada Bandar Udara Ds Dengan Model Kano Dan Metode <i>Quality Function Deployment</i> (QFD)	Kano dan QFD	Di unit bangland Bandar Udara KP, pembersihan <i>runway</i> masih dilakukan sepenuhnya secara manual, mengakibatkan petugas kesulitan dalam melaksanakan tugas tersebut secara optimal.	Hasil penerapan metode Kano menunjukkan tidak adanya atribut kategori attractive. Dari 10 pernyataan yang diuji, 7 tergolong One-dimensional, 3 <i>Must-be</i> , dan 1 <i>Indifferent</i> . Analisis QFD dan <i>House of Quality</i> (HOQ) menempatkan prioritas pada desain alat pembersih landasan pacu dengan kombinasi mesin sapu penyalur dan sapu pengarah, yang memperoleh nilai <i>absolute importance</i> sebesar 153,06. Data ini menjadi acuan dalam pembuatan prototipe.
5	(Fachri Raziq El Ahmady et al, 2020)	JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI P- ISSN: 2355-2085 Vol.7 No.1 Februari 2020 E-ISSN: 2550-	Penerapan Metode <i>Ergonomic Function Deployment</i> Dalam Perancangan Alat Bantu Untuk Menurunkan Balok Kayu	EFD dan REBA	Di Perusahaan X, aktivitas bongkar muat bahan baku, khususnya penurunan balok kayu dari truk pemasok, dilakukan berulang tanpa bantuan <i>Material Handling Equipment</i> (MHE). Kondisi ini meningkatkan risiko MSDs akibat beban kerja berat	Penggunaan <i>Material Handling Equipment</i> (MHE) berbasis EFD terbukti dapat memperbaiki postur kerja pekerja, sehingga mengurangi risiko <i>Musculoskeletal Disorders</i> (MSDs) sekaligus mempercepat proses bongkar balok kayu di area penerimaan barang.

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
		083X			yang berlangsung dalam durasi lama.	
6	(Maria Septi Anggraini et al, 2022)	Jurnal Rekayasa Industri (JRI), Vol. 4 No. 1 April 2022 p-ISSN:2714-8882/e-ISSN:2714-8874	Perancangan Troli Galon Berbasis <i>Ergonomic Function Deployment</i> (EFD)	NBM dan EFD	Pekerja yang menangani distribusi galon juga menghadapi beban fisik tinggi yang berdampak pada kesehatan tubuh dan menurunkan produktivitas. Hal ini menuntut adanya rancangan alat bantu yang dapat mengurangi beban kerja, meminimalkan keluhan fisik, serta meningkatkan jumlah pengiriman galon.	Rancangan troli berukuran 43 cm × 41,55 cm × 93,25 cm dilengkapi kotak pelindung galon dan roda tiga untuk memudahkan mobilitas di tangga. Evaluasi menunjukkan penurunan keluhan tubuh sebesar 53,5%, penurunan DNI sebesar 28,81%, DNK sebesar 33,24%, NK sebesar 36,61%, serta penurunan konsumsi energi sebesar 64,42% menjadi 92,41 Kkal/jam. Produktivitas naik hingga 67,54%, dengan biaya pembuatan alat sebesar Rp 1.206.150.
7	(Muhammad Ikhsan, 2020)	Repostory UIN SUSKA RIAU	Perancangan Alat Bantu Pemanenan Karet Ergonomis Guna Mengurangi Resiko	RULA dan EFD	Di Pulau Punjung, kegiatan pemanenan karet dari tahap penyadapan hingga pengumpulan hasil masih dilakukan manual. Aktivitas ini memiliki potensi	Desain alat bantu pada aktivitas pemanenan karet mampu menurunkan risiko dari <i>action level-3</i> menjadi <i>action level-2</i> untuk kegiatan menjangkau karet, serta dari <i>action level-4</i> menjadi

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
			<i>Musculoskeletal Disorder</i> menggunakan Metode RULA dan EFD		besar menimbulkan keluhan dan cedera pada sendi yang terkait dengan MSDs.	<i>action level-2</i> untuk aktivitas pencongelan. Hal ini dicapai melalui rancangan dengan dimensi panjang 36 cm dan lebar 12 cm yang mendukung postur kerja lebih ergonomis.
8	(Shafa Susana Rachmadhani, 2024)	Repostory Universitas Islam Indonesia	Perancangan Ulang Alat Pengereng Ergonomis Pada Kerupuk Koin Salis Menggunakan Metode <i>Quality Function Deployment</i> (QFD)	QFD	Tahap pengeringan kerupuk memerlukan penataan produk ke dalam oven, yang berisiko pada postur kerja. Oleh sebab itu, perlu dilakukan desain ulang alat pengereng yang lebih ergonomis.	Berdasarkan identifikasi kebutuhan pengguna, lima atribut utama dihasilkan, yaitu kenyamanan, keamanan, kemudahan penggunaan, efisiensi, dan nilai ekonomis. Perbaikan desain alat pengereng meliputi penyesuaian ukuran berdasarkan data antropometri, penambahan fitur timer, penggunaan material stainless steel dan aluminium, serta penggantian bahan bakar menjadi gas, sebagaimana direkomendasikan hasil QFD.
9	(Agus Stiyono et al, 2020)	Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura,	Rancang Bangun Alat Pengepres Kaleng Bekas Dengan	<i>Kansei Engineering</i> Dan Kano	Proses pengepresan kaleng bekas yang masih manual menyebabkan hasil tidak maksimal, waktu	Pengolahan data juga menghasilkan rancangan alat pengepres kaleng bekas yang mampu meningkatkan

No	Penulis	Sumber	Judul Penelitian	Metode	Permasalahan	Hasil Penelitian
		Volume 6, No. 1, 2022: 18-24	Menggunakan Metode <i>Kansei Engineering</i> Dan Metode Kano		pengerjaan lama, dan produktivitas menurun.	produktivitas hingga 6 kali lipat dibandingkan metode manual.
10	(Andrian Anwar et al, 2024)	Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri, Vol. 6 No. 2 Agustus 2024, hal 146 – 159	Perancangan Alat Pengangkut Telur yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Ergonomi dan <i>Value engineering</i>	Ergonomi dan <i>Value Engineereing</i>	Pada pengangkutan telur, metode manual menghadapi kendala karena beban yang berat dan sifat material yang mudah pecah. Seluruh pekerja melaporkan kelelahan fisik serta nyeri pada leher, bahu, punggung, lengan, dan kaki, dengan tingkat keluhan mencapai skor tertinggi yaitu 9.	Selain itu, penelitian ini menghasilkan desain alat pengangkut telur yang ergonomis, praktis digunakan, dapat langsung diterapkan di industri, membantu menjaga kualitas produk, meningkatkan efisiensi kerja, serta menurunkan risiko cedera pekerja.

Menurut tinjauan pustaka diatas, adapun beberapa jenis metode yang dipergunakan dalam perancangan ulang alat pupuk organik bio walet yaitu :

1. ***Ergonomic Function Deployment (EFD)***

Metode EFD mengintegrasikan prinsip ergonomi ke dalam desain alat untuk memastikan kebutuhan pengguna terkait kenyamanan, kesehatan, dan keamanan terpenuhi. Metode ini menganalisis cara alat berinteraksi dengan tubuh pekerja, sehingga menghasilkan desain yang meminimalkan risiko cedera dan sesuai dengan postur kerja yang aman.

2. ***Quality Function Deployment (QFD)***

Metode QFD menerjemahkan kebutuhan dan harapan pengguna ke dalam spesifikasi alat teknis. Dalam perancangan ulang alat yang ergonomis, QFD membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan elemen-elemen desain yang penting untuk kenyamanan dan keamanan pekerja, memastikan alat memenuhi standar ergonomi yang dibutuhkan.

3. ***Value Engineering***

Metode *Value Engineering* ini fokus pada optimalisasi fungsi alat dengan meminimalkan biaya dan waktu produksi tanpa mengorbankan kualitas. Dalam konteks perancangan ulang, rekayasa nilai membantu mengidentifikasi komponen yang dapat ditingkatkan atau dihilangkan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas yang lebih tinggi.

4. ***Kano***

Metode Kano adalah model yang digunakan untuk menganalisis dan mengkategorikan fitur-fitur suatu produk berdasarkan dampaknya terhadap kepuasan pengguna. Diperkenalkan oleh Profesor Noriaki Kano pada tahun 1980-an, metode ini membantu perusahaan dalam menentukan fitur mana yang perlu difokuskan untuk meningkatkan pengalaman pengguna.

5. ***Kansei Engineering***

Metode *Kansei Engineering* adalah metode rekayasa produk yang menghubungkan kebutuhan emosional pengguna dengan karakteristik desain produk. Kansei berasal dari bahasa Jepang yang berarti "perasaan" atau "indera," dan dalam konteks *Kansei Engineering*, ini merujuk pada respons emosional yang

diberikan oleh pengguna ketika mereka berinteraksi dengan produk. Tujuan utama dari *Kansei Engineering* adalah menciptakan desain produk yang dapat menstimulasi perasaan dan emosi positif pengguna, sehingga meningkatkan kepuasan mereka terhadap produk tersebut.

Berdasarkan dari Kesimpulan Tinjauan diatas, penelitian ini memilih pendekatan *Nordic Body Map* (NBM) dan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD), Dimana NBM sebagai sistem pengukuran keluhan sakit pada tubuh yang sering mengalami ketidak nyamanan akibat penggunaan alat, sedangkan metode EFD yang memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan aspek ergonomi langsung ke dalam proses perancangan ulang alat penyaringan pupuk organik bio walet, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih tepat untuk meningkatkan kenyamanan dan kesehatan bagi pengguna.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kelelahan

Kelelahan bisa diartikan sebagai kondisi menurunnya kemampuan tubuh baik secara fisik maupun mental, yang akhirnya memengaruhi performa kerja seseorang. Ketika seseorang merasa lelah, biasanya kemampuan tubuh untuk melanjutkan aktivitas akan berkurang drastis. Dalam kehidupan sehari-hari, kelelahan bisa disebabkan oleh berbagai hal, seperti beban kerja yang terlalu berat, tanggung jawab tambahan, hingga faktor-faktor pribadi seperti kondisi kesehatan individu (Mahawati, 2021). Menurut Kementerian Kesehatan (2012), beban kerja mencakup segala bentuk pekerjaan yang harus dilakukan baik secara fisik maupun mental, serta tanggung jawab yang menyertainya. Ketika tubuh terus-menerus digunakan tanpa istirahat yang cukup, maka akan terjadi penumpukan zat-zat sisa metabolisme di dalam otot dan aliran darah. Penumpukan ini bisa membuat otot menjadi cepat lelah dan akhirnya menghambat aktivitas. Sutalaksana (1999) juga menjelaskan bahwa zat-zat sisa tersebut bisa mengganggu kerja sistem saraf pusat, sehingga reaksi tubuh menjadi lebih lambat. Ketika seseorang sudah sangat lelah, kemampuan berpikir dan Bergeraknya pun ikut menurun. Bahkan, kelelahan kerja yang berkepanjangan dapat menurunkan produktivitas secara keseluruhan. Budiono

et al. (2003) menambahkan bahwa kelelahan bisa menyebabkan hilangnya konsentrasi, melambatnya proses berpikir, menurunnya semangat kerja, dan berujung pada meningkatnya risiko kecelakaan kerja.

2.2.2 Ergonomi

Menurut Bridger (2003) menjelaskan bahwa ergonomi adalah disiplin ilmu yang menelaah hubungan timbal balik antara manusia dan mesin, termasuk faktor-faktor yang memengaruhi interaksi tersebut. Penerapan prinsip ergonomi dalam perancangan suatu sistem diharapkan mampu meningkatkan kinerja sistem dengan menghilangkan berbagai aspek yang bersifat tidak diinginkan, tidak terencana, maupun sulit dikendalikan, seperti:

- a). Inefisiensi (ketika pekerja menghasilkan output yang kurang optimal).
- b). Kelelahan (pekerja yang merasa lelah jika ada pekerjaan yang dirancang dengan buruk).
- c). Kecelakaan, cedera, dan error (perancangan interface yang buruk atau tekanan berlebih pada mental maupun fisik).
- d). Kesulitan pengguna (kombinasi sub tugas yang tidak tepat menghasilkan interaksi yang tidak alami dan rumit).
- e). Semangat rendah dan apatis

Desain ergonomi yang tepat dapat meningkatkan alur kerja, meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi adanya human error, dan dapat mempertahankan kesehatan, keselamatan, serta kenyamanan para pekerja (Chen et al., 2023).

Menurut Tarwaka et al. (2004), penerapan ergonomi memiliki tujuan-tujuan utama sebagai berikut:

- a) Mengurangi beban kerja baik secara fisik maupun mental, meningkatkan kesehatan jasmani dan rohani melalui pencegahan risiko cedera serta penyakit akibat pekerjaan, sekaligus mendorong promosi dan kepuasan kerja.
- b) Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui perbaikan kualitas interaksi sosial, pelaksanaan pekerjaan yang efisien, serta penguatan jaminan sosial baik pada usia produktif maupun setelahnya.

- c) Mencapai keseimbangan yang proporsional antara aspek ekonomi, teknis, antropologis, dan budaya dalam setiap sistem kerja, sehingga dapat terwujud mutu hidup dan mutu kerja yang optimal.

2.2.3 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) merupakan kuesioner yang umum digunakan untuk mengidentifikasi tingkat ketidaknyamanan atau rasa nyeri pada tubuh. Dalam pengisiannya, responden diminta menandai bagian tubuh yang mengalami gangguan atau rasa sakit (Kroemer, 2001). Instrumen ini dirancang untuk memperoleh informasi yang lebih rinci mengenai area tubuh yang terdampak selama aktivitas kerja, sehingga memungkinkan dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap keluhan tersebut. NBM menjadi pilihan utama dalam pengukuran keluhan kerja karena telah tersusun secara sistematis dan memiliki standar yang jelas.

Menurut Santoso et al. (2014), meskipun bersifat subjektif, metode NBM terbukti valid dan terstandarisasi untuk digunakan dalam mendeteksi bagian tubuh yang mengalami keluhan. Responden memberikan penilaian terhadap intensitas rasa sakit yang dialami saat bekerja, menggunakan skala Likert yang telah ditentukan. Pekerja mengisi formulir NBM dengan memberikan tanda centang (✓) pada area tubuh yang dirasakan nyeri, sesuai tingkat keluhan yang dirasakan.

Tabel 2. 2 Kategori Tingkat Rasa Sakit

Tingkat Rasa Sakit	Skor	Keterangan
Tidak Sakit	1	Pekerja tidak merasa keluhan atau kenyerian sama sekali
Agak Sakit	2	Pekerja merasakan sedikit keluhan atau kenyerian pada otot skeletal
Sakit	3	Pekerja merasakan keluhan atau kenyerian pada otot skeletal
Sangat Sakit	4	Pekerja merasakan sangat sakit keluhan atau nyeri pada otot skeletal

Tabel 2. 3 Kategori Tingkat Resiko Perbaikan

Skala Likert	Total Skor Individu	Tingkat Resiko	Tindakan Perbaikan
1	28-49	Rendah	Belum ditemukan adanya Tindakan perbaikan
2	50-70	Sedang	Mungkin diperlukan Tindakan dikemudian hari
3	71-91	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	92-122	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan saat ini juga

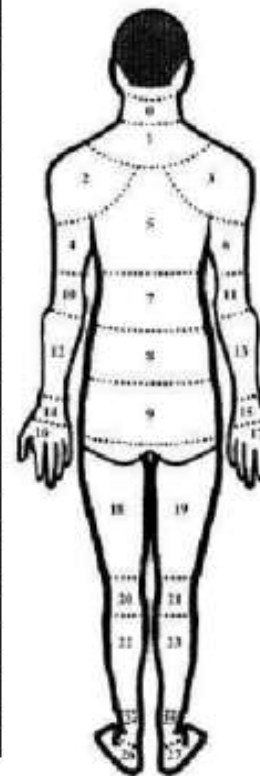
Sumber: (Tarwaka et al, 2010)

Tabel 2.4 Kuisioner *Nordic Body Map***LEMBAR KUESIONER *NORDIC BODY MAP***

Nama Pekerja : _____ Tanda Tangan _____
 Jenis Kelamin : L / P
 Berat Badan : ____ kg
 Usia : ____ tahun
 Pekerjaan : _____

Berikan tanda centang (✓) pada kolom berdasarkan keluhan/kesakitan/ ketergantungan yang dirasakan pada bagian tubuh (merujuk gambar).

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		Tidak Sakit	Cukup Sakit	Sakit	Sangat Sakit
0	Sakit pada atas leher				
1	Sakit pada bawah leher				
2	Sakit pada kiri bahu				
3	Sakit pada kanan bahu				
4	Sakit pada kiri atas lengan				
5	Sakit pada punggung				
6	Sakit pada kanan atas lengan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada pantat				
9	Sakit pada bagian bawah pantat				
10	Sakit pada kiri siku				
11	Sakit pada kanan siku				
12	Sakit pada kiri lengan bawah				
13	Sakit pada kanan lengan bawah				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				
19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				



Sumber: (Santoso et al, 2014)

2.2.4 *Musculoskeletal Disorder (MSDs)*

Musculoskeletal Disorders (MSDs) atau gangguan sistem muskuloskeletal merupakan keluhan yang muncul pada otot rangka, yang tingkatnya dapat bervariasi mulai dari sangat ringan hingga parah. Kondisi ini umumnya terjadi ketika otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu lama, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerusakan pada sendi, ligamen, maupun tendon (Tarwaka dkk., 2004).

Menurut Nursatya (2008), gangguan pada sistem muskuloskeletal jarang terjadi secara mendadak, melainkan merupakan hasil akumulasi dari benturan kecil maupun besar yang berlangsung terus-menerus dalam periode tertentu. Proses ini bisa berlangsung dalam hitungan hari, bulan, atau bahkan tahun, tergantung pada tingkat keparahan trauma yang dialami. Akumulasi tersebut dapat memicu cedera serius yang ditandai dengan gejala seperti rasa nyeri atau kesemutan, nyeri tekan, pembengkakan, keterbatasan gerak, atau kelemahan pada jaringan tubuh yang terdampak. Trauma jaringan ini umumnya disebabkan oleh proses yang bersifat kronis atau berulang.

Andrian (2013) menegaskan bahwa gangguan pada sistem muskuloskeletal dapat menghambat kelancaran proses produksi, sehingga perlu mendapatkan perhatian serius. Beberapa faktor yang diduga berkontribusi terhadap terjadinya Musculoskeletal Disorders antara lain:

a. Masa kerja

Durasi seseorang bekerja di suatu perusahaan dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal; semakin lama masa kerja, semakin tinggi kemungkinan keluhan muncul.

b. Durasi kerja

Waktu kerja harian maupun mingguan, termasuk waktu istirahat, memengaruhi risiko MSDs. Batas optimal kerja adalah 8 jam per hari atau 40 jam per minggu; melebihi durasi ini dapat meningkatkan potensi keluhan.

c. Postur tubuh

Posisi atau orientasi anggota tubuh saat bekerja dipengaruhi oleh ukuran tubuh dan alat kerja yang digunakan. Postur yang tidak alami, yaitu posisi tubuh yang jauh dari sikap netral, dapat meningkatkan risiko timbulnya keluhan MSDs.

d. Indeks masa tubuh (IMT)

IMT digunakan sebagai indikator status gizi pekerja. Pekerja dengan berat badan berlebih memiliki kecenderungan risiko yang lebih tinggi mengalami MSDs.

2.2.5 Antropometri

Antropometri merupakan cabang ilmu yang mempelajari ukuran dan proporsi tubuh manusia. Secara etimologis, istilah ini berasal dari bahasa Yunani, yaitu *anthropos* yang berarti manusia dan *metron* yang berarti pengukuran (Bridger, 1995). Bidang kajian ini memiliki peran penting dalam perancangan berbagai produk dan sistem kerja, karena setiap individu memiliki dimensi tubuh yang berbeda-beda, baik dari segi bentuk, ukuran, maupun berat badannya (Wignjosoebroto, 2003).

Menurut Stevenson (1989, dalam Nurmianto, 1991), antropometri dapat dipahami sebagai sekumpulan data numerik yang menggambarkan karakteristik fisik tubuh manusia, mencakup ukuran, bentuk, serta kekuatan, yang kemudian dimanfaatkan sebagai dasar dalam proses desain. Dengan kata lain, antropometri tidak hanya sebatas pengukuran, tetapi juga penerapan hasil pengukuran tersebut untuk menghasilkan rancangan yang sesuai dengan pengguna.

Dalam praktiknya, antropometri dibedakan menjadi dua kategori utama:

1. Antropometri statis (struktural) – jenis pengukuran ini dilakukan pada tubuh manusia dalam posisi diam atau tetap. Contoh data yang dikumpulkan meliputi tinggi badan, panjang lengan, tinggi siku, dan tebal paha.
 2. Antropometri dinamis (fungsional) – jenis pengukuran ini dilakukan pada tubuh yang sedang melakukan aktivitas atau bergerak, seperti saat seseorang mengayuh sepeda atau merakit suatu komponen.
- a. Persentil

Persentil digunakan untuk mengelompokkan data ukuran tubuh dalam skala 1 hingga 100, yang disusun berdasarkan urutan dari nilai terkecil hingga terbesar. Nilai persentil menunjukkan proporsi populasi yang memiliki ukuran sama atau lebih kecil daripada angka tersebut. Dalam perancangan produk, konsep ini sangat penting untuk mengakomodasi variasi ukuran tubuh pengguna. Oleh karena itu, desain ideal sebaiknya bersifat dapat disesuaikan (*adjustable*) dalam suatu rentang tertentu. Pendekatan ini umumnya dilakukan dengan menggunakan distribusi normal sebagai acuan (Wignjosoebroto dalam Wiranata, 2011).

Nilai-nilai distribusi persentil yang banyak diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dijelaskan pada gambar dibawah ini:

Tabel 2.5 Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
Ke-1	$\bar{x} - 2,325 \sigma$
Ke-2,5	$\bar{x} - 1,96 \sigma$
Ke-5	$\bar{x} - 1,645 \sigma$
Ke-10	$\bar{x} - 1,28 \sigma$
Ke-50	$\bar{x}$
Ke-90	$\bar{x} + 1,28 \sigma$
Ke-95	$\bar{x} + 1,645 \sigma$
Ke-97,5	$\bar{x} + 1,96 \sigma$
Ke-99	$\bar{x} + 2,325 \sigma$

Keterangan:

$\bar{x}$ = nilai rata-rata data yang diperoleh

σ = standar deviasi populasi

b. Perhitungan Data Anthropometri

Dalam proses perancangan fasilitas kerja, data antropometri memiliki peranan yang sangat penting karena menyediakan informasi mengenai berbagai ukuran tubuh manusia pada persentil tertentu. Agar data antropometri yang digunakan akurat, diperlukan tahapan pengolahan data secara sistematis, yang meliputi:

1. Uji Kecukupan Data

Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa jumlah data hasil pengamatan sudah memadai. Contoh data yang digunakan antara lain tinggi badan anak, lebar kepala, waktu pengamatan, dan variabel lain yang bersifat eksperimental. Uji ini dilakukan menggunakan rumus:

$$N' = \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot (\sum Xi)^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \dots\dots\dots (i)$$

N' = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan

k = Tingkat kepercayaan dalam pengamatan

Jika tingkat keyakinan 99%, maka $k=2,58 \approx 3$

Jika tingkat keyakinan 95%, maka $k=1,96 \approx 2$

Jika tingkat keyakinan 68%, maka $k \approx 1$

s = derajat ketelitian dalam pengamatan

Jika tingkat keyakinan 99% maka $s=1\%$

Jika tingkat keyakinan 95% maka $s=5\%$ dst

N = jumlah pengamatan yang telah dilakukan

x_i = Nilai hasil pengamatan

2. Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh data yang diperoleh berada dalam batas kendali statistik pada tingkat kepercayaan tertentu. Dengan memanfaatkan peta kendali, data yang berada di luar Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dapat diidentifikasi. Proses ini membantu menghilangkan data ekstrem yang dapat memengaruhi konsistensi hasil.

Berikut adalah perhitungan keseragaman data pada data anthropometri:

I. Rata-rata ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots (ii)$$

Keterangan:

x_i = nilai data

n = jumlah data pengamatan

II. Standar deviasi sampel (s)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots (iii)$$

Keterangan:

x_i = nilai data

$\bar{x}$ = nilai rata-rata data

III. Dengan tingkat kepercayaan $K = 2$, maka:

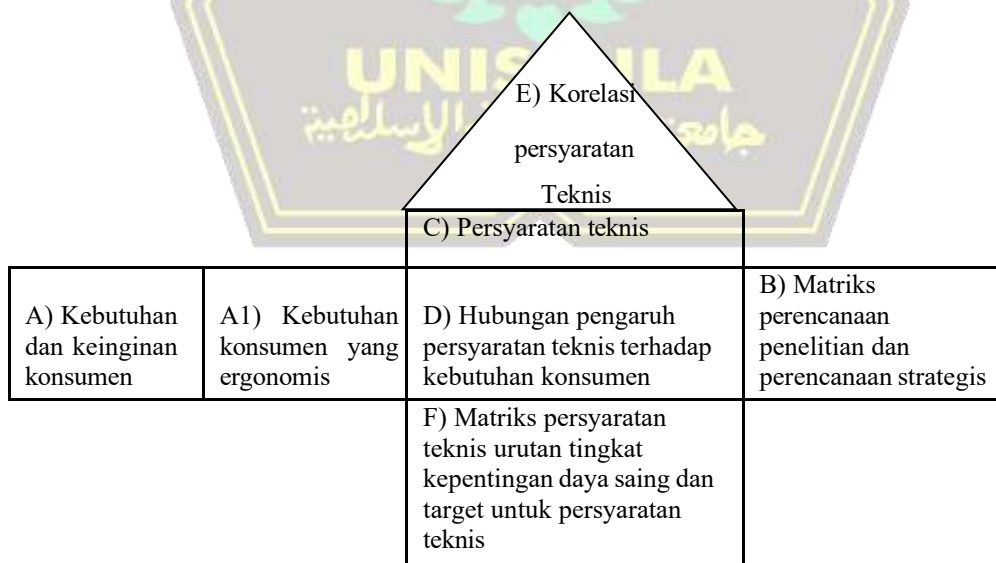
BKA (Batas Kontrol Atas) = $\bar{x} + Ks = \bar{x} + 2s$

BKB (Batas Kontrol Bawah) = $\bar{x} - Ks = \bar{x} - 2s$

2.2.6 Ergonomic Function Deployment (EFD)

Razyid, N. M. (2021) menjelaskan bahwa *Ergonomic Function Deployment* (EFD) merupakan pengembangan dari metode *Quality Function Deployment* (QFD), yang pada dasarnya berfungsi untuk menerjemahkan kebutuhan konsumen menjadi spesifikasi desain produk atau jasa yang dapat diimplementasikan. Perbedaan utama keduanya terletak pada fokusnya: QFD mengandalkan *House of Quality* (HOQ) sebagai kerangka, sedangkan EFD memodifikasi konsep tersebut menjadi *House of Ergonomic* (HOE), yang dirancang khusus untuk mengakomodasi aspek ergonomi. Menurut Anshori Huda (2016), EFD adalah suatu metode yang mempermudah proses perancangan dengan menyajikan pengambilan keputusan dalam bentuk matriks. Pendekatan ini memungkinkan hasil rancangan untuk ditinjau kembali dan disesuaikan di masa mendatang, guna memastikan tingkat kesesuaian dengan prinsip ergonomi.

Pada penerapannya, matriks *House of Ergonomic* yang digunakan dalam EFD memuat atribut-atribut produk yang bersumber dari lima aspek utama ergonomi, yang dikenal dengan singkatan ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisien). Berdasarkan konsep ini, EFD dapat dipandang sebagai integrasi antara prinsip QFD dan data antropometri, sehingga menghasilkan rancangan yang responsif terhadap kebutuhan pengguna.



Gambar 2.1 Matriks HOQ dengan Aspek Ergonomi

Sumber : (Widodo, 2005 dikutip oleh Meiharty, 2013)

House of Ergonomics (HOE) dalam *metode Ergonomic Function Deployment (EFD)* terdiri dari beberapa bagian.:

1. Bagian A

Memuat daftar kebutuhan serta harapan konsumen, yang umumnya diperoleh melalui penelitian pasar secara kualitatif..

2. Bagian A1

Berisi konversi kebutuhan konsumen ke dalam parameter ergonomi. Proses penerjemahan ini harus tepat agar memudahkan tim desain menentukan karakteristik teknis produk.

3. Bagian B

Menyediakan tiga jenis informasi:

- a. Tingkat kepentingan, kebutuhan, dan keinginan pelanggan.
- b. Data mengenai tingkat kepuasan konsumen terhadap produk perusahaan dan kompetitor.
- c. Sasaran strategis bagi produk atau jasa baru yang akan dikembangkan.

4. Bagian C

Memuat karakteristik teknis produk yang merupakan hasil terjemahan dari kebutuhan konsumen. Setiap karakteristik dilengkapi dengan satuan pengukuran, direction of goodness, serta target yang ingin dicapai. Kategori direction of goodness meliputi:

- a. More The Better (MTB) – semakin tinggi nilainya, semakin baik; tanpa batas maksimum.
- b. Less The Better (LTB) – semakin rendah nilainya, semakin baik; target optimalnya adalah nol.
- c. Target Best (TB) – nilai optimal yang sedekat mungkin dengan angka nominal tertentu tanpa variasi.

5. Bagian D

Berisi penilaian manajemen mengenai kekuatan hubungan antara elemen-elemen yang terdapat pada bagian persyaratan teknis (matriks C) terhadap kebutuhan konsumen (matriks A) yang di pengaruhinya. Kekuatan hubungan ditunjukkan dengan menggunakan simbol tertentu.

6. Bagian E

Disebut *technical correlation*, berbentuk seperti atap pada matriks HOE.

Bagian ini menggambarkan hubungan antaratribut teknis, dengan simbol:

- a. Korelasi positif kuat
- b. Korelasi positif
- c. Korelasi negatif
- d. Korelasi negatif kuat

7. Bagian F

Terletak di bagian bawah matriks HOE, memuat daftar spesifikasi teknis yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Isinya mencakup:

1. *Technical Response Priorities* – urutan prioritas persyaratan teknis.
2. *Competitive Technical Benchmark* – hasil perbandingan kinerja teknis produk perusahaan dengan produk pesaing.
3. *Target Technical* – target kinerja teknis untuk produk atau jasa baru.

(Widodo, 2005 dikutip oleh Meiharty, 2013)

Tahapan Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD)

1. Penentuan Atribut

Atribut yang digunakan mengacu pada aspek ergonomi ENASE (*Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, Efisien*). Atribut ini menjadi dasar penyusunan kuesioner pendahuluan yang diberikan kepada responden.

2. Perancangan Kuesioner

Terdiri dari dua tahap:

- a. Kuesioner pendahuluan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tingkat kepentingan pekerja.
- b. Kuesioner penelitian yang disebarkan ke responden untuk mengukur tingkat kepentingan dan kepuasan konsumen.

3. Penyusunan *House of Ergonomics*

Matriks HOE disusun berdasarkan kebutuhan dan keinginan konsumen yang selaras dengan prinsip ergonomi, kemudian diubah menjadi atribut produk dan spesifikasi teknis.

a. *Planning Matrix* digunakan untuk menentukan prioritas pemenuhan kebutuhan pelanggan. Kolom dalam matriks ini mencakup:

- *Importance to Customer*: skor kepentingan setiap kebutuhan.
- *Current Satisfaction Performance*: tingkat kepuasan konsumen, dihitung dengan *weighted average performance score* menggunakan rumus:

Performance weight = skala x jumlah responden

$$WAP = \frac{\sum(\text{Numbe of Resondent at Performance Value}) i}{\text{Current Satisf action Performance}} \dots\dots\dots (iv)$$

- *Goal*: target yang ingin dicapai sesuai skala kepuasan, ditetapkan mengacu pada *importance to customer*.
- *Improvement Ratio*: menunjukkan seberapa besar peningkatan yang dibutuhkan dalam pengembangan produk.

$$\text{Improment Ratio} = \frac{\text{Goal}}{\text{Current Satisf action Performance}} \dots\dots\dots (v)$$

Tabel 2.6 Nilai *improvement ratio*

Nilai	Arti
<1	Tidak ada perubahan
1 – 1.5	Perbaikan sedang
>1.5	Perbaikan mennyeluruh

(Sumber: Meyharti, 2013)

- *Sales Point* merupakan atribut yang dinilai memiliki daya tarik atau nilai jual tinggi, khususnya dalam konteks pemasaran produk. Nilai dari sales point dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.7 Nilai *sales point*

Nilai	Arti
<1	Tidak ada <i>sales point</i>
1.2	<i>Sales point</i> sedang
>1.5	<i>Sales point</i> kuat

(Sumber: Meyharti, 2013)

- Dalam metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD), terdapat dua istilah penting, yaitu *Raw Weight* dan *Normalized Raw Weight*. *Raw Weight* menunjukkan seberapa besar tingkat perbaikan yang diperlukan, yang diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut :

$Raw\ weight = (Importance\ to\ customer) \times (Improvement\ Ratio)$

- Sedangkan *Normalized Raw Weight* adalah nilai *Raw Weight* yang telah diubah ke skala 0–1 atau dalam bentuk persentase, menggunakan rumus:

$$Normalized\ Raw\ Weight = \frac{Raw\ weight}{\sum Raw\ weight} \dots\dots\dots (vi)$$

b. *Technical Response*

Technical Response atau matriks *How's* memuat informasi teknis yang digunakan oleh perusahaan untuk mendeskripsikan kinerja produk atau jasa yang ditawarkan. Matriks ini mengubah *voice of customer* (VOC) menjadi *voice of developer*, yaitu gambaran teknis mengenai bagaimana produk atau jasa akan dikembangkan. Penentuan isi matriks dilakukan dengan menentukan dimensi dan metode pengukurannya, mengacu pada fungsi produk/jasa beserta subsistemnya. Untuk produk jasa, pengukuran dapat dilakukan melalui pendekatan proses layanan mulai dari tahap awal hingga sampai kepada konsumen akhir.

c. *Matrix Relationship*

Matriks Relationship menunjukkan keterkaitan antara *Customer Need* dan *Technical Response*. Setiap keterkaitan memiliki tingkat kekuatan hubungan (*impact*) tertentu. Visualisasi biasanya menggunakan simbol dan 0, 1, 3, 9.

Simbol	Arti	Nilai Numerik
	Tidak ada hubungan	0
	Hubungan lemah	1
	Hubungan sedang	3
	Hubungan kuat	9

Gambar 2.2 *House of ergonomic*

(Sumber: wahyu, 2012)

d. *Technical Correlation*

Bagian ini mengidentifikasi hubungan antar elemen pada persyaratan desain (design requirement) melalui matriks korelasi. Simbol-simbol digunakan untuk menjelaskan apakah hubungan tersebut sangat positif, positif, negatif, sangat negatif, atau tidak ada korelasi.

4. Penyusunan Kepentingan Teknik

Tahap ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan teknis yang selaras dengan kebutuhan konsumen, yang dihitung dengan:

$$Contributions = \frac{Normalized\ Raw\ Weight\ X\ Bobot\ Relationship}{\sum Nilai\ Relationship\ Matrix} \dots\dots\dots (vii)$$

$$Normalized\ Contributions = Contributions / Total\ Contributions$$

5. Penentuan Hubungan Kebutuhan Konsumen dengan Kepentingan Teknik

Langkah ini menggambarkan keterkaitan (relationship matrix) antara setiap kebutuhan konsumen dan kepentingan teknis yang harus dipenuhi.

6. Penentuan Prioritas

Tahap akhir adalah menentukan prioritas pengembangan berdasarkan tingkat kepentingan teknis, sehingga upaya perbaikan difokuskan pada aspek yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kepuasan konsumen.

2.2.7 Perancang Produk

Produk dapat dipahami sebagai hasil akhir dari suatu proses produksi yang memberikan nilai tambah terhadap bahan baku, sehingga menjadi komoditas yang siap dipasarkan kepada konsumen. Konsep produk sendiri merupakan representasi awal yang memuat gambaran umum mengenai teknologi, prinsip kerja, serta bentuk produk yang akan dikembangkan. Umumnya, konsep ini divisualisasikan dalam bentuk gambar tiga dimensi yang disertai penjelasan rinci untuk setiap komponennya (Widodo, 2005 dalam Teza, 2013).

Kegiatan perancangan dan pengembangan produk mencakup seluruh rangkaian aktivitas yang berhubungan dengan keberadaan suatu produk, mulai dari tahap identifikasi kebutuhan konsumen, proses perancangan, hingga tahap produksi, pemasaran, dan distribusi. Melalui proses ini, diharapkan tercipta inovasi produk yang memiliki keunggulan kompetitif serta mampu bersaing dengan produk serupa di pasaran (Widodo, 2005 dalam Teza, 2013).

Pada hakikatnya, proses perancangan dan pengembangan produk merupakan langkah strategis yang memengaruhi keseluruhan arah pengambilan keputusan manajerial. Proses ini bersifat kompleks dan memerlukan pendekatan berpikir secara menyeluruh, melibatkan berbagai bidang ilmu untuk memastikan hasil yang optimal (Widodo, 2005 dalam Teza, 2013).

Menurut Widodo (2005, dikutip oleh Teza, 2013), proses pengembangan dan perancangan konsep produk meliputi sejumlah tahapan utama, yaitu:

- a. Identifikasi produk
Pada tahap awal, dilakukan analisis terhadap kekurangan maupun kelemahan yang dimiliki produk sebelumnya, kemudian disusun langkah perbaikan untuk meningkatkan kualitas produk tersebut.
- b. Penentuan spesifikasi target
Spesifikasi ini berfungsi memberikan gambaran yang jelas mengenai cara kerja produk, sebagai bentuk penjabaran dari hasil identifikasi produk yang telah dilakukan.
- c. Pengembangan konsep
Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan berbagai ide konsep produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Proses ini memadukan hasil riset eksternal dan metode pemecahan masalah secara kreatif.
- d. Seleksi konsep
Pada bagian ini, sejumlah alternatif konsep dianalisis dan disaring secara bertahap untuk menentukan konsep yang dinilai paling potensial.
- e. Pembuatan model dan prototipe
Setiap langkah dalam pengembangan konsep melibatkan pembuatan berbagai bentuk model fisik maupun prototipe sebagai representasi produk.
- f. Pengujian konsep
Beberapa konsep yang terpilih diuji untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan konsumen, memperkirakan peluang pasar, serta mengidentifikasi kelemahan yang perlu diperbaiki sebelum tahap produksi lanjut.
- g. Penetapan spesifikasi akhir
Spesifikasi awal yang telah disusun dievaluasi kembali setelah konsep produk dipilih dan melalui proses pengujian.
- h. Perencanaan proyek
Tahap akhir ini mencakup penyusunan jadwal kerja secara detail, penetapan strategi untuk mempercepat proses pengembangan, serta identifikasi sumber daya yang dibutuhkan hingga proyek dapat diselesaikan.



Gambar 2.3 Tahap Proses Pengembangan Perancangan Konsep Produk

(Sumber: Widodo, 2005 dikutip oleh Teza, 2013)

2.2.8 Analisis Ekonomi

Analisis investasi ekonomi merupakan proses penting dalam perancangan alat, yang bertujuan untuk menilai kelayakan dan potensi keuntungan dari investasi yang dilakukan. Dalam konteks ini, terdapat beberapa teori dan metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis tersebut.

a. Biaya (*Cost*)

Menurut Berdasarkan pendapat Newnan et al. (1990), dalam kajian analisis ekonomi teknik, biaya yang terkait dengan pembangunan suatu proyek maupun proses produksi dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Biaya investasi, yaitu biaya yang dikeluarkan pada awal untuk membangun atau membeli aset yang dibutuhkan.
2. Biaya operasional, yakni biaya yang dikeluarkan selama proses penggunaan aset atau fasilitas produksi.
3. Biaya penggantian peralatan dan pemeliharaan, yang mencakup biaya untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang sudah rusak.

Dalam perhitungannya, besarnya biaya operasional dan pemeliharaan umumnya diasumsikan sebesar 5% dari total biaya investasi. Oleh karena itu, total biaya keseluruhan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total Biaya} = \text{Biaya Investasi} + \text{Biaya Operasional dan Pemeliharaan}$$

b. *Payback Period*

Menurut Umar (2009), metode *Payback Period* adalah teknik yang digunakan untuk menilai berapa lama waktu yang diperlukan agar suatu

investasi dapat kembali modalnya. Perhitungan ini didasarkan pada arus kas bersih (*net proceed*) yang diperoleh setiap tahun. Arus kas bersih sendiri merupakan gabungan dari laba setelah pajak ditambah nilai penyusutan, dengan asumsi seluruh modal berasal dari dana sendiri.

Sejalan dengan Wening (2012), Payback Period merupakan durasi yang diperlukan untuk menutup kembali nilai investasi awal melalui aliran kas masuk, yang dihitung dari total penerimaan dikurangi semua biaya.

Jika arus kas tiap tahun sama, rumus yang digunakan adalah:

$$PBP = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Penerimaan Periode}} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots\dots (\text{viii})$$

Untuk menghitung *Payback Period* (PP) arus kas yang berbeda setiap tahun, digunakan rumus berikut:

$$PBP = n + \frac{(a - b)}{(c - b)} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots\dots (\text{ix})$$

Keterangan:

n = tahun terakhir di mana jumlah arus kas kumulatif masih negatif

a = total investasi awal inv

b = jumlah arus kas kumulatif pada tahun ke – n

c = jumlah arus kas kumulatif arus kas pada tahun ke – (n+1)

c. *Net Present Value* (NPV)

Menurut Khotimah & Sutiono (2014), *Net Present Value* adalah nilai sekarang dari seluruh arus kas masuk yang dihasilkan dari suatu investasi, setelah dikurangi dengan biaya yang telah didiskontokan. Konsep ini memperhitungkan nilai waktu dari uang, sehingga mampu menunjukkan selisih antara nilai sekarang dari keuntungan dan biaya (Kadir, 2007).

Rumus perhitungan NPV menurut Umar (2009) adalah:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0 \dots\dots\dots (\text{x})$$

Keterangan:

NPV = *Net Present Value* (Rp)

CF_t = Aliran kas per tahun pada periode t

K = Suku bunga (*discount rate*)

I_0 = Investasi awal

t = tahun ke- t

n = jumlah tahun

Kriteria keputusan:

- i. $NPV > 0$, $\rightarrow$ proyek menguntungkan dan layak dijalankan
- ii. $NPV < 0$, $\rightarrow$ proyek merugikan dan tidak layak dijalankan
- iii. $NPV = 0$, $\rightarrow$ proyek hanya mampu mengembalikan modal

d. *Internal Rate of Return (IRR)*

Menurut Pahlevi, Zakaria, & Kalsum (2014), *Internal Rate of Return* adalah tingkat suku bunga yang membuat nilai NPV menjadi nol, atau dengan kata lain tingkat pengembalian aktual dari suatu investasi.

Rumus IRR yang digunakan Umar (2009) adalah:

$$IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} \times (i2 - i1) \dots\dots\dots (xi)$$

Keterangan:

IRR = Tingkat pengembalian internal

$I1$ = Tingkat bunga saat NPV terakhir masih positif

$I2$ = Tingkat bunga saat NPV terakhir bernilai negatif

$NPV1$ = Nilai NPV terakhir yang positif

$NPV2$ = Nilai NPV terakhir yang negatif

e. *Break Event Point (BEP)*

Menurut Kadir (2007), *Break Even Point* adalah titik di mana total pendapatan sama dengan total biaya, sehingga usaha tidak mengalami keuntungan maupun kerugian.

- i. BEP dalam satuan unit (Umar, 2009):

$$BEP = \frac{FC}{P - V} \dots\dots\dots (xii)$$

Keterangan:

BEP = *Break Event Point* atas dasar unit produk yang dihasilkan

FC = Biaya tetap per unit (Rp)

P = Harga jual per unit (Rp)

V = Biaya variabel/unit (Rp)

- ii. BEP dalam pendapatan (Umar, 2009):

$$BEP = \frac{FC}{1 - \frac{TVC}{S}} \dots\dots\dots (xiii)$$

Keterangan:

BEP = *Break Event Point* atas dasar pendapatan yang diperoleh

FC = Biaya tetap (Rp)

S = Total penjualan (Rp)

TVC = Total Biaya variabel (Rp)

2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesa

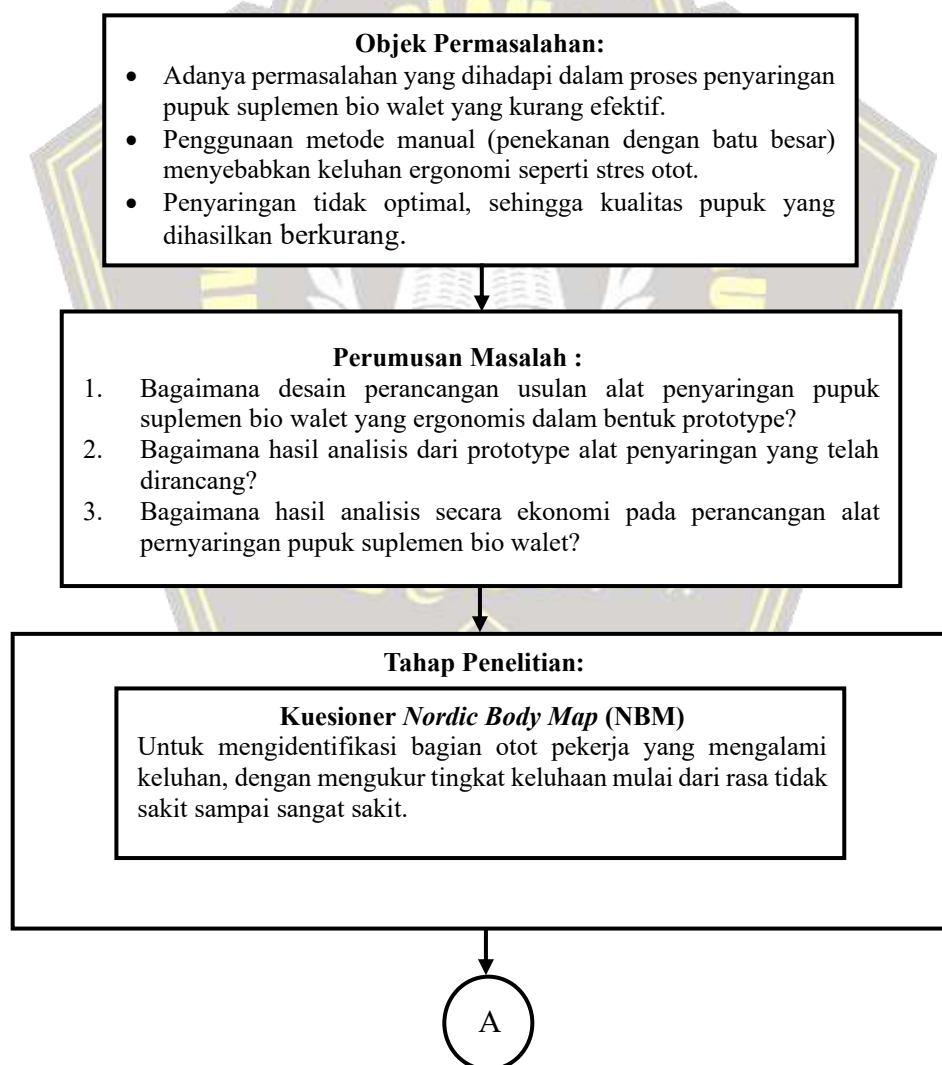
Pada pembahasan kali ini peneliti membuat suatu hipotesa atau dugaan sementara dari penelitian ini yaitu berdasarkan penelitian terdahulu di atas terdapat beberapa metode yang digunakan, namun pada tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode *ergonomic function deployment*. Pemilihan metode tersebut dikarenakan pada bab 1 sebelumnya telah dijelaskan bahwa terdapat keluhan pada pekerja bagian penyaringan, keluhan tersebut seperti kelelahan akibat pekerjaan yang berulang akibat proses alat penyaringan yang ada pada UMKM Walet Langgeng Abadi itu sangat sederhana dan manual yaitu dengan menggunakan wadah drum dan sak karung untuk tempat penyaringannya lalu ditekan menggunakan batu berupa beton cor sehingga membuat kurang efektif dan efisien dalam penyaringannya. Dan juga proses penyaringan yang mengharuskan pekerja untuk membungkuk, mengangkat beban berat berupa batu beton cor, dan melakukan gerakan berulang, sehingga menimbulkan berbagai masalah ergonomi yang berpotensi menyebabkan resiko kelelahan, cedera otot ataupun luka pada pekerja. Selain itu, alat yang tidak didesain dengan baik juga menurunkan efisiensi kerja karena proses penyaringan memakan waktu lebih lama dan membutuhkan tenaga lebih besar.

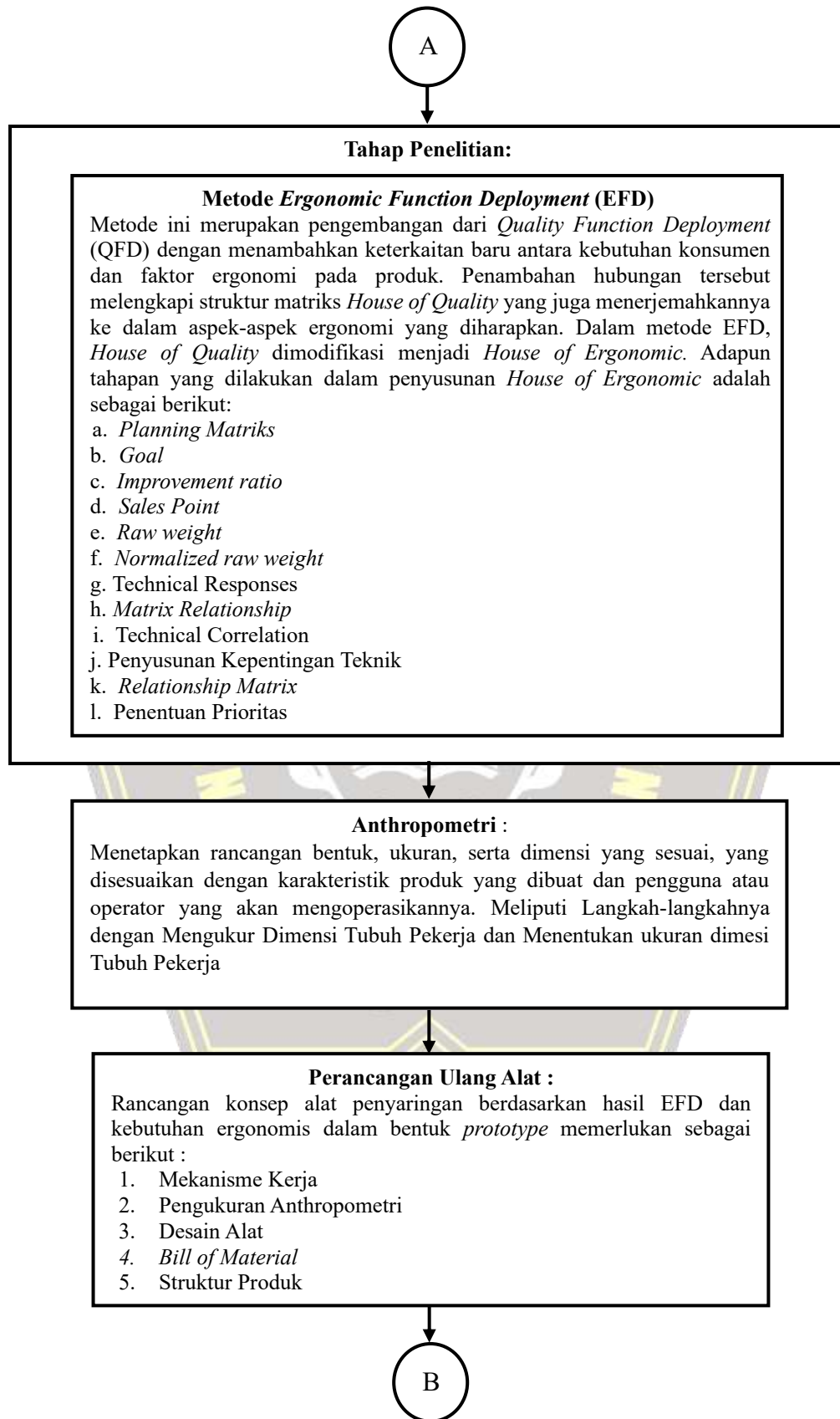
Oleh karena itu, metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) dipilih sebagai pendekatan yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan yang ada. Sementara itu, penggunaan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dimaksudkan

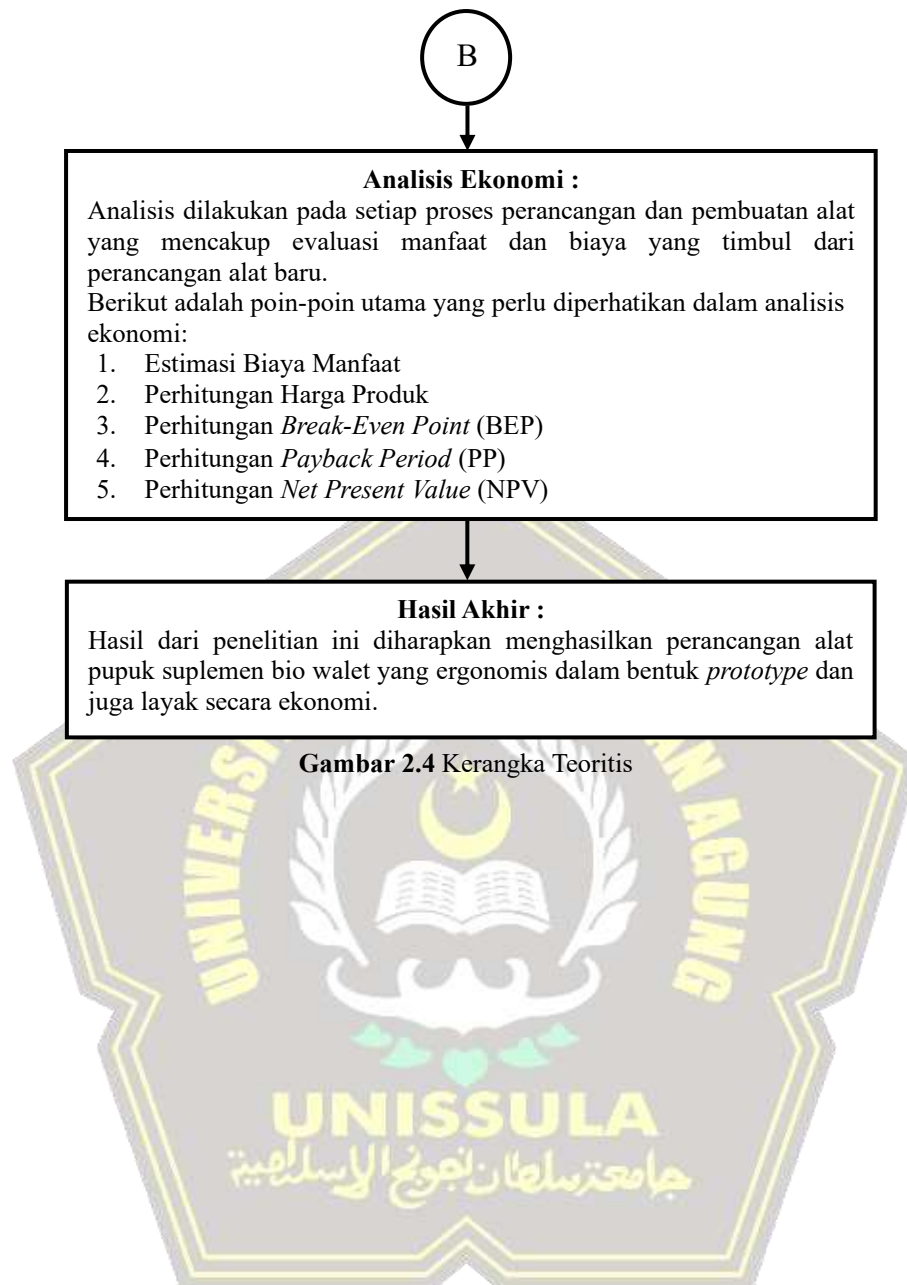
untuk mengidentifikasi keluhan fisik yang dialami pekerja pada bagian tubuh tertentu. Melalui penerapan metode EFD, peneliti berupaya merancang ulang alat penyaring pupuk yang telah digunakan sebelumnya menjadi model baru yang diharapkan mampu meminimalkan keluhan pekerja pada proses penyaringan. Keberadaan alat penyaring pupuk yang telah diperbaiki ini diharapkan tidak hanya membantu mempermudah proses kerja, tetapi juga mengurangi potensi gangguan fisik pada pekerja serta meningkatkan produktivitas di UMKM Walet Langgeng Abadi.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut mengenai kerangka teoritis penelitian perancangan ulang alat penyaringan pupuk organik bio walet pada UMKM Walet Langgeng Abadi:







BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian tugas akhir ini, metode pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian tahapan atau prosedur yang bertujuan untuk memperoleh data yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Data yang dihimpun terdiri dari data primer dan data sekunder, dengan rincian sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung dari sumber asli, tanpa melalui pihak perantara, dan belum pernah diolah sebelumnya. Dalam penelitian ini, data primer yang dikumpulkan meliputi:

a. Data Proses Penyaringan

Berupa dokumentasi kegiatan proses penyaringan di UMKM Pupuk Organik Bio Walet, yang direkam melalui foto dan video.

b. Data Kuesioner *Nordic Body Map*

Kuesioner ini digunakan untuk mengidentifikasi bagian otot pekerja yang mengalami keluhan, dengan tingkat keluhan mulai dari rasa kurang nyaman (agak sakit) hingga rasa sangat sakit.

c. Data Kuesioner EFD

Kuesioner ini memuat informasi terkait tingkat kepentingan yang dibutuhkan. Penyusunannya dilakukan melalui dua tahap: tahap awal yang berfokus pada pengumpulan kebutuhan konsumen melalui pertanyaan terbuka kepada responden, dan tahap akhir yang berisi pertanyaan tentang karakteristik produk. Bentuk pertanyaan berupa angket dengan pilihan jawaban yang memiliki bobot penilaian berbeda berdasarkan skala Likert yang dimodifikasi sebagai berikut:

1. Sangat Penting (SP) = bobot 5
2. Penting (P) = bobot 4
3. Cukup Penting (CP) = bobot 3
4. Tidak Penting (TP) = bobot 2

5. Sangat Tidak Penting (STP) = bobot 1

d. Data Antropometri

Data antropometri digunakan sebagai acuan dalam perancangan ukuran produk agar sesuai dengan prinsip ergonomi, sehingga nyaman dan optimal digunakan. Data ini diambil dari ukuran tubuh baku orang dewasa, baik laki-laki maupun perempuan, untuk kemudian dijadikan dasar dalam menentukan bentuk dan ukuran produk.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang tidak diperoleh secara langsung, melainkan dari dokumentasi perusahaan atau literatur yang relevan dengan topik penelitian. Dalam penelitian ini, data sekunder yang digunakan antara lain hasil studi literatur terkait metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) dan penelitian sebelumnya yang mendukung pembahasan.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Observasi langsung dilakukan di lokasi UMKM Pupuk Organik Bio Walet untuk mengamati kondisi aktual di tempat kerja. Langkah ini bertujuan memperoleh gambaran nyata mengenai situasi dan proses yang berlangsung di lapangan.

2. Studi Literatur

Tahap ini melibatkan pencarian informasi dan referensi teoritis yang relevan dengan permasalahan di UMKM Pupuk Organik Bio Walet sebagai objek penelitian. Pengumpulan literatur dilakukan untuk mendukung analisis dan solusi yang diusulkan. Sumber referensi meliputi buku, skripsi, karya ilmiah, serta jurnal yang membahas topik seperti ergonomi, analisis postur kerja, perbaikan sistem kerja, dan perancangan alat.

3. Identifikasi Masalah

Proses identifikasi difokuskan pada pencarian permasalahan inti, yaitu bagaimana meningkatkan produktivitas UMKM melalui proses penyaringan yang

lebih cepat dan efisien. Selain itu, penekanan diberikan pada pentingnya rancangan alat yang ergonomis agar dapat mengurangi risiko cedera, meningkatkan kenyamanan kerja, dan mendukung kesehatan pekerja dalam jangka panjang.

3.3 Pengujian Hipotesa

Hipotesa dalam penelitian ini adalah bahwa penerapan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)* dapat mengatasi keluhan ergonomi pekerja pada proses penyaringan pupuk di UMKM Walet Langgeng Abadi. Dengan bantuan kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*, keluhan seperti kelelahan, nyeri otot, dan risiko cedera dapat diidentifikasi, lalu diterjemahkan ke dalam kebutuhan ergonomis. Melalui perancangan ulang alat penyaringan dengan metode EFD, diharapkan pekerja tidak lagi terbebani postur membungkuk, beban berat, dan gerakan berulang, sehingga kenyamanan, kesehatan, dan produktivitas kerja meningkat secara signifikan.

3.4 Metode Analisis

Analisis dilakukan untuk membahas dan mengevaluasi data yang telah dikumpulkan dan diolah. Proses ini mencakup pengolahan data awal hingga tahap pengujian alat hasil rancangan ulang untuk memastikan kesesuaian fungsinya dengan kebutuhan pengguna. Beberapa jenis analisis yang dilakukan meliputi:

1. Analisis kuesioner *Nordic Body Map (NBM)* untuk mengidentifikasi bagian tubuh yang paling sering mengalami keluhan.
2. Analisis kebutuhan pengguna berdasarkan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)*.
3. Analisis perbandingan kinerja alat sebelum dan sesudah proses perancangan ulang.
4. Analisis ekonomi untuk menghitung biaya dan manfaat dari penerapan *Pneumatic*.

3.5 Pembahasan

Setelah seluruh data terkumpul, tahap berikutnya adalah melakukan pengolahan data menggunakan metode yang telah ditentukan sebelumnya. Proses ini mencakup penerapan metode yang relevan untuk menyelesaikan permasalahan berdasarkan data yang telah diperoleh. Tujuan pengolahan data adalah mengubah data mentah menjadi informasi yang terstruktur, sehingga mempermudah proses analisis dan membantu dalam menemukan solusi atas permasalahan yang menjadi fokus penelitian.

a. Penghitungan *Total Score Nordic Body Map* (NBM)

Menghitung *Total Score* dari hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk menentukan keluhan-keluhan yang paling tinggi yang di alami oleh pekerja sehingga dari nilai tersebut nantinya akan dibuatkan rancangan alat yang ergonomi dan bisa mengurangi keluhan pekerja selama ini. Kemudian hasil kuesioner NBM akan masuk pada tahap awal digunakan sebagai input dalam metode EFD yaitu pada tahap identifikasi kebutuhan ergonomis pengguna. Dengan itu, proses perancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet dapat lebih fokus pada peningkatan kenyamanan dan kesehatan pengguna.

b. Pengolahan Data Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD)

Pengolahan Data dengan Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD). Selanjutnya, data yang diperoleh dari kuesioner *Ergonomic Function Deployment* (EFD) diolah dan dimasukkan ke dalam matriks *House of Ergonomic*, yang dirancang berdasarkan kebutuhan serta preferensi konsumen. Proses pembentukan *House of Ergonomic* dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

- a. *Planning Matriks* (Mengidentifikasi tujuan, sasaran dan kebutuhan pengguna).
- b. *Goal* (Menentukan tujuan perancangan alat yang jelas dan spesifik).
- c. *Improvement ratio* (Rasio perbaikan tujuan untuk mengukur kemajuan).
- d. *Sales Point* (Titik penjualan untuk mengidentifikasi kebutuhan).
- e. *Raw weight* (Mengukur pentingnya faktor ergonomi misalnya, kenyamanan, keselamatan).

- f. *Normalized raw weight* (Membandingkan pentingnya faktor *ergonomic*).
- g. *Technical Responses* (Respon teknis untuk mengatasi masalah).
- h. *Matrix Relationship* (*Matriks* hubungan antara kebutuhan pelanggan dan respon teknis).
- i. *Technical Correlation* (Menganalisis korelasi antara faktor-faktor ergonomi)
- j. Penyusunan Kepentingan Teknik (Menentukan prioritas berdasarkan kepentingan teknis).
- k. *Relationship Matrix* (Menganalisis hubungan antara kebutuhan pengguna dan karakteristik alat).
- l. Penentuan Prioritas (Menentukan prioritas perancangan alat berdasarkan kepentingan dan kemampuan).

Maka hasil dari penerapan Metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) dengan membentuk *House of Ergonomic* (HoE) menghasilkan desain yang ergonomis, menjawab kebutuhan pengguna secara terstruktur, dan memastikan bahwa alat yang dirancang mampu meningkatkan kenyamanan, kesehatan, serta efisiensi kerja.

c. Pengolahan Anthropometri

Selanjutnya dari data anthropometri kemudian diolah apakah nantinya data tersebut cukup dan beragam atau tidak sehingga. Hasil dari pengolahan anthropometri nantinya akan dirancang menjadi sebuah alat yang ergonomis sesuai dengan dimensi tubuh pengguna dan bisa mengurangi cedera otot pada pekerja, meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengguna, meningkatkan efisiensi dan produktivitas.

d. Analisis Ekonomi

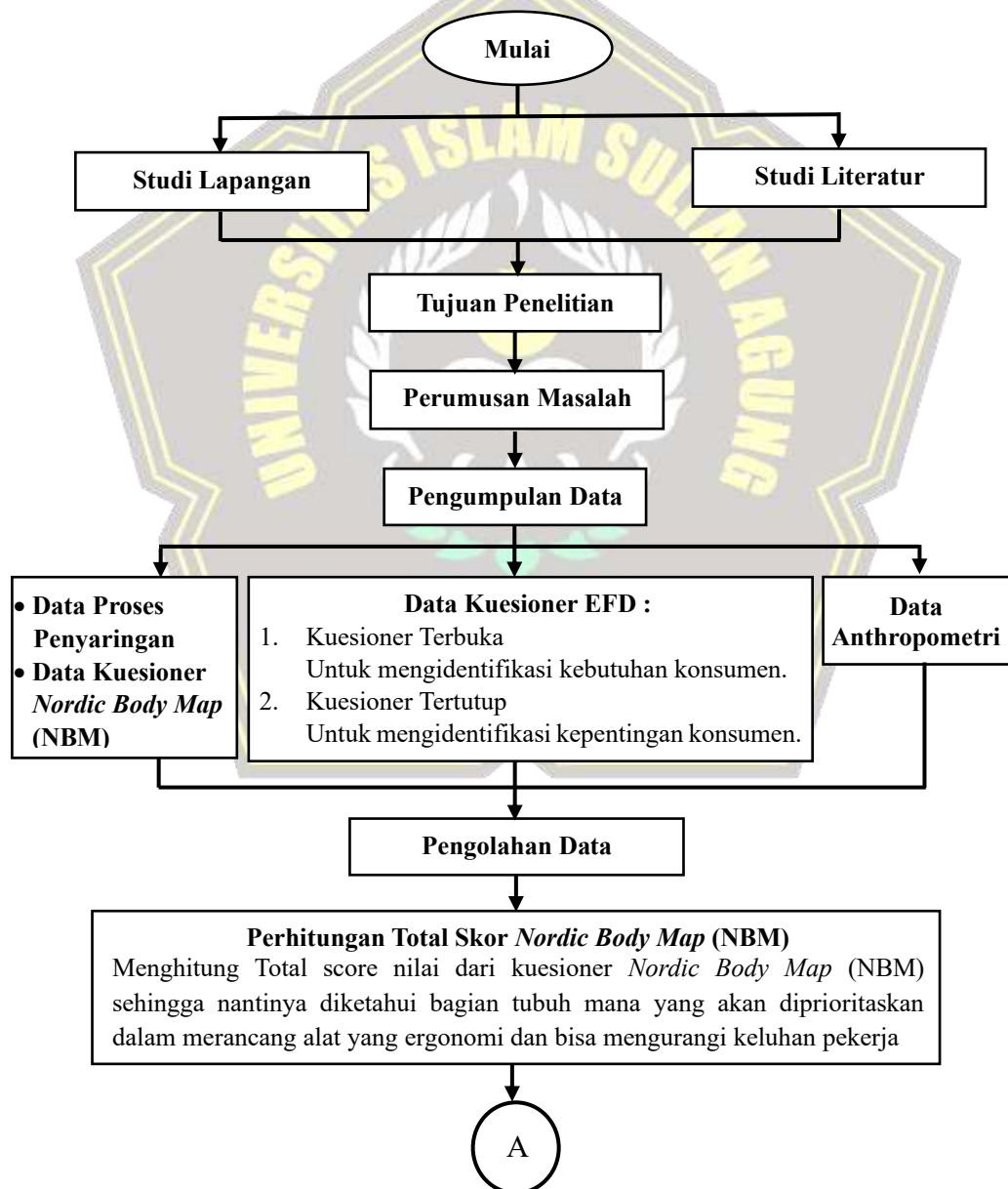
Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis ekonomi. Proses analisis ini mencakup setiap tahapan perancangan dan pembuatan alat, dengan fokus pada evaluasi biaya dan manfaat. Analisis ekonomi yang digunakan meliputi Analisis Biaya-Manfaat, *Break-Even Point* (BEP), *Payback Period* (PP), serta *Net Present Value* (NPV), Hasil dari analisis ini bertujuan untuk menentukan nilai ekonomis serta manfaat yang diperoleh dari perancangan alat penyaring pupuk organik bio walet.

3.6 Penarikan Kesimpulan

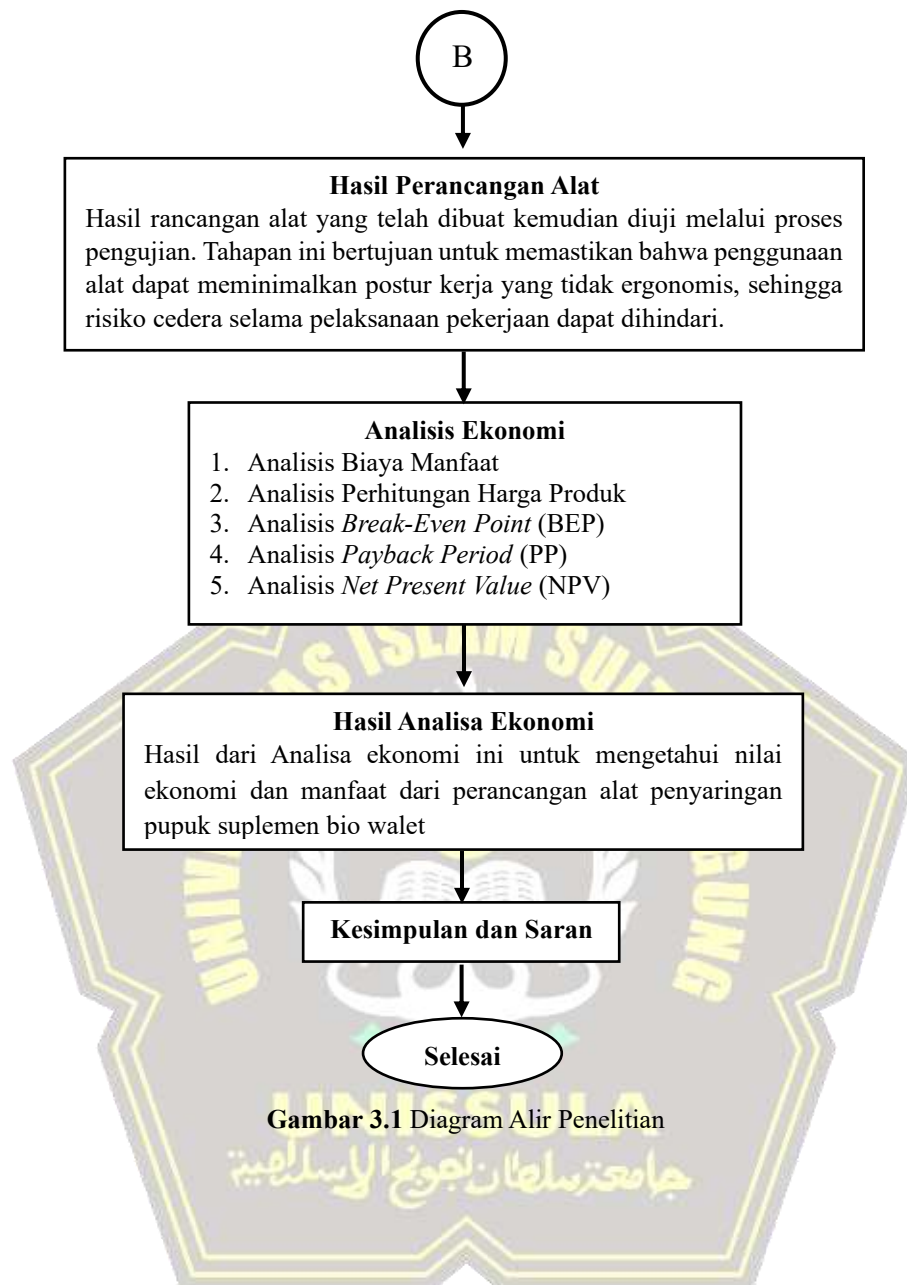
Tahapan penutup dalam penelitian ini adalah menyusun kesimpulan berdasarkan seluruh temuan yang diperoleh dari rangkaian proses penelitian yang telah dilaksanakan. Kesimpulan tersebut dimaksudkan sebagai jawaban atas permasalahan yang dikaji. Selain itu, disertakan pula saran yang bersifat konstruktif sebagai rekomendasi yang dapat memberikan nilai tambah terkait hasil penelitian.

3.7 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian digunakan sebagai rencana tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian. Berikut merupakan diagram alur penelitian:







BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Data Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

Berikut ini merupakan data kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang digunakan oleh penelitian ini dalam melakukan alat proses penyaringan pupuk organik bio walet.

Tabel 4.1 Hasil Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		Tidak Sakit	Cukup Sakit	Sakit	Sangat Sakit
0	Sakit pada atas leher		√		
1	Sakit pada bawah leher		√		
2	Sakit pada kiri bahu			√	
3	Sakit pada kanan bahu			√	
4	Sakit pada kiri atas lengan			√	
5	Sakit pada punggung			√	
6	Sakit pada kanan atas lengan				√
7	Sakit pada pinggang				√
8	Sakit pada pantat		√		
9	Sakit pada bagian bawah pantat		√		
10	Sakit pada kiri siku		√		
11	Sakit pada kanan siku			√	
12	Sakit pada kiri lengan bawah			√	
13	Sakit pada kanan lengan bawah			√	
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri			√	
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan			√	
16	Sakit pada tangan kiri			√	
17	Sakit pada tangan kanan			√	
18	Sakit pada paha kiri		√		
19	Sakit pada paha kanan		√		
20	Sakit pada lutut kiri		√		
21	Sakit pada lutut kanan		√		
22	Sakit pada betis kiri		√		
23	Sakit pada betis kanan		√		
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	√			
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	√			
26	Sakit pada kaki kiri	√			
27	Sakit pada kaki kanan	√			

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), diperoleh gambaran bahwa terdapat keluhan *musculoskeletal* (MSDs) di berbagai bagian tubuh saat melakukan proses penyaringan pupuk. Tingkat keluhan bervariasi dari cukup sakit hingga sangat sakit, dengan beberapa area menunjukkan frekuensi dan intensitas keluhan yang tinggi.

Area Tubuh dengan Keluhan Tertinggi (Kategori Sakit dan Sangat Sakit):

- Sangat sakit : Kanan atas lengan, Pinggang,
- Sakit : Kanan dan kiri bahu, Punggung, Kanan dan kiri lengan bawah, Pergelangan tangan kanan dan kiri, Tangan kanan dan kiri.

Jadi keluhan paling banyak terjadi pada bagian tubuh atas, terutama punggung, bahu, lengan, pergelangan tangan, dan tangan. Terdapat pula beberapa keluhan pada area leher dan tungkai bawah, namun dengan tingkat keluhan yang lebih rendah (cukup sakit dan tidak sakit). Keluhan ini menunjukkan adanya aktivitas kerja yang melibatkan tekanan manual tinggi, postur tidak netral (membungkuk, menjangkau), dan pengulangan gerakan ekstremitas atas.

Fungsi hasil *Nordic Body Map* (NBM) dalam tahap awal pengumpulan data pada penelitian dengan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) adalah sebagai dasar identifikasi keluhan *musculoskeletal* (MSDs) yang dialami pengguna saat melakukan proses kerja, khususnya dalam penyaringan pupuk organik bio walet.

Hasil NBM ini nantinya digunakan untuk:

1. Mengidentifikasi masalah ergonomi utama yang terjadi selama proses kerja.
2. Menerjemahkan keluhan pengguna menjadi kebutuhan ergonomis dalam penyusunan *Customer Needs* pada EFD.
3. Menentukan prioritas perbaikan desain, berdasarkan bagian tubuh dengan keluhan tertinggi.
4. Memvalidasi efektivitas solusi ergonomis dengan membandingkan keluhan sebelum dan sesudah perancangan ulang alat.

Dengan demikian, NBM berperan penting sebagai jembatan antara kondisi kerja aktual dengan desain ergonomis yang diusulkan.

4.1.2 Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Kuesioner yang digunakan dalam melakukan wawancara ini hanya diberikan pada satu orang yaitu seorang pekerja yang ada pada proses penyaringan UMKM karena sudah terbiasa sehari-hari melakukan aktivitas tersebut, kemudian kuesioner ini digunakan untuk mengetahui apa saja kebutuhan yang diinginkan UMKM beserta jawaban yang diberikan, sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Kuesioner Identifikasi Kebutuhan Konsumen

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet perlu sesuai dengan ukuran postur tubuh?	Alat penyaringan pupuk harus disesuaikan dengan ukuran postur tubuh pengguna/pekerja agar nyaman digunakan, mengurangi kelelahan, dan tidak menimbulkan resiko cedera.
2.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet harus mudah digunakan sehingga mampu menyaring dengan cepat dan efisien?	Alat harus di desain cepat dan efisien mudah di gunakan untuk mengurangi beban kerja, meningkatkan kecepatan penyaringan dan dapat meningkatkan produktifitas.
3.	Menurut Anda, apakah alat pupuk organik bio walet harus bisa mengurangi keluhan resiko cedera saat menyaring pupuk?	Alat harus diredesign ulang agar bisa mengurangi keluhan resiko cedera, terutama yang terkait dengan beban kerja fisik berlebih seperti nyeri otot pada bagian pinggang dan lengan kanan atas.
4.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet harus nyaman digunakan?	Alat harus nyaman digunakan agar pekerja tidak cepat lelah dan bisa bekerja dalam waktu lama tanpa mengalami ketidak nyamanan.
5.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet perlu memiliki desain produk yang menarik?	Alat harus di desain yang menarik sehingga dapat meningkatkan daya tarik dan kepuasan bagi penggunaanya.
6.	Menurut Anda, apakah alat pupuk organik bio walet harus mudah dibersihkan?	Alat harus mudah dibersihkan untuk menjaga higienitas dan mencegah kontaminasi pupuk yang di hasilkan.
7.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet harus tahan lama meskipun	Alat harus memiliki daya tahan tinggi karena akan digunakan secara terus menerus dalam proses

	digunakan dalam waktu yang panjang, seberapa lama?	produksi, ya idealnya alat mampu bertahan dalam kondisi selama minimal 5 – 10 tahun.
8.	Menurut Anda, apakah alat penyaringan pupuk organik bio walet harus memiliki harga yang terjangkau?	Alat harus memiliki harga yang terjangkau tanpa mengorbankan fungsi utama

4.1.3 Pengukuran Tingkat Kepentingan atribut

Penentuan tingkat kepentingan ini dilakukan dengan menanyakan kepada pekerja sekaligus pengurus UMKM dan memberikan bobot pada masing – masing atribut dengan memberikan skala prioritas, dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Keterangan :

1 = STP (Sangat Tidak Penting)

2 = TP (Tidak Penting)

3 = CP (Cukup Penting)

4 = P (Penting)

5 = SP (Sangat Penting)

Tabel 4.3 Hasil tingkat kepentingan dari atribut produk

No	Kebutuhan Ergonomis Konsumen	Tingkat Kepentingan				
		1	2	3	4	5
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	0	0	0	0	✓
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	0	0	0	0	✓
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	0	0	0	0	✓
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	0	0	0	✓	0
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	0	0	0	✓	0
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	0	0	0	✓	0
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	0	0	0	✓	0
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	0	0	0	✓	0

Adapun hasil pengumpulan data tingkat kepentingan perusahaan terhadap alat pupuk organik bio walet yang saat ini digunakan adalah sebagai berikut :

4.1.4 Pengukuran Tingkat Kepuasan

Penentuan tingkat kepuasan ini dilakukan dengan menanyakan kepada pekerja sekaligus pengurus UMKM dan memberikan bobot pada masing – masing atribut dengan memberikan skala prioritas, dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Keterangan :

1 = Sangat Tidak Puas

2 = Tidak Puas

3 = Cukup Puas

4 = Puas

5 = Sangat Puas

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Tingkat Kepuasan

No	Customer Needs	Tingkat Kepuasan				
		1	2	3	4	5
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	0	✓	0	0	0
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	0	✓	0	0	0
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	✓	0	0	0	0
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	0	✓	0	0	0
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	0	✓	0	0	0
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	0	0	✓	0	0
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	0	0	0	✓	0
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	0	0	0	✓	0

Hasil data pengukuran tingkat kepentingan terhadap alat penyaringan pupuk diatas berdasarkan kuisioner yang telah disebar kepada pemilik perusahaan. Angka dalam tabel 4.4 menunjukan skala kepentingan yang dipilih oleh responden untuk tiap atribut yang telah diajukan.

4.2 Pengolahan Data

Adapun pengolahan data yang dilakukan dari hasil pengumpulan data yaitu sebagai berikut:

4.2.1 Pembentukan *House of Ergonomic*

Matriks *house of ergonomic* yang digunakan dibentuk sesuai kebutuhan dan keinginan konsumen yang sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomis yang dijadikan atribut dan spesifikasi teknik pada alat penyaringan pupuk yang akan dirancang. Langkah-langkah yang dilakukan untuk membentuk *house of ergonomic* adalah sebagai berikut :

A. Kebutuhan Konsumen yang Ergonomis

Bagian ini berupa beberapa keinginan dan kebutuhan pekerja penyaringan pupuk pada kolom A yang kemudian diterjemahkan menjadi kebutuhan konsumen yang ergonomis pada kolom A1 yang sebelumnya diturunkan berdasarkan lima aspek ergonomi ENASE. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.5 Identifikasi Kebutuhan Konsumen yang Ergonomis

No	Aspek ENASE	Kebutuhan & Keinginan Konsumen (A)	Terjemahan Kebutuhan Ergonomis Konsumen (A1)
1.	Sehat	Alat sesuai postur tubuh	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna
2.	Efisien	Proses cepat & efisien	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan
3.	Aman	Mengurangi risiko cedera	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas
4.	Nyaman	Nyaman digunakan dalam durasi lama	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan
5.	Efektif	Desain menarik	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual
6.	Sehat	Mudah dibersihkan	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan

7.	Efektif	Tahan lama	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi
8.	Efisien	Harga terjangkau	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau

B. Penyusunan Matriks Perencanaan

Dibawah ini merupakan pengolahan yang dilakukan dalam rangka untuk menyusun matriks perencanaan :

1. *Importance to Customer* (Tingkat Kepentingan)

Importance to Consumers merupakan kolom yang menunjukkan tingkat kepentingan dari setiap kebutuhan pelanggan berdasarkan persepsi konsumen. Nilai pada kolom ini diperoleh melalui hasil identifikasi kebutuhan menggunakan kuesioner, yang mengacu pada data Tabel 4.3. Penilaian dilakukan dengan skala Likert 1–5 untuk menunjukkan seberapa penting suatu atribut produk bagi konsumen, dengan keterangan sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Penting

2 = Tidak Penting

3 = Cukup Penting

4 = Penting

5 = Sangat Penting

Berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner, berikut adalah tingkat kepentingan dari masing-masing atribut produk yang disajikan dalam Tabel 4.6:

Tabel 4.6 *Importance to Customers*

No	<i>Customer Needs</i>	Tingkat Kepentingan	Keterangan
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	5	Sangat Penting
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	5	Sangat Penting
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	5	Sangat Penting
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah	5	Sangat Penting

	dioperasikan		
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	4	Penting
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	4	Penting
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	4	Penting
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4	Penting

Data ini menjadi dasar penentuan prioritas dalam proses perancangan ulang alat, agar lebih sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna.

2. *Customer Satisfaction Performance (Tingkat Kepuasan)*

Customer Satisfaction Performance merupakan penilaian terhadap sejauh mana alat penyaringan pupuk yang digunakan saat ini mampu memenuhi harapan dan kebutuhan pengguna, berdasarkan atribut-atribut yang dianggap penting oleh konsumen. Penilaian ini diperoleh melalui penyebaran kuesioner dan mengacu pada data yang disajikan dalam Tabel 4.4. Tingkat kepuasan diukur menggunakan skala 1–5, dengan interpretasi sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Puas

2 = Kurang Puas

3 = Cukup Puas

4 = Puas

5 = Sangat Puas

Berdasarkan hasil kuesioner, diperoleh data tingkat kepuasan terhadap alat penyaringan pupuk yang ada saat ini sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 *Customer Satisfaction Performance*

No	<i>Customer Needs</i>	<i>Performance Weight</i>	Keterangan
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	2	Kurang Puas
2	Alat dapat meningkatkan	2	Kurang Puas

	produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan		
3	Alat dapat mengurangi risiko cidera pada pinggang dan lengan kanan atas	1	Sangat Tidak Puas
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	2	Kurang Puas
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	2	Kurang Puas
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	3	Cukup Puas
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	4	Puas
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4	Puas

Dari data di atas terlihat bahwa sebagian besar atribut penting belum terpenuhi secara optimal, sehingga menjadi dasar utama untuk melakukan perancangan ulang alat agar mampu meningkatkan tingkat kepuasan konsumen secara keseluruhan.

3. **Goal (Nilai Tujuan Pengembangan Produk)**

Goal merupakan nilai target yang ditetapkan oleh tim pengembang sebagai acuan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan secara optimal. Penetapan nilai ini mengacu pada tingkat kepentingan dari masing-masing atribut produk, serta pertimbangan teknis dan ergonomis dalam perancangan alat. Skala penilaian menggunakan rentang 1–5, dengan interpretasi sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Penting

2 = Tidak Penting

3 = Cukup Penting

4 = Penting

5 = Sangat Penting

Berikut adalah Tabel 4.8 yang menampilkan nilai *goal* untuk setiap atribut beserta alasan penetapannya:

Tabel 4.8 *Goal*

No	Customer Needs	Goal	Alasannya
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	5 (Sangat Penting)	Tujuan paling utama karena menyangkut kesehatan jangka panjang pengguna; risiko cedera harus benar-benar dihindari.
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	5 (Sangat Penting)	Produktivitas sangat penting dalam proses kerja berulang; harus bisa menyaring lebih cepat dan pengguna tidak cepat lelah.
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	5 (Sangat Penting)	Masuk dalam risiko ergonomi tinggi; area pinggang dan lengan paling sering mengalami keluhan saat proses penyaringan manual.
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	5 (Sangat Penting)	Sangat penting, tapi masih bisa ditoleransi sedikit jika alat sedikit berat, asalkan tidak membungkuk dan tidak menyiksa.
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	4 (Penting)	Penting untuk kenyamanan psikologis, tapi tidak lebih prioritas dibanding fungsionalitas utama dan keamanan kerja.
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	4 (Penting)	Penting agar alat tidak mengganggu kelancaran produksi dan tetap higienis, apalagi digunakan dalam skala industri rumahan.
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	4 (Penting)	Daya tahan sangat penting karena alat dipakai berulang dan terpapar cairan pupuk setiap hari.
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4 (Penting)	Biaya produksi penting, terutama bagi UMKM; harga terjangkau bisa menentukan alat ini benar-benar digunakan di lapangan.

Penetapan nilai *goal* ini menjadi acuan utama dalam pengambilan keputusan teknis selama proses perancangan ulang alat, agar dapat menghasilkan produk yang efektif, ergonomis, dan sesuai harapan pengguna.

4. *Improvement Ratio* (Rasio Peningkatan)

Improvement Ratio adalah perbandingan atau rasio antara *goal* (Tabel 4.8) dengan *customer satisfaction performance* (Tabel 4.4) atau tingkat kepuasan pelanggan saat ini terhadap atribut produk. Rasio ini digunakan untuk mengidentifikasi seberapa besar peningkatan yang dibutuhkan pada masing-masing atribut agar mencapai target yang telah ditetapkan oleh tim pengembang.

Rumusnya perhitungannya yaitu sebagai berikut:

$$\text{Improvement Ratio} = \text{Goal} / \text{customer satisfaction performance}$$

$$\text{Improvement Ratio} = 5 / 2$$

$$\text{Improvement Ratio} = 2,5$$

Semakin tinggi nilai *improvement ratio*, maka semakin besar prioritas perbaikan yang dibutuhkan pada atribut tersebut. Berikut adalah data lengkap dalam Tabel 4.8:

Tabel 4.9 *Improvment Ratio*

No	<i>Customer Needs</i>	<i>Goal</i>	<i>CSP</i>	<i>I.Ratio</i>
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	5	2	2,5
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	5	2	2,5
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	5	1	5
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	5	2	2,5
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	4	2	2
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	4	3	1,3
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	4	4	1
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4	4	1

Dari tabel tersebut, atribut dengan *Improvement Ratio* tertinggi adalah “Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas” dengan nilai

5, yang menunjukkan bahwa atribut ini memerlukan perhatian dan perbaikan paling besar dalam proses pengembangan alat.

5. *Sales point* (Daya Jual Produk)

Sales point merupakan informasi mengenai sejauh mana suatu atribut produk memiliki nilai jual atau daya tarik terhadap konsumen. Penilaian ini penting untuk mengetahui atribut mana yang memiliki kontribusi signifikan terhadap keputusan pembelian produk. Penentuan nilai sales point dilakukan oleh tim pengembang dengan mempertimbangkan beberapa aspek, antara lain:

- Kebutuhan pasar
- Nilai lebih produk dibanding alat lain
- Faktor pembeda utama
- Potensi daya tarik produk terhadap pelanggan

Skala penilaian untuk sales point adalah sebagai berikut:

- 1,1 = Tidak ada titik penjualan (daya jual rendah)
- 1,2 = Titik penjualan menengah (daya jual sedang)
- 1,5 = Titik penjualan kuat (daya jual tinggi)

Berikut untuk nilai *sales point* pada masing – masing atribut :

Tabel 4.10 Sales Point

No	Customer Needs	Sales Point	Alasannya
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	1,2	Menyesuaikan tinggi alat dengan postur pengguna adalah penting untuk ergonomi, tapi sudah umum dilakukan, jadi nilai unik jualnya tidak terlalu tinggi.
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	1,5	Fitur ini sangat dicari dan bernilai jual tinggi, karena bisa langsung berdampak ke hasil kerja dan waktu yang digunakan.
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	1,5	Atribut ini memiliki nilai jual tinggi karena menyangkut kesehatan dan keselamatan kerja. Konsumen cenderung tertarik pada produk yang bisa melindungi tubuh dari cedera.
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk	1,2	Fitur ini memberi kenyamanan langsung saat digunakan, terutama pada alat manual, jadi

	& ringan mudah dioperasikan		memiliki keunggulan praktis yang cukup tinggi.
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	1,2	Estetika visual mungkin bukan hal utama dalam alat industri, tapi tetap memengaruhi kepuasan pengguna dan dapat meningkatkan daya jual.
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	1,2	Penting dari segi perawatan, tetapi fitur mudah dibersihkan sudah umum di banyak produk, jadi keunggulannya tidak terlalu istimewa.
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	1,5	Daya tahan tinggi adalah fitur unggulan yang sangat dihargai, karena akan mengurangi biaya jangka panjang dan membuat alat tahan lama.
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	1,2	Banyak pengguna mencari alat yang murah dan mudah dirawat, jadi hal ini bisa meningkatkan daya tarik, terutama di kalangan UMKM.

Dengan memahami nilai *sales point* ini, pengembang dapat mengetahui atribut mana yang harus ditonjolkan dalam strategi pemasaran maupun dalam penyesuaian desain produk agar lebih kompetitif di pasar.

6. *Raw Weight*

Raw weight adalah nilai yang menunjukkan tingkat signifikansi atau pentingnya masing-masing atribut permintaan konsumen secara keseluruhan. Nilai ini diperoleh dari hasil pengolahan tiga komponen utama, yaitu: *importance to customer* (Tabel 4.6), *improvement ratio* (Tabel 4.9), dan *sales point* (Tabel 4.10). Perhitungan nilai *raw weight* dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Raw weight} = (\text{Importance to customer}) \times (\text{improve. Ratio}) \times (\text{Sales Point})$$

$$\text{Raw weight} = 5 \times 2,5 \times 1,2$$

$$\text{Raw weight} = 15$$

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan *raw weight* untuk setiap atribut dalam Tabel 4.11:

Tabel 4.11 *Raw Weight*

No	<i>Customer Needs</i>	<i>Importance to customer</i>	<i>Improvement Ratio</i>	<i>Sales Point</i>	<i>Raw Weight</i>
1	Alat dapat memiliki ukuran dan	5	2,5	1,2	15

	tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna				
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	5	2,5	1,5	18,75
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	5	5	1,5	37,5
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	4	2,5	1,2	12
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	4	2	1,2	9,6
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	4	1,3	1,2	6,24
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	4	1	1,5	6
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4	1	1,2	4,8

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa atribut “Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas” memiliki nilai *raw weight* tertinggi, yaitu 37,5. Hal ini menunjukkan bahwa atribut tersebut sangat penting dan perlu menjadi prioritas utama dalam pengembangan alat.

7. *Normalized Raw Weight*

Normalized raw weight merupakan hasil penskalaan nilai *raw weight* ke dalam rentang 0–1 yang merepresentasikan persentase kontribusi masing-masing atribut terhadap total keseluruhan bobot. Nilai ini penting untuk mengetahui seberapa besar pengaruh relatif suatu atribut dalam proses perancangan alat berdasarkan kebutuhan pengguna. Perhitungan dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Normalized Raw weight} = \text{Raw weight} / \text{Total raw weight}$$

$$\text{Normalized Raw weight} = 15 / 107,49$$

$$\text{Normalized Raw weight} = 0,14$$

Berikut hasil perhitungan normalisasi dari nilai *raw weight*:

Tabel 4.12 *Normalized Raw Weight*

No	Customer Needs	Raw Weight	Total Raw Weight	Normalized Raw Weight
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna	15	109,49	0,14
2	Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan	18,75	109,49	0,17
3	Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas	37,5	109,49	0,34
4	Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	12	109,49	0,11
5	Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	9,2	109,49	0,08
6	Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	6,24	109,49	0,06
7	Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	6	109,49	0,05
8	Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	4,8	109,49	0,04
	Jumlah	109,49		1,00

Dari tabel tersebut, atribut “Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas” memiliki nilai *normalized* terbesar yaitu 0,34, menunjukkan bahwa atribut ini memiliki prioritas tertinggi dalam proses perancangan ulang alat berdasarkan total kontribusi kebutuhan pengguna.

A. Persyaratan Teknis

Respon teknis diambil Untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan yang bersifat subjektif dan kualitatif menjadi parameter teknis yang objektif, dapat diukur, dan bisa langsung diterapkan dalam proses desain atau produksi alat.

Tabel 4.13 Respon Teknis

No	Customer Needs	Respon Teknis
1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang	Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm

Keterangan yang digunakan pada gambar di atas adalah sebagai berikut :

1. Simbol Korelasi Teknis

- **++** *Strong Positive Correlation* : Menandakan dua atribut saling sangat memperkuat
- **+** *Positive Correlation* : Dua atribut berkorelasi positif tapi tidak secara langsung saling menguatkan secara kuat
- **-** *Negative Correlation* : Dua atribut cenderung berlawanan
- **▼** *Strong Negative Correlation* : Dua atribut sangat bertentangan, harus dihindari untuk diprioritaskan bersamaan

2. Simbol *Direction of Goodness*

- **▲** (Maximun) : Dikembangkan lebih baik
- **X** (Nominal) : Bisa dikembangkan bisa pula tidak dikembangkan
- **▼** (Minimum) : Tidak ada pengembangan

Berikut adalah contoh tabel kesimpulan hasil penilaian korelasi teknis, dikelompokkan berdasarkan simbol penilaian korelasi :

Tabel 4.15 Contoh kesimpulan hasil penilaian korelasi teknis

No	Simbol	Hubungan Korelasi Teknis
1	++ <i>Strong Positive Correlation</i>	• Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja ↔ Cukup menekan tombol atau membuka katup, tanpa harus mengangkat atau mendorong alat.
2	+ <i>Positive Correlation</i>	• Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja ↔ Penekanan menggunakan <i>Pneumatic cylinder</i> (dorongan angin) bukan tenaga manusia, sehingga pekerjaan lebih ringan dan cepat.
3	- <i>Negative Correlation</i>	• Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja ↔ Biaya komponen ditekan ≤ Rp 2.000.000. karena menggunakan bahan lokal dan sistem pneumatik sederhana.

mengurangi kelelahan								
Alat dapat mengurangi risiko cidera pada pinggang dan lengan kanan atas	○	⊖	⊖	⊖	▲	()	()	()
Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan	⊖	⊖	⊖	⊖	○	()	()	()
Alat dapat memunculkan desain estetika yang sederhana untuk menambah daya tarik visual	▲	()	()	()	⊖	()	○	▲
Alat dapat memudahkan pembersihan & mencegah sumbatan	()	()	()	()	()	⊖	○	▲
Alat dapat tidak mudah rusak & tahan korosi	()	○	()	()	()	○	⊖	○
Alat dapat memiliki komponen dengan harga terjangkau	()	○	○	○	▲	▲	▲	⊖

Berikut adalah contoh tabel kesimpulan hasil penilaian matriks relasi antara hubungan atribut kebutuhan konsumen dengan respon teknis, dikelompokkan berdasarkan simbol matriks relasi :

Tabel 4.18 Simbol Matriks Relasi

No	Simbol Matriks Relasi	Nilai	Hubungan matriks relasi
1	⊖ Hubungan kuat	9	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna ↔ Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja
2	○ Hubungan sedang	3	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna ↔ Penekanan menggunakan <i>Pneumatic cylinder</i> (dorongan angin) bukan tenaga manusia,
3	▲ Hubungan lemah	1	Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna ↔ Bentuk desain tabung berbentuk silinder ramping modern
4	() Tidak ada hubungan	0	Tidak ada hubungan

D. Penyusunan Matriks Persyaratan Teknis

Nilai prioritas dalam matriks teknis mencerminkan seberapa besar kontribusi masing-masing *respon teknis* terhadap upaya pemenuhan kebutuhan dan kepuasan konsumen. Kontribusi ini dihitung berdasarkan hubungan antara tingkat kepentingan atribut pelanggan (*Importance to Customer*) dengan kekuatan hubungan terhadap respon teknis tertentu yang dinyatakan dalam simbol dan bobot numerik. Hasil akhirnya dinyatakan dalam bentuk persentase melalui proses normalisasi.

Contoh Perhitungan Kontribusi Prioritas :

Misalnya, untuk respon teknis "Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja", perhitungannya dilakukan sebagai berikut :

- Kontribusi Prioritas = $(\Sigma(\text{Importance to Customer} (\text{Nilai Kepentingan}) \times \text{Hubungan per Respon Teknis (Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja)})$

$$\text{Kontribusi Prioritas} = (5 \times 9) + (5 \times 9) + (5 \times 3) + (5 \times 9) + (4 \times 1) + (4 \times 0) + (4 \times 0) + (4 \times 0) = 154$$

$$\text{Total keseluruhan kontribusi seluruh respon teknis adalah} = 154 + 174 + 162 + 192 + 52 + 67 + 79 + 71 = 951$$

Selanjutnya, nilai kontribusi ternormalisasi dihitung menggunakan rumus:

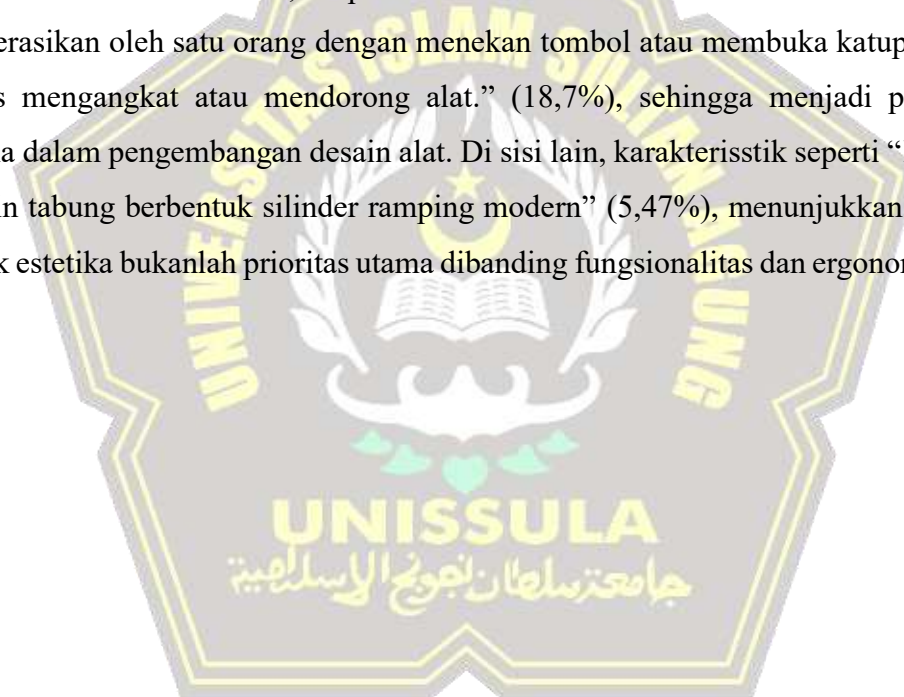
- $\text{Normalized Contribution Prioritas} = \frac{\text{Kontribusi Prioritas}}{\text{Total Keseluruhan}} \times 100$
 $= \frac{154}{951} \times 100 = 16,2\%$

Tabel 4.19 Tabel Matriks Prioritas

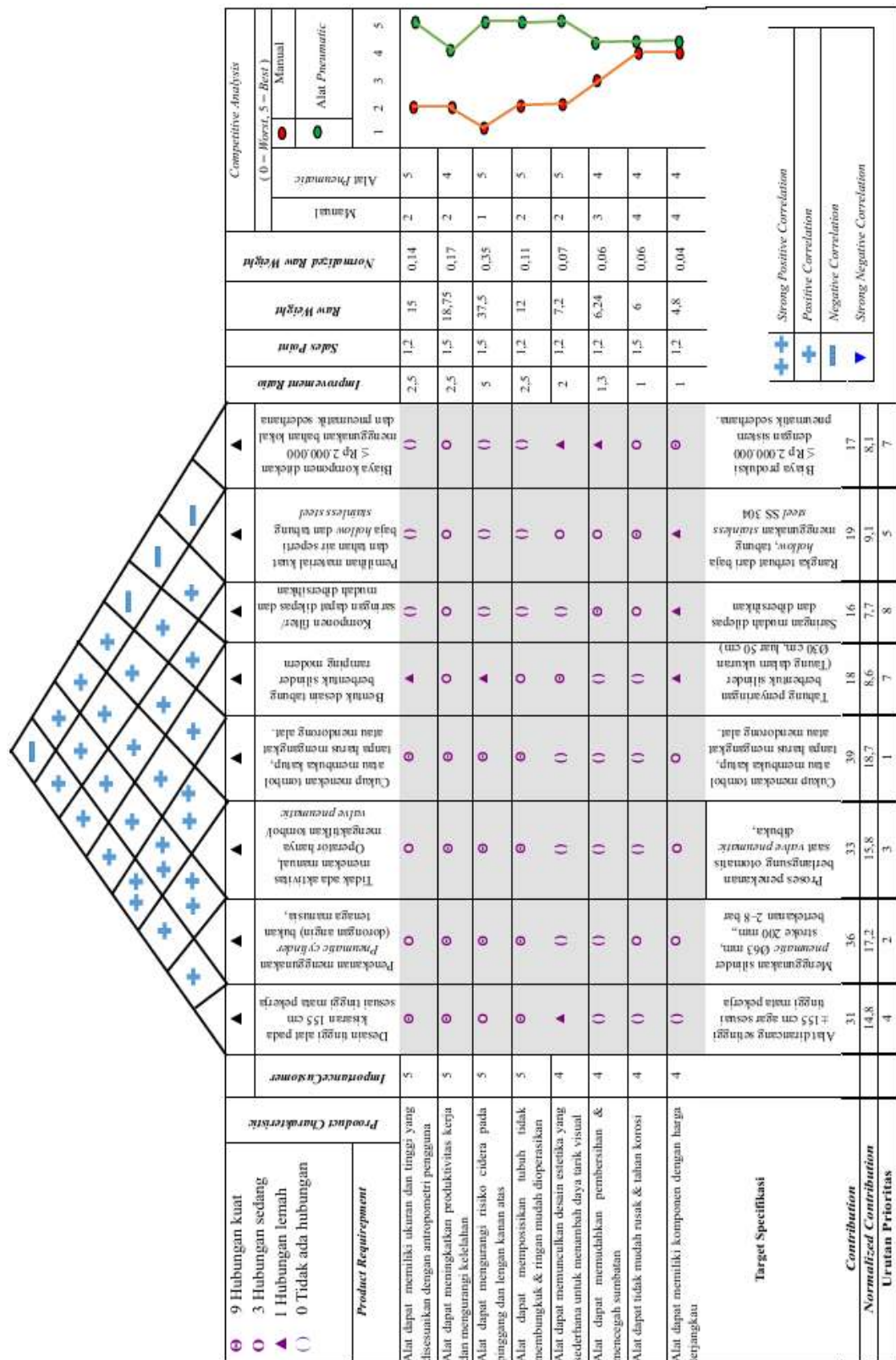
No	Karakteristik Teknis	Kontribusi Prioritas	Normalized Contribution Prioritas
1	Desain tinggi alat pada kisaran 155 cm sesuai tinggi mata pekerja	154	16,2%
2	Penekanan menggunakan <i>Pneumatic cylinder</i> (dorongan angin), bukan tenaga manusia, sehingga pekerjaan lebih ringan dan cepat.	174	18,3%
3	Tidak ada aktivitas menekan manual, Operator hanya mengaktifkan tombol/ <i>valve pneumatic</i>	162	17%

4	Cukup dioperasikan oleh satu orang dengan menekan tombol atau membuka katup, tanpa harus mengangkat atau mendorong alat.	192	18,7%
5	Bentuk desain tabung berbentuk silinder ramping modern	52	5,47%
6	Komponen filter/saringan dapat dilepas dan dibersihkan dengan mudah	67	7,05%
7	Pemilihan material kuat dan tahan air seperti baja <i>hollow</i> dan tabung <i>stainless steel</i> .	79	8,31%
8	Biaya komponen ditekan $\leq$ Rp 2.000.000, karena menggunakan bahan lokal dan sistem <i>pneumatik</i> sederhana.	71	7,47%
Total		951	98,5%

Dari hasil di atas, dapat dilihat bahwa karakteristik teknis “Cukup dioperasikan oleh satu orang dengan menekan tombol atau membuka katup, tanpa harus mengangkat atau mendorong alat.” (18,7%), sehingga menjadi prioritas utama dalam pengembangan desain alat. Di sisi lain, karakteristik seperti “Bentuk desain tabung berbentuk silinder ramping modern” (5,47%), menunjukkan bahwa aspek estetika bukanlah prioritas utama dibanding fungsionalitas dan ergonomi alat.



Gambar 4.1 Matriks House of Ergonomic



Berikut adalah analisis yang menjelaskan bagaimana hasil dari *House of Ergonomics* (HoE) berperan dalam menentukan rancangan akhir alat penyaringan pupuk organik bio walet. Penjelasan ini juga menunjukkan hubungan kuat antara atribut kebutuhan pengguna (*Voice of Ergonomics*) dan spesifikasi teknis yang akhirnya dihasilkan dari tabel HoE:

1. Alat dirancang setinggi ± 155 cm agar sesuai tinggi pandangan mata pekerja
 Sumber penetapan tinggi ini merujuk pada data antropometri tinggi mata berdiri pekerja yang digunakan sebagai dasar perancangan ergonomis. Alasan pemilihan tinggi ini adalah untuk memudahkan pekerja dalam melakukan proses pengamatan dan pengoperasian alat tanpa harus membungkuk atau menjinjit, sehingga dapat mengurangi risiko kelelahan pada leher dan punggung atas. Kaitannya dengan rancangan, tinggi ini diterapkan pada bagian kontrol utama dan area pengamatan (seperti tuas, tabung penyaringan, dan indikator tekanan), agar berada dalam jangkauan pandangan dan tangan secara alami, sesuai prinsip kenyamanan dan efisiensi kerja ergonomis.
2. Menggunakan silinder *pneumatic* Ø63 mm, stroke 200 mm, bertekanan 2–8 bar
 Sumber Penetapan ini, berdasarkan standar umum silinder *pneumatic* untuk tekanan ringan. Dipilih berdasarkan kebutuhan gaya dorong untuk volume ± 15 kg pupuk cair dan resistensi ampas. Alasan Pemilihan silinder *pneumatic* Ø63 mm, stroke 200 mm, bertekanan 2–8 bar mampu menghasilkan gaya dorong ± 1.500 – 2.000 N, cukup untuk menekan cairan fermentasi melalui filter dengan cepat tanpa *overforce*. Kaitan dengan Rancangan yaitu ukuran silinder mempengaruhi ukuran rangka dan kekuatan pengikat. Jika terlalu besar overkill dan mahal, jika terlalu kecil kurang tekanan dan proses lambat.
3. Proses penekanan berlangsung otomatis saat *valve pneumatic* dibuka
 Sumber Penetapan ini, berdasarkan pengalaman lapangan dan pengamatan penggunaan *pneumatic* sederhana (tanpa elektrik). Referensi dari penggunaan katup *valve pneumatic* manual. Alasan Pemilihan untuk

meniadakan aktivitas fisik menekan, serta meminimalkan kompleksitas alat (tanpa motor, tanpa listrik). Proses otomatis ini mempercepat penyaringan dan mengurangi potensi kesalahan operator. Kaitan dengan rancangan katup harus ditempatkan di posisi mudah dijangkau, dan sistem harus tertutup agar tekanan stabil.

4. Cukup menekan tombol atau membuka katup, tanpa harus mengangkat atau mendorong alat.

Sumber Penetapan ini, berdasarkan wawancara pengguna lapangan: keluhan utama adalah menekan manual dengan batu atau alat tekan. Pengalaman pada sistem hidrolik sederhana yang dioperasikan oleh satu orang. Alasan Pemilihan untuk mengurangi beban otot dan risiko cedera pada punggung dan bahu. Memastikan alat dapat dioperasikan satu orang tanpa pelatihan khusus. Kaitan dengan rancangan memastikan seluruh sistem operasional ada dalam jangkauan 1 orang (katup, tuas, wadah pengisian dan penampungan).

5. Tabung utama berbentuk silinder vertikal (Ø30 cm, tinggi 50 cm)

Sumber Penetapan ini, berdasarkan perhitungan kapasitas penyaringan 15 liter, dengan bentuk ramping dan efisien. Volume silinder: $V = \pi r^2 h = 3.14 \times (15)^2 \times 50 \approx 6.1 \text{ liter} \rightarrow \text{cukup untuk batch size kecil}$. Alasan Pemilihan: Bentuk silinder vertikal lebih mudah mengalirkan cairan secara gravitasi, dan lebih stabil saat ditekan. Ukuran ini kompak, ergonomis, mudah dibersihkan. Kaitan dengan Rancangan: Diameter memengaruhi luas permukaan saringan dan waktu penyaringan. Jika terlalu besar boros ruang, jika terlalu kecil waktu lebih lama.

6. Saringan mudah dibersihkan

Sumber Penetapan ini, berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pengguna melalui kuesioner terbuka dan analisis aspek 'Efektif dan Efisien' dalam pendekatan ENASE. Pemilihan fitur ini dilakukan karena pengguna sebelumnya mengalami kesulitan membersihkan saringan akibat banyaknya ampas yang menumpuk, sehingga menghambat proses penyaringan selanjutnya. Kaitan dengan rancangan terlihat pada penerapan desain tabung

dalam yang dapat dilepas serta komponen saringan yang mudah diakses dan dicuci, guna meningkatkan efisiensi kerja serta meminimalkan kelelahan dan waktu henti proses produksi

7. Rangka terbuat dari baja *hollow*, tabung menggunakan *stainless steel* SS 304

Sumber Penetapan ini, berdasarkan ketersediaan material lokal dan ketahanan terhadap pupuk cair fermentasi yang bersifat asam. SS 304 tahan korosi dan aman untuk kontak cairan, sedangkan *hollow* baja murah dan cukup kuat. Alasan Pemilihan: Kombinasi ini efisien dan kuat namun tetap ekonomis. *Hollow* bisa dipotong dan dilas dengan alat bengkel biasa, SS tahan karat dan tidak mengubah sifat pupuk. Kaitan dengan Rancangan: Rangka mendukung tekanan silinder, sedangkan tabung harus tahan karat karena bersentuhan langsung dengan pupuk cair.

8. Biaya produksi $\leq$ Rp 2.000.000 dengan sistem *pneumatik* sederhana dan bahan lokal

Sumber Penetapan ini, berdasarkan harga pasar material lokal dan hasil wawancara langsung oleh pekerja. Estimasi dari bengkel lokal dan supplier komponen pneumatik manual. Alasan Pemilihan yaitu target pasar UMKM pertanian yang tidak sanggup membeli alat mahal, maka alat harus bisa dibuat mandiri. Kaitan dengan Rancangan yaitu dengan membatasi spesifikasi agar tetap fungsional tapi tidak *overdesign*. Sistem pneumatik dipilih karena sederhana dan murah dibanding motor elektrik.

Jadi, *House of Ergonomics* (HoE) ini menjadi jembatan sistematis antara kebutuhan dan keluhan pengguna (berbasis NBM & observasi lapangan) dengan spesifikasi teknis rancangan alat. Setiap atribut yang memiliki bobot tinggi pada HoE secara langsung diterjemahkan menjadi fitur teknis pada alat. Oleh karena itu, desain alat yang dihasilkan benar-benar responsif terhadap keluhan ergonomis dan preferensi kenyamanan pengguna.

4.2.2 Pemilihan Rancangan Alat

Berikut ini merupakan tahapan dan pertimbangan utama dalam pemilihan rancangan alat penyaringan pupuk yang dirancang untuk menunjang kenyamanan,

efisiensi, dan kesehatan pengguna, terutama dalam penggunaan manual untuk pupuk cair hasil fermentasi pupuk organik bio walet sebagai berikut:

1. Mekanisme Kerja Alat Penyaringan

Mekanisme Kerja Alat Penyaringan Pupuk berdasarkan rancangan alat yang menggunakan sistem *pneumatic* sederhana Berikut adalah langkah-langkah kerja alat secara umum:

1. Persiapan Awal
 - Operator mengisi tabung silinder (Ø30 cm, tinggi 50 cm) dengan pupuk cair hasil fermentasi yang mengandung ampas, hingga kapasitas maksimal ± 15 kg.
 - Saringan berupa kain telah terpasang di bagian dalam tabung untuk menyaring cairan dari partikel kasar hingga halus.
2. Penekanan Otomatis dengan Sistem *Pneumatic*
 - Alat dilengkapi dengan silinder *pneumatic* berdiameter 64 x 200 inch, dengan tekanan kerja 2–8 bar.
 - Operator tidak perlu menekan secara manual. Cukup membuka katup (*valve*) manual, maka udara bertekanan akan mengalir ke dalam silinder.
 - Silinder akan mendorong pelat tekan secara vertikal ke bawah, menekan massa pupuk cair melalui saringan.
3. Proses Penyaringan
 - Pupuk cair akan terdorong keluar melewati lapisan filter (porositas 150 mikron), menyisakan ampas di dalam filter.
 - Cairan hasil penyaringan akan mengalir ke saluran pembuangan di bagian bawah tabung, menuju wadah penampung.
4. Pembersihan dan Perawatan
 - Setelah proses selesai, operator dapat menutup *valve*, sehingga tekanan udara berhenti dan piston kembali ke posisi semula.
 - Sisa ampas dapat diangkat dan dibuang.
 - Saringan mudah dilepas untuk dibersihkan, karena dirancang modular

2. Pengukuran Anthropometri

Dalam merancang alat penyaringan pupuk organik bio walet agar lebih sehat dan ergonomis, peneliti harus mempertimbangkan ukuran tubuh pekerja (antropometri) yang relevan. Berikut adalah beberapa ukuran tubuh yang digunakan serta dimensinya berdasarkan pekerja pada penyaringan pupuk UMKM Walet Langgeng Abadi:

1. Tinggi Pinggang Berdiri (TPB)

Ukuran yang digunakan: Tinggi pinggang dari lantai saat berdiri.

- Dimensi: 85 cm
- Penerapan: Digunakan untuk menentukan tinggi wadah pupuk yang akan diambil atau dituang agar pekerja tidak perlu membungkuk dan mengangkat tangan terlalu tinggi.

2. Tinggi Pandangan Mata (TPM)

Ukuran yang digunakan: Tinggi pandangan mata dari lantai saat berdiri.

- Dimensi: 155 cm
- Penerapan: Digunakan untuk menentukan tinggi alat pupuk yang akan ditekan pekerja menggunakan tuas yang ergonomis, sehingga meringankan saat proses penyaringan.

3. Jangkauan Tangan ke Depan (JTD)

Ukuran yang digunakan: Jarak dari bahu ke ujung jari tangan lurus ke depan

- Ukuran: 60 cm
- Penerapan: Digunakan untuk menentukan jarak antar komponen seperti tuas, kran, atau wadah pupuk saat dioperasikan tanpa peregangan berlebihan.

4. Diameter Genggaman Tangan (DGT)

- Ukuran yang digunakan: Diameter pegangan optimal agar nyaman digenggam.
- Diameter Pegangan: 3,5 cm
- Penerapan: Untuk memastikan tuas atau pegangan nyaman saat digunakan dan tidak menyebabkan stres pada otot di tangan.

E. Tinggi Tangan Menjuntai (TTM)

Ukuran yang digunakan: Jarak dari lantai ke ujung jari tangan saat tangan menggantung rileks di sisi tubuh.

- Diameter: 72 cm
- Penerapan: Untuk memastikan peletakan wadah di bawah tidak membuat pekerja harus membungkuk berlebihan.

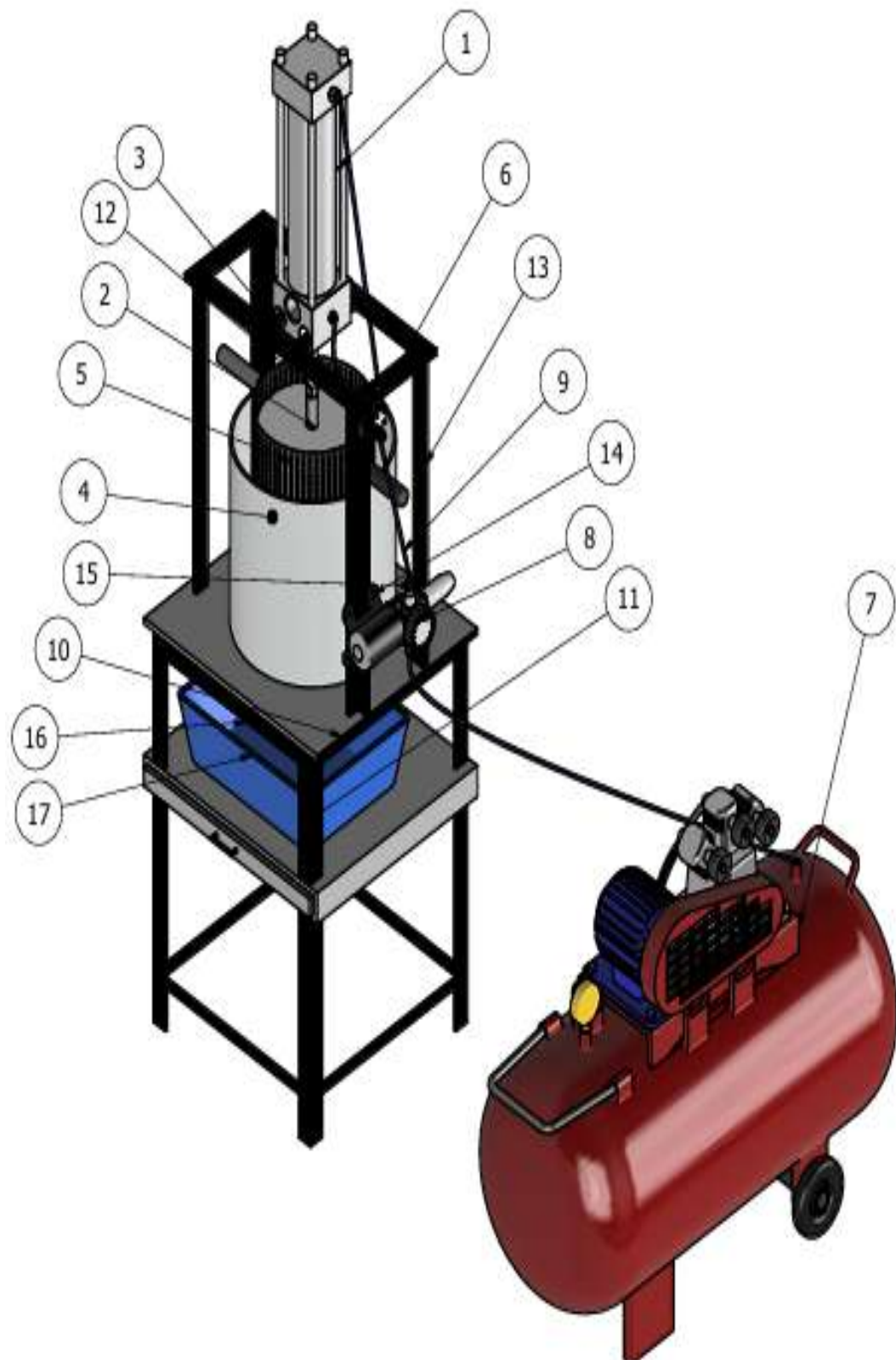
F. Lebar Bahu (LB)

Ukuran yang digunakan: Lebar Bahu + jarak gerakan tangan

- Dimensi:
 - Lebar area kerja: 60 cm
 - Panjang area kerja: 60 cm
- Penerapan: Untuk menentukan lebar area kerja agar pekerja dapat bekerja dengan leluasa tanpa posisi tubuh terlalu jauh dari alat

3. **Desain Alat**

Desain alat penyaringan pupuk organik bio walet ini dirancang sederhana namun tetap mengedepankan prinsip ergonomis untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja pengguna. Alat ini mengandalkan sistem *pneumatic* sederhana yang mampu mempercepat proses penyaringan sekaligus mengurangi beban fisik pengguna. Struktur alat dirancang secara vertikal agar memanfaatkan gaya gravitasi, sehingga cairan pupuk dapat tersaring secara alami tanpa perlu tenaga tekan manual yang berlebihan. Posisi tabung penyaringan dan wadah hasil dirancang sejajar dengan jangkauan tangan pengguna, sehingga tidak memerlukan posisi kerja yang membungkuk atau menjinjit. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *frame*, dudukan wadah, *plate*, tabung luar berdiameter 50 cm, tabung dalam berdiameter 30 cm, pipa pegangan, plate tekan berdiameter 3,5 cm, poros *pneumatic* berukuran 63x200 mm, dudukan *pneumatic*, nipel angin drat 3/8, selang ukuran 8, *solenoid valve handle*, regulator, kompresor listrik, dudukan wadah hasil saringan, pipa hasil saringan, wadah hasil saringan, baut M8, keran dan penampung. Berikut merupakan gambar *redesign* alat penyaringan pupuk organik bio walet:



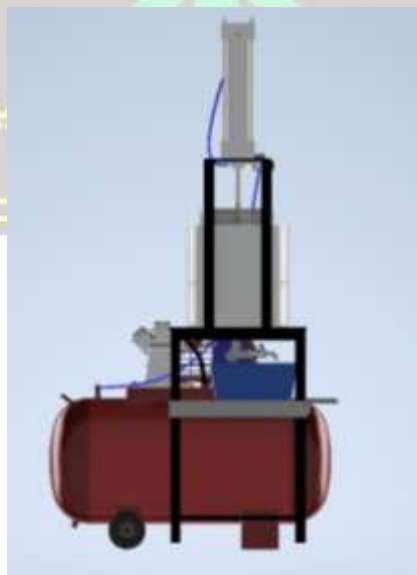
Gambar 4.2 Desain Alat Penyaringan Pupuk organik Bio Walet



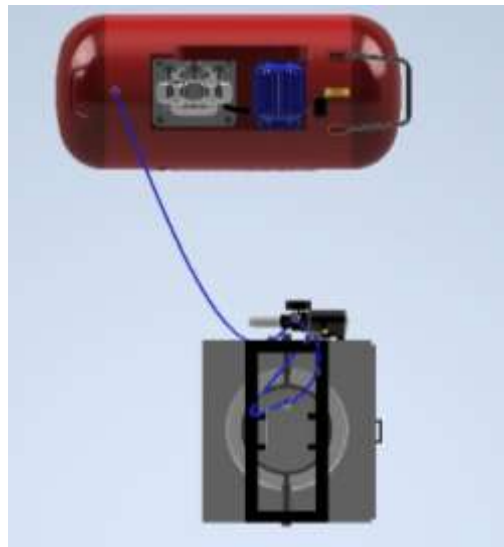
Gambar 4.3 Tampak Depan



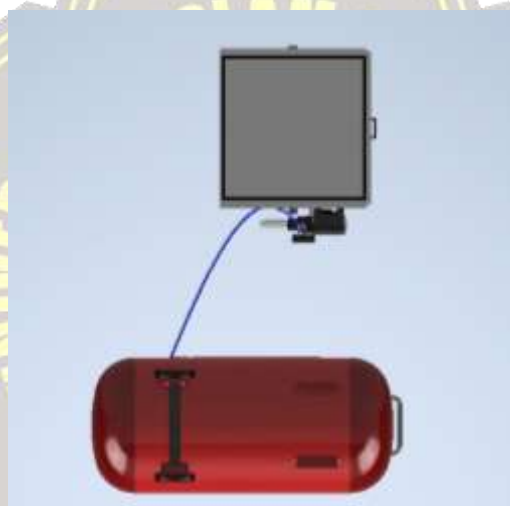
Gambar 4.4 Tampak Kanan



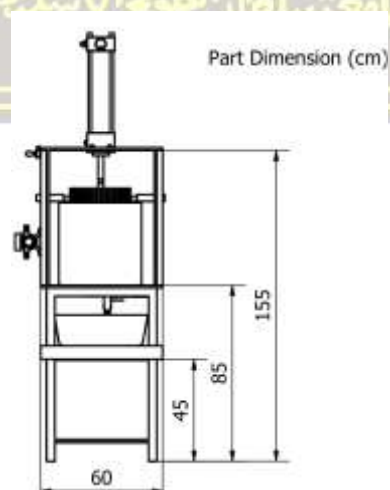
Gambar 4.5 Tampak Kiri



Gambar 4.6 Tampak Atas



Gambar 4.7 Tampak Bawah



Gambar 4.8 Ukuran Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet (*Pneumatic*)

Berikut adalah penjelasan lengkap mengenai komponen dan ukuran satu per satu dari alat penyaringan pupuk organik bio walet hasil perancangan ulang menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD), disesuaikan dengan tinggi pekerja 160 cm:

Tabel 4.20 Desain Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet

No	Komponen	Fungsi
1	<i>Pneumatic</i>	Aktuator utama yang menekan plate tekan dengan tenaga angin terkompresi.
2	Plate Tekan Ø14 cm	Komponen penekan untuk mendorong bahan ke arah saringan secara vertikal.
3	Dudukan <i>Pneumatic</i>	Menahan dan mengarahkan posisi poros <i>pneumatic</i> agar tetap stabil saat bekerja.
4	Tabung Luar Ø50 cm	Menampung bahan pupuk cair sebelum disaring, sekaligus sebagai pelindung luar.
5	Tabung Dalam (Penyaring) Ø30 cm	Media utama penyaringan, tempat diletakkannya saringan.
6	<i>Solenoid Valve Handle</i>	Katup kontrol manual untuk mengatur aliran udara ke <i>pneumatic</i> .
7	Kompresor Listrik	Sumber udara bertekanan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan <i>pneumatic</i> .
8	Regulator	Mengatur tekanan udara dari kompresor ke sistem <i>pneumatic</i> agar sesuai kebutuhan.
9	Selang	Saluran angin dari regulator menuju aktuator <i>pneumatic</i> .
10	Dudukan Wadah	Tempat meletakkan wadah hasil saringan agar stabil dan tidak mudah tergeser.
11	<i>Frame (Hollow)</i>	Sebagai rangka utama penyangga seluruh komponen alat.
12	Poros	Sebagai komponen utama dalam sistem transmisi gerak dan penekanan
13	Pegangan	Pegangan untuk memudahkan perpindahan atau penyesuaian alat secara manual.
14	Baut M8	Pengikat antar komponen agar struktur alat kokoh dan aman digunakan.
15	Nipple Angin	Penghubung antara selang udara dan komponen <i>pneumatic</i> .

16	Keran	Mengatur aliran bahan cair atau hasil saringan dari penampung, sehingga pengguna dapat mengontrol keluaran cairan.
17	Penampung	Wadah akhir yang menampung hasil penyaringan, baik berupa pupuk cair bersih maupun residu padat yang tersaring.

4. *Bill of Material*

Bill of Material merupakan daftar terperinci yang memuat seluruh komponen, material, dan bagian yang dibutuhkan untuk merakit alat penyaringan pupuk dengan sistem *pneumatic*. BOM tidak hanya mencatat nama dan jenis material, tetapi juga jumlah, spesifikasi, serta alasan pemilihannya agar sesuai dengan fungsi teknis dan kebutuhan ergonomis alat. Penyusunan BOM ini bertujuan untuk memudahkan proses perencanaan produksi, estimasi biaya, serta pengendalian kualitas dalam pembuatan alat. Berikut ini adalah tabel bahan dan fungsi dari tiap komponen pada alat penyaringan pupuk organik bio walet:

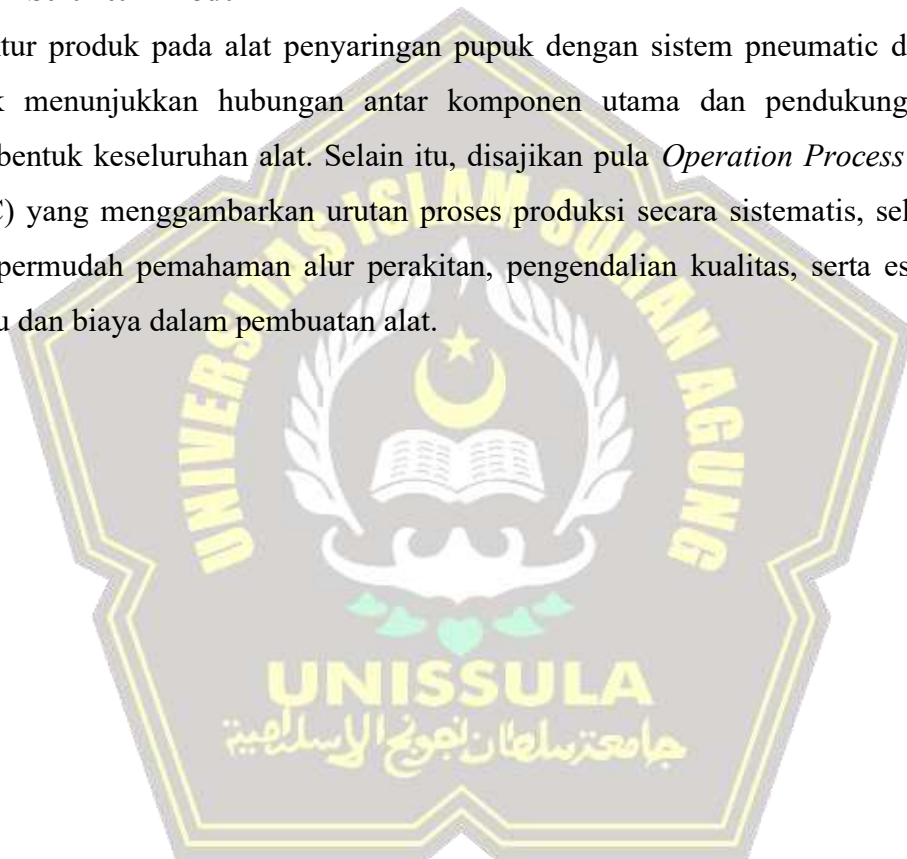
Tabel 4.21 *Bill of Material* Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet (*Pneumatic*)

No	Nama Komponen	Material	Keputusan (Beli/Custom)	Jumlah
1	<i>Pneumatic</i>	Aluminium Steel	Beli	1
2	Plate Tekan Ø14 cm	Stainless Steel	Custom	1
3	Dudukan <i>Pneumatic</i>	Mild Steel	Custom	2
4	Tabung Luar Ø50 cm	Stainless Steel	Custom	1
5	Tabung Dalam Ø30 cm	Stainless Steel	Custom	1
6	<i>Solenoid Valve Handle</i>	Plastic, Metal	Beli	1
7	Kompresor Listrik	Steel Alloy	Beli	1
8	Regulator	Aluminium, Plastic	Beli	1
9	Selang	Polyurethane	Beli	2
10	Dudukan Wadah	Mild Steel	Custom	1

11	<i>Frame (Hollow)</i>	<i>Mild Steel</i>	<i>Custom</i>	1
12	Poros	<i>Mild Steel</i>	<i>Custom</i>	1
13	Pegangan	<i>Mild Steel</i>	<i>Custom</i>	2
14	Baut M8	<i>Stainless</i>	Beli	4
15	Nipple Angin	<i>Brass</i>	Beli	2
16	Keran	<i>Stainless</i>	Beli	1
17	Penampung	<i>Plastic</i>	Beli	1

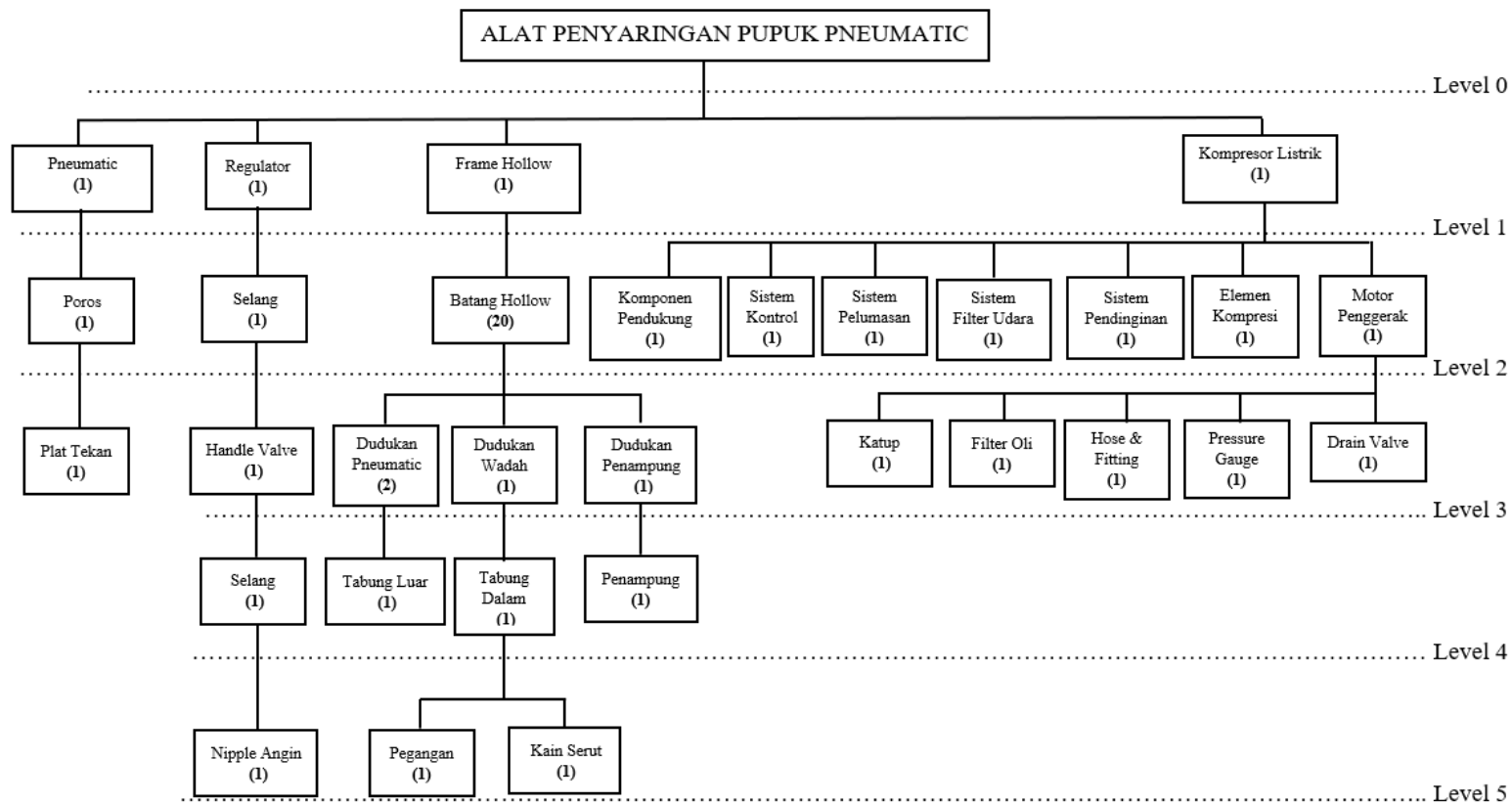
5. Struktur Produk

Struktur produk pada alat penyaringan pupuk dengan sistem pneumatic disusun untuk menunjukkan hubungan antar komponen utama dan pendukung yang membentuk keseluruhan alat. Selain itu, disajikan pula *Operation Process Chart* (OPC) yang menggambarkan urutan proses produksi secara sistematis, sehingga mempermudah pemahaman alur perakitan, pengendalian kualitas, serta estimasi waktu dan biaya dalam pembuatan alat.



a. Struktur Produk

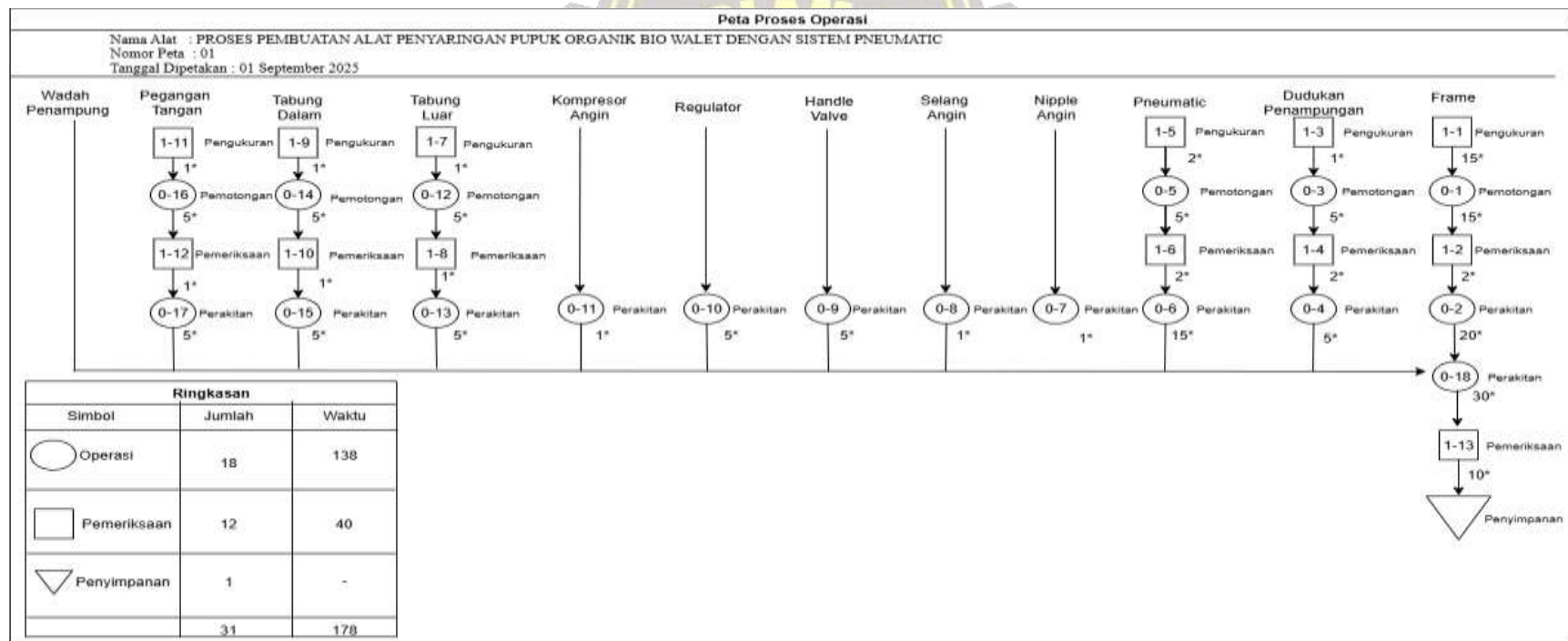
Berikut merupakan Struktur Produk pada alat penyaringan pupuk dengan sistem *pneumatic* berfungsi untuk merinci seluruh komponen yang digunakan, baik komponen utama maupun pendukung sesuai kebutuhan perancangan alat:



Gambar 4.9 Struktur Produk Alat Penyaringan Pupuk *Pneumatic*

b. OPC (Operation Process Chart)

Berikut ini merupakan *Operation Process Chart* atau diagram peta yang menggambarkan langkah-langkah proses pengerjaan material, mulai dari bahan baku (material) hingga menjadi komponen atau produk jadi. OPC memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut. Waktu yang dihabiskan material yang digunakan dan tempat atau mesin yang dipakai untuk memproses material. Berikut merupakan peta proses operasi dari pembuatan alat penyaringan pupuk dengan sistem *pneumatic*:



Gambar 4.10 *Operation Process Chart* Alat Penyaringan Pupuk *Pneumatic*

4.2.3 Evaluasi Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet

Untuk menilai keberhasilan dari rancangan ulang alat penyaringan pupuk Organik Bio Walet berbasis sistem *pneumatic* dan pendekatan ergonomis, dilakukan serangkaian analisis menyeluruh yang meliputi pengujian alat, perbandingan dengan alat sebelumnya (Manual), analisis kelebihan dan kekurangan, serta evaluasi tingkat kepuasan pengguna berdasarkan kuesioner. Berikut adalah urutan dan penjabaran dari hasil analisis tersebut:

4.2.3.1 Pengujian Perbandingan dengan Alat Penyaringan Manual dan *Pneumatic*

Untuk mengetahui tingkat efisiensi waktu dalam proses penyaringan pupuk cair hasil fermentasi, dilakukan uji coba terhadap dua jenis metode penyaringan, yaitu metode manual menggunakan batu sebagai alat tekan, serta metode *pneumatic* menggunakan sistem tekanan udara dengan variasi tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar, dan 8 bar. Masing-masing metode diuji dengan volume yang sama, yaitu 15 kg fermentasi pupuk, dimulai dari waktu pekerja mengambil pupuk menggunakan ember sampai pekerja menyaring dan mengambil sisa ampas yang sudah disaring dengan cara diangkat menggunakan ke dua tangan. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali penyaringan sehingga bisa dilakukan nilai hasil rata-rata hasil penyaringan. Lalu di berikan keterangan dari hasil pengujian penyaringan pertama. Tabel berikut menyajikan hasil rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyaring 15 kg pupuk dengan masing-masing metode:

Tabel 4.22 Uji Coba Perbandingan Penyaringan dengan Alat Manual dan *Pneumatic*

No	Jenis Pengujian	Volume Pengujian	Hasil Penyaringan	Rata-Rata Penyaringan	Waktu Penyaringan (menit)	Rata-Rata Penyaringan
1	Pengujian Alat Manual Pertama	15 Kg	5 Liter	5 Liter	10 menit	10 menit
2	Pengujian Manual Kedua	15 Kg	5 Liter		10 menit	
3	Pengujian <i>Pneumatic</i> 2 bar Pertama	15 Kg	6 Liter	7 Liter	9,30 menit	8,30 menit
4	Pengujian <i>Pneumatic</i>	15 Kg	8 Liter		7 menit	

	2 bar Kedua					
5	Pengujian <i>Pneumatic</i> 4 bar Pertama	15 Kg	7 Liter	8,5 Liter	9,30 menit	7,45 menit
6	Pengujian <i>Pneumatic</i> 4 bar Kedua	15 Kg	10 Liter		6 menit	
7	Pengujian <i>Pneumatic</i> 6 bar Pertama	15 Kg	9 Liter	9,5 Liter	5,30 menit	6,30 menit
8	Pengujian <i>Pneumatic</i> 6 bar Kedua	15 Kg	10 Liter		7,30 menit	
9	Pengujian <i>Pneumatic</i> 8 bar Pertama	15 Kg	7 Liter	7,5 Liter	6 menit	6,30 menit
10	Pengujian <i>Pneumatic</i> 8 bar Kedua	15 Kg	8 Liter		7 menit	

Berdasarkan hasil uji coba penyaringan pupuk cair pertama, dilakukan perbandingan antara metode manual dan sistem tekanan udara *pneumatic* dengan variasi tekanan 2 bar, 4 bar, 6 bar, dan 8 bar, menggunakan volume uji yang sama yaitu 15 kg. Pada metode manual, hasil dari penyaringan pertama menghasilkan 5liter pupuk cair dengan waktu penyaringan 10 menit, dan pada penyaringan manual kedua juga menghasilkan 5liter dengan waktu yang sama yaitu 10 menit. Maka rata-rata hasil penyaringan metode manual mencapai 5liter dengan waktu proses sekitar 10 menit. Hal ini menunjukkan efisiensi yang rendah karena banyak cairan yang masih tertinggal dalam ampas serta proses penyaringan yang cukup lama.

Dengan menggunakan tekanan 2 bar, hasil dari penyaringan pertama menghasilkan 6liter pupuk cair dengan waktu penyaringan 9,30 menit, dan pada penyaringan kedua menghasilkan 8liter dengan waktu 7 menit. Rata-rata hasil penyaringan mencapai 7 liter, dengan waktu rata-rata sekitar 8,15 menit. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dibandingkan metode manual, baik dari

segi jumlah cairan yang tersaring maupun waktu proses yang sedikit lebih cepat, meskipun belum terlalu optimal.

Pada uji coba dengan tekanan 4 bar, penyaringan pertama menghasilkan 7liter pupuk cair dengan waktu 9,30 menit, dan penyaringan kedua menghasilkan 10liter dengan waktu 6 menit. Rata-rata hasil penyaringan mencapai 8,5liter dengan waktu rata-rata sekitar 7,45 menit. Hasil ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan metode manual, baik dari sisi volume cairan yang diperoleh maupun efisiensi waktu. Penggunaan tekanan 4 bar terbukti lebih efektif dalam memaksimalkan ekstraksi pupuk cair dari bahan baku.

Pada pengujian dengan tekanan 6 bar, penyaringan pertama menghasilkan 9liter pupuk cair dengan waktu 5,30 menit, dan pada penyaringan kedua menghasilkan 10liter dengan waktu 7,30 menit. Rata-rata hasil penyaringan adalah 9,5 liter, dengan waktu penyaringan rata-rata sekitar 6,30 menit. Ini menunjukkan bahwa tekanan 6 bar memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan tekanan sebelumnya, dengan volume hasil lebih tinggi dan waktu lebih singkat. Kombinasi ini menandakan efisiensi yang tinggi dalam proses penyaringan.

Uji coba dengan tekanan 8 bar menunjukkan hasil penyaringan pertama sebanyak 7liter pupuk cair dengan waktu 6 menit, dan penyaringan kedua sebanyak 8liter dengan waktu 7 menit. Rata-rata hasilnya adalah 7,5 liter, dengan rata-rata waktu sekitar 6,30 menit. Meskipun waktu penyaringan relatif cepat, namun volume hasilnya lebih rendah dibandingkan tekanan 6 bar. Hal ini bisa menunjukkan bahwa pada tekanan tertentu, efisiensi ekstraksi tidak selalu meningkat secara linear, dan tekanan terlalu tinggi mungkin mulai menyebabkan kehilangan cairan melalui percikan atau tidak optimalnya aliran cairan.

Dari seluruh uji coba tersebut, terlihat bahwa metode penyaringan menggunakan sistem tekanan udara jauh lebih efisien dibandingkan metode manual. Tekanan 6 bar menunjukkan kinerja paling optimal dalam hal kombinasi antara volume hasil penyaringan dan waktu proses yang efisien. Sementara itu, tekanan 8 bar meskipun cepat, tidak menghasilkan volume tertinggi. Hal ini menandakan pentingnya penentuan tekanan optimal dalam proses penyaringan

pupuk cair agar didapatkan efisiensi maksimum tanpa pemborosan energi atau kehilangan hasil.

4.2.3.2 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Alat

Berikut adalah analisis kelebihan dan kekurangan dari hasil rancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet menggunakan sistem *pneumatic*, yang dilihat dari berbagai aspek ergonomi, efisiensi kerja, dan efektivitas alat:

Analisis Kelebihan Alat Penyaringan Pupuk (Sistem *Pneumatic*)

1. Meningkatkan Efisiensi Proses Penyaringan
 - Penggunaan sistem *pneumatic* mempercepat proses penyaringan dibandingkan dengan metode manual karena tekanan dapat diatur secara stabil dan terus menerus.
 - Alat mampu menyaring pupuk dalam waktu lebih singkat, sehingga produktivitas kerja meningkat.
2. Mengurangi Beban Kerja Fisik
 - Tekanan dilakukan secara otomatis oleh silinder *pneumatic*, sehingga pekerja tidak perlu lagi melakukan penekanan manual.
 - Risiko kelelahan otot pada bagian tangan, bahu, dan punggung menurun signifikan.
3. Meningkatkan Kenyamanan dan Keselamatan
 - Alat dirancang sesuai postur kerja pengguna (tinggi rata-rata pekerja ± 160 cm), dengan posisi tuas dan pegangan yang ergonomis.
 - Tidak ada lagi penggunaan alat bantu berbahaya seperti batu pemberat, yang sebelumnya digunakan secara tradisional.
4. Kualitas Penyaringan Lebih Konsisten
 - Tekanan udara dari *pneumatic* memberikan daya tekan yang stabil, sehingga hasil saringan lebih merata dan bersih dari ampas kasar.
5. Lebih Higienis dan Mudah Dibersihkan
 - Material menggunakan *stainless steel* dan *plastik food grade*, yang tidak mudah berkarat serta mudah dicuci setelah digunakan.

Analisis Kekurangan Alat Penyaringan Pupuk Sistem Pneumatic

1. Ketergantungan pada Sumber Listrik
 - Alat membutuhkan kompresor listrik untuk menghasilkan tekanan udara.
 - Jika terjadi pemadaman listrik, alat tidak dapat digunakan secara optimal.
2. Perawatan dan Biaya Operasional
 - Sistem pneumatic memerlukan perawatan berkala pada silinder, regulator, selang udara, dan sambungan nipel.
 - Biaya operasional meningkat karena adanya penggunaan listrik serta penggantian komponen aus (misalnya seal silinder).
3. Keterbatasan Mobilitas
 - Alat kurang portabel karena bergantung pada kompresor dan selang udara yang perlu ditempatkan tetap.
 - Tidak cocok digunakan di lokasi yang jauh dari sumber listrik atau area terbuka tanpa akses daya.
4. Harga Awal Investasi Lebih Tinggi
 - Biaya pembuatan dan perakitan alat dengan sistem pneumatic relatif lebih mahal dibanding metode manual.
 - Membutuhkan pelatihan singkat bagi pekerja agar memahami sistem kerja pneumatic dan prosedur keamanannya.
5. Aspek Ergonomi pada Tahap Pengisian
 - Proses pengambilan dan menuang pupuk ke dalam tabung penyaringan masih dilakukan secara manual.
 - Aktivitas ini berpotensi menimbulkan beban kerja fisik tambahan pada punggung, bahu, dan lengan akibat gerakan mengangkat serta menuang berulang.
 - Kondisi ini menunjukkan bahwa alat belum sepenuhnya memenuhi prinsip ergonomi, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut, misalnya dengan penambahan sistem bantu pengisian atau hopper.

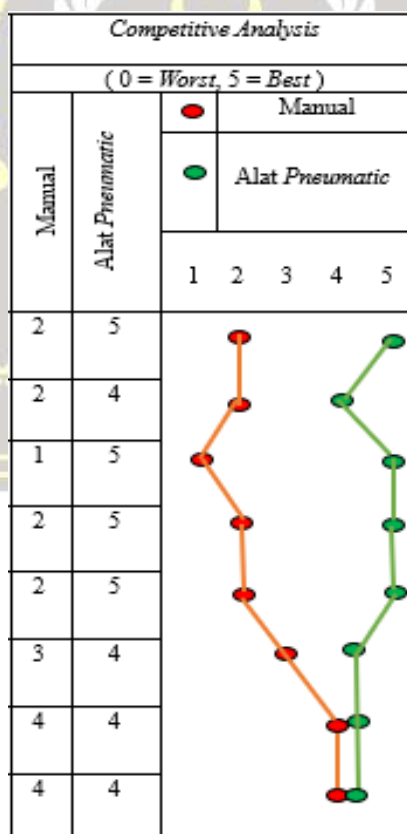
4.2.3.3 Hasil Kuesioner Tingkat Kepuasan Pengguna Alat (*Pneumatic*)

Berikut ini merupakan hasil kuesioner disebarkan kepada 1 pekerja yang telah menggunakan alat dalam proses penyaringan selama beberapa hari kerja. Penilaian dilakukan menggunakan skala 1–5:

Tabel 4.23 Hasil Kuesioner Tingkat Kepuasan Pengguna Alat (*Pneumatic*)

No	Atribut yang Dinilai	Tingkat Kepuasan	Keterangan
1	Kesesuaian ukuran postur tubuh	5	Sangat Puas
2	Kecepatan dan efisiensi penyaringan	4	Puas
3	Pengurangan keluhan otot	5	Sangat Puas
4	Kenyamanan saat digunakan	5	Sangat Puas
5	Desain menarik	5	Sangat Puas
6	Kemudahan dibersihkan	4	Puas
7	Ketahanan alat	4	Puas
8	Keterjangkauan harga	4	Puas

Dibawah ini merupakan gambar grafik perbandingan tingkat kepuasan produk saat ini dengan produk yang sudah dikembangkan.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tingkat Kepuasan Alat Manual Dengan *Pneumatic*

4.2.3.4 Hasil Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

Berikut ini merupakan hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang digunakan setelah pekerja melakukan alat proses penyaringan pupuk organik bio walet yang sudah dirancang.

Tabel 4.24 Hasil Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		Tidak Sakit	Cukup Sakit	Sakit	Sangat Sakit
0	Sakit pada atas leher	√			
1	Sakit pada bawah leher	√			
2	Sakit pada kiri bahu		√		
3	Sakit pada kanan bahu		√		
4	Sakit pada kiri atas lengan	√			
5	Sakit pada punggung		√		
6	Sakit pada kanan atas lengan	√			
7	Sakit pada pinggang	√			
8	Sakit pada pantat	√			
9	Sakit pada bagian bawah pantat	√			
10	Sakit pada kiri siku	√			
11	Sakit pada kanan siku	√			
12	Sakit pada kiri lengan bawah	√			
13	Sakit pada kanan lengan bawah	√			
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	√			
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	√			
16	Sakit pada tangan kiri	√			
17	Sakit pada tangan kanan	√			
18	Sakit pada paha kiri	√			
19	Sakit pada paha kanan	√			
20	Sakit pada lutut kiri	√			
21	Sakit pada lutut kanan	√			
22	Sakit pada betis kiri	√			
23	Sakit pada betis kanan	√			
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	√			
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	√			
26	Sakit pada kaki kiri	√			
27	Sakit pada kaki kanan	√			

Dari hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang telah diisi oleh responden pengguna setelah menggunakan alat penyaringan pupuk dengan sistem *pneumatic* sederhana diuji coba di lapangan, terlihat adanya penurunan signifikan keluhan nyeri otot yang biasa dialami oleh pekerja. Sebagian besar responden menyatakan tidak merasakan sakit pada tubuh mereka setelah menggunakan alat

ini. Keluhan yang masih muncul berada di area punggung dan pinggang, dengan tingkat keluhan hanya pada level "*cukup sakit*". Ini kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas berdiri cukup lama dan pengawasan proses, bukan karena tekanan fisik seperti sebelumnya ketika alat masih manual. Dibandingkan kondisi awal saat pekerja harus menekan drum secara manual menggunakan batu besar, kini tekanan tersebut diambil alih oleh sistem pneumatic. Tenaga fisik yang dikeluarkan jauh berkurang, terutama di area tangan, bahu, siku, dan pergelangan semuanya menunjukkan nihil keluhan. Hasil ini membuktikan bahwa alat yang dirancang tidak hanya membantu dari sisi efisiensi kerja, tetapi juga dari aspek kesehatan dan ergonomi. Dengan minimnya keluhan otot, diharapkan produktivitas pekerja meningkat dan risiko gangguan *muskuloskeletal* dapat ditekan.

4.2.4 Analisis Ekonomi

4.2.4.1 Estimasi Biaya dan Manfaat (*Cost-Benefit Estimation*)

a. Biaya Produksi (Investasi Awal)

Berikut merupakan tabel biaya dihitung dari total komponen utama dan ongkos produksi:

Tabel 4. 25 Biaya Dihitung dari Total Komponen Utama dan Ongkos Produksi

No	Komponen	Satuan	Estimasi Biaya (Rp)
1	Rangka hollow baja 40x40x1	2 lembar	250.000
2	Tabung stainless luar dan dalam	1 buah	180.000
3	Plat Aluminium 0.5 mm	1 lembar	200.000
4	<i>Pneumatic</i> silinder	1 buah	220.000
5	<i>Handle Valve Pneumaic Control</i>	1 buah	80.000
6	Regulator, selang	1 buah	150.000
7	konektor (Nipel angin)	2 buah	50.000
8	Elektroda	2 bungkus	50.000
9	Kain Serut	5 buah	125.000
10	Pipa Pegangan	2 buah	25.000
11	Keran Hasil Saringan	1 buah	20.000
12	Ember Wadah Hasil Saringan	1 buah	20.000
13	Sewa Kompresor angin	1 unit/hari	150.000
14	Biaya fabrikasi: potong, las, rakit	-	400.000
Total Estimasi Biaya Produksi			Rp1.920.000

b. Biaya Operasional & Biaya Pemeliharaan

- Investasi awal (I_0) = Rp 1.920.000
- Biaya Operasional sewa kompresor/bulan = Rp 1.800.000 (12 x 150.000)
- Biaya Pemeliharaan rutin/bulan = Rp 200.000
- Total Biaya Operasional & Pemeliharaan/bulan = Rp 2.000.000

Total Biaya = (Investasi awal + Biaya Operasional sewa kompresor/bulan + Biaya Pemeliharaan rutin/bulan) = Rp 3.920.000

C. Manfaat Ekonomi Bulanan

Penggunaan alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem *pneumatic* sederhana memberikan peningkatan kapasitas kerja yang signifikan dibandingkan metode manual. Berdasarkan hasil uji coba di lapangan, dalam satu hari kerja (± 5 jam/300 menit), alat ini mampu menyaring hingga 437 liter pupuk cair, jauh lebih tinggi dibandingkan penyaringan manual yang hanya mampu mencapai 200 liter. Perhitungan dari hasil penyaringan alat *pneumatic* 437 liter yaitu dalam sehari kerja penyaringan itu 5 jam/300 menit dibagi waktu penyaringan terbaik menggunakan kecepatan 6 bar yaitu 6,5 menit sama dengan 46 kali proses penyaringan, dikali 9,5 liter hasil dari penyaringan pupuk dalam sekali proses sama dengan 437 liter. Dengan harga jual pupuk cair sebesar Rp 13.000 per liter, maka potensi pendapatan harian yang dapat dihasilkan dihitung sebagai berikut:

Tabel 4. 26 Manfaat Ekonomi Harian

Keterangan	Manual	Pneumatic	Selisih Manfaat
Kapasitas penyaringan per hari	200 liter	437 liter	237 liter
Harga jual per liter	Rp 13.000	Rp 13.000	-
Pendapatan harian	Rp 2.600.000	Rp 5.681.000	Rp 3.081.000

Selanjutnya, estimasi manfaat ekonomi bulanan dihitung dengan asumsi bahwa alat penyaring pupuk *pneumatic* dioperasikan sebanyak 3 kali dalam seminggu, atau setara dengan 12 hari kerja per bulan.:

Tabel 4.27 Estimasi Manfaat Ekonomi Bulanan

Komponen	Nilai
Waktu Penyaringan dalam sebulan	12 hari
Manfaat tambahan per hari	Rp 3.081.000

Total manfaat ekonomi per bulan	$12 \times \text{Rp } 3.081.000 = \text{Rp } 36.972.000$
---------------------------------	--

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan alat penyaringan pupuk dengan sistem *pneumatic* memberikan manfaat ekonomi tambahan sebesar Rp 36.972.000 per bulan, dibandingkan sistem penyaringan manual. Ini mencerminkan peningkatan efisiensi kerja, efektivitas waktu, serta potensi peningkatan pendapatan usaha secara signifikan. Peningkatan ini dapat menjadi dasar pertimbangan investasi jangka panjang dalam pengadaan alat berbasis sistem *pneumatic*, karena berdampak nyata pada produktivitas dan nilai ekonomi secara langsung.

4.2.4.2 Penentuan Harga Jual Alat

Dalam proses perancangan dan pembuatan alat, penentuan harga jual menjadi aspek penting yang perlu diperhitungkan sejak awal. Hal ini bertujuan agar apabila terdapat pihak yang berminat untuk menggunakan atau memesan alat, maka produk dapat diproduksi lebih banyak dengan harga yang sudah terstandarisasi. Metode yang digunakan dalam menentukan harga jual adalah *Cost Plus Pricing*, yaitu penetapan harga berdasarkan total biaya produksi ditambah margin keuntungan tertentu. Untuk produk sederhana seperti alat penyaringan pupuk sistem *pneumatic*, margin keuntungan yang wajar umumnya berkisar pada angka 30%, dengan keterangan:

- Biaya produksi per unit = Rp 1.920.000
 - Harga jual = Rp 2.496.000
 - Keuntungan 30% per unit = Rp 576.000
 - Harga Jual = Biaya Produksi + (Margin Profit $\times$ Biaya Produksi)
- $$\begin{aligned} \text{Harga Jual} &= 1.920.000 + (30\% \times 1.920.000) = 1.920.000 + 576.000 \\ &= \text{Rp } 2.496.000 \end{aligned}$$

Dengan demikian, apabila alat penyaringan pupuk sistem *pneumatic* ini dipasarkan, harga jual per unit dapat ditetapkan sekitar Rp 2.496.000. Dari harga tersebut, keuntungan yang diperoleh per unit adalah sebesar Rp 576.000. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar volume penjualan, semakin tinggi pula akumulasi keuntungan yang dapat diperoleh. Oleh karena itu, rancangan alat ini berpotensi layak untuk diproduksi massal dan dipasarkan secara komersial.

4.2.4.3 Analisis *Break-Even Point* (BEP)

Dalam analisis ekonomi perancangan alat penyaringan pupuk cair, dilakukan perhitungan *Break-Even Point* (BEP) untuk mengetahui jumlah minimum penjualan yang dibutuhkan agar biaya investasi dapat kembali. Harga jual pupuk cair ditetapkan sebesar Rp 65.000 per jeriken, sedangkan biaya variabel per jeriken sebesar Rp 15.000. Biaya variabel ini mencakup beberapa komponen operasional per jeriken, yaitu biaya jeriken Rp 7.500, stiker Rp 2.000, listrik kompresor Rp 1.000, bahan baku Rp 2.500, dan tenaga kerja 1 Rp 2.000. Jadi angka Rp 15.000 ini merupakan total biaya operasional per unit produk. Dengan demikian, keuntungan bersih per jeriken yang diperoleh adalah sebesar Rp 50.000. Biaya tetap atau investasi awal alat yang digunakan untuk penyaringan pupuk mencapai Rp 1.920.000.

Rumus:

$$BEP = \frac{FC}{P - V}$$

Keterangan:

- FC = Biaya Tetap = Investasi Awal = Rp 1.920.000
- P = Harga Jual per jeriken = Rp 65.000
- V = Biaya variabel per jeriken = Rp 15.000

Perhitungan:

$$BEP = \frac{1.920.000}{65.000 - 15.000} = \frac{1.920.000}{50.000} = 38,4 \approx 38 \text{ jeriken}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, titik impas (*Break-Even Point*) akan tercapai ketika telah berhasil menjual minimal 38 jeriken pupuk cair. Artinya, setelah penjualan jeriken ke 38, seluruh biaya investasi alat telah tertutupi, dan penjualan berikutnya akan menghasilkan keuntungan bersih sebesar Rp 50.000 per jeriken.

4.2.3.4 Analisis *Payback Period* (PP)

Investasi awal yang diperlukan untuk pembuatan alat penyaringan pupuk organik bio walet dengan sistem pneumatic sederhana adalah sebesar Rp 1.920.000. Produk pupuk hasil penyaringan dijual dengan harga Rp 65.000 per jeriken, dengan biaya variabel sebesar Rp 15.000 per jeriken, sehingga keuntungan bersih per

jeriken adalah Rp 50.000. Berdasarkan penjualan setiap bulannya sebanyak 200 jeriken per bulan, maka dalam satu tahun jumlah penjualan mencapai 2.400 jeriken. Selain itu, terdapat biaya operasional sebesar Rp 1.800.000 yang berasal dari biaya sewa kompresor sebanyak 12 kali dengan biaya Rp 150.000 per hari, serta ditambah biaya perawatan sebesar Rp 200.000, sehingga total biaya operasional per bulan menjadi Rp 2.000.000.

- Investasi Awal = Rp 1.820.000
- Harga Jual per jeriken (P) = Rp 65.000
- Biaya Variabel per jeriken (V) = Rp 15.000
- Jumlah jeriken terjual per bulan (Q) = 200 jeriken
- Maka, per tahun: 200 jeriken $\times$ 12 bulan = 2.400 jeriken
- Biaya Operasional + Perawatan/ bulan = Rp 1.800.000 + Rp 200.000
= Rp 2.000.000

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Penerimaan Bersih per Bulan} &= (65.000 - 15.000) \times 200 = 50.000 \times 200 \\ &= \text{Rp } 10.000.000 - 2.000.000 = \text{Rp } 8.000.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PP &= \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Penerimaan bersih bulanan}} \times 1 \text{ tahun} = \frac{1.920.000}{8.000.000} \times 12 \text{ bulan} = \\ &= 0,24 \text{ tahun} \times 12 \text{ bulan} = 2,88 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Payback Period (PP) $\pm$ 2,88 bulan artinya, investasi awal sebesar Rp1.920.000 dapat kembali dalam waktu kurang dari 3 bulan. Ini menunjukkan bahwa rancangan alat penyaringan *pneumatic* sederhana sangat ekonomis dan efisien dari segi pengembalian modal.

4.2.4.4 Analisis *Net Present Value* (NPV)

Penetapan umur ekonomis 5 tahun untuk alat penyaringan pupuk berbasis *pneumatic* didasarkan pada usia teknis komponen vital, frekuensi penggunaan, dan pertimbangan efisiensi investasi, serta praktik umum pada industri kecil-menengah. Setelah periode ini, biaya perawatan dan risiko kerusakan mulai meningkat sehingga investasi baru atau penggantian komponen akan lebih efisien.

Asumsi:

- Investasi Awal (I_0) = Rp 1.920.000
- Laba Bersih Bulanan = Rp 8.000.000
- Laba Bersih Tahunan (CF) = Rp 96.000.000 (8jt x 12 bln)
- Umur Ekonomis (n) = 5 tahun
- Discount Rate (i) = 10% = 0,10

Rumus:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0$$

$$\text{Perhitungan NPV} = \sum_{t=1}^5 \frac{96.000.000}{(1+0,10)^t} - 1.920.000$$

Perhitungan NPV:

$$\text{Tahun 1: } \frac{96.000.000}{(1+0,10)^1} = 87.272.727,27$$

$$\text{Tahun 2: } \frac{96.000.000}{(1+0,10)^2} = 79.338.843,88$$

$$\text{Tahun 3: } \frac{96.000.000}{(1+0,10)^3} = 72.126.221,71$$

$$\text{Tahun 4: } \frac{96.000.000}{(1+0,10)^4} = 65.569.292,46$$

$$\text{Tahun 5: } \frac{96.000.000}{(1+0,10)^5} = 59.608.447,69$$

Total PV *Cash Flow*:

$$= 87.272.727,27 + 79.338.843,88 + 72.126.221,71 + 65.569.292,46 + 59.608.447,69 = \text{Rp } 363.915.532,99$$

$$\text{Total NPV} = (\text{Rp } 363.915.532,99 - 1.920.000) = \text{Rp } 361.995.532,99$$

Jadi total hasil NPV diatas bernilai positif besar sehingga proyek menguntungkan secara finansial. Nilai NPV: Rp 361.995.532,99 dalam 5 tahun dengan investasi awal hanya Rp 1.920.000

4.3 Analisis dan Interpretasi

Analisis dan interpretasi yang dapat diambil dari rancangan produk dan proses produksi alat penyaringan pupuk berdasarkan hasil *House of Ergonomics (HoE)* yang telah dibuat. Analisis ini mencakup kesimpulan dari hubungan antara

kebutuhan konsumen, spesifikasi teknis, prioritas teknis, serta dampaknya terhadap proses produksi dan desain produk:

4.3.1 Analisis Hasil Pengamatan Keluhan Pekerja Berdasarkan Data NBM

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengamatan pada data kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), ditemukan bahwa sebagian besar pekerja mengalami keluhan fisik pada berbagai bagian tubuh saat melakukan proses penyaringan pupuk organik bio walet. Keluhan dengan tingkat “sangat sakit” paling dominan muncul pada lengan kanan atas dan pinggang, yang menandakan bahwa proses kerja secara manual memberikan tekanan berat pada area tubuh tersebut, terutama akibat aktivitas menekan dan mengangkat dalam posisi membungkuk. Selain itu, beberapa bagian tubuh lainnya seperti kedua bahu, punggung, siku, lengan bawah, hingga pergelangan tangan juga mengalami keluhan “sakit”, yang menunjukkan bahwa alat yang digunakan saat ini menuntut beban kerja berlebih pada ekstremitas atas akibat aktivitas berulang dan posisi tidak ergonomis. Keluhan dengan intensitas “cukup sakit” tercatat pada leher atas dan bawah, pantat, paha, lutut, serta betis, yang mengindikasikan postur kerja yang buruk, tekanan statis pada bagian bawah tubuh, serta waktu kerja yang terlalu lama dalam posisi tidak netral. Sementara itu, bagian pergelangan kaki dan kaki kiri-kanan dilaporkan tidak mengalami keluhan, yang menandakan bahwa bagian tubuh ini tidak banyak menerima tekanan kerja langsung selama proses berlangsung.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa aktivitas penyaringan pupuk secara manual menimbulkan risiko ergonomi tinggi, terutama pada area tubuh yang berperan langsung dalam aktivitas menekan dan menahan beban. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang alat yang mempertimbangkan aspek ergonomi tubuh bagian atas, khususnya mekanisme kerja yang lebih ringan,

4.3.2 Analisis Hasil Terjemahan Kebutuhan Ergonomi (*Voice of Ergonomics*)

Berdasarkan Tabel 4.2, proses identifikasi kebutuhan konsumen dalam perancangan ulang alat penyaringan pupuk organik bio walet dilakukan dengan pendekatan 5 aspek ergonomi ENASE: Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisien. Kebutuhan dan keinginan pekerja (Kolom A) diubah menjadi pernyataan kebutuhan

ergonomis yang spesifik (Kolom A1), yang akan dijadikan dasar dalam perumusan spesifikasi teknis alat.

Pada aspek Sehat, ditemukan dua kebutuhan utama: alat sesuai postur tubuh dan alat mudah dibersihkan. Keduanya diterjemahkan menjadi kebutuhan ergonomis yaitu: (1) alat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna dan (2) alat mudah dibersihkan dan mencegah sumbatan. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan pengguna sangat ditentukan oleh kesesuaian alat dengan tubuh serta kemudahan dalam perawatan alat untuk menjaga kebersihan dan higienitas lingkungan kerja.

Aspek Efisien mencakup keinginan pengguna agar proses cepat dan harga terjangkau. Ini diterjemahkan menjadi dua atribut penting: (1) alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan serta (2) alat memiliki komponen dengan harga terjangkau. Artinya, efisiensi bukan hanya dilihat dari kecepatan kerja, tetapi juga dari segi ekonomis dalam pengadaan alat.

Aspek Aman mencerminkan keinginan pengguna untuk mengurangi risiko cedera. Ini diwujudkan dalam kebutuhan ergonomis: alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas. Atribut ini sangat krusial karena secara langsung berkaitan dengan keluhan pekerja pada data NBM, di mana bagian tubuh tersebut menjadi titik nyeri utama.

Aspek Nyaman diartikan oleh pekerja sebagai kenyamanan dalam durasi kerja yang lama. Diterjemahkan menjadi: alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan serta mudah dioperasikan, menunjukkan bahwa kenyamanan erat kaitannya dengan postur kerja yang ergonomis dan beban kerja fisik yang rendah.

Sementara itu, aspek Efektif berkaitan dengan dua kebutuhan: desain menarik dan tahan lama. Hal ini diturunkan menjadi atribut ergonomis: (1) alat dengan desain estetika sederhana yang menarik, dan (2) alat tidak mudah rusak dan tahan korosi. Ini mencerminkan bahwa efektivitas tidak hanya dilihat dari fungsionalitas alat, tetapi juga dari daya tahan dan daya tarik visual produk agar mudah dikenali dan diminati pasar.

Dengan menerjemahkan kebutuhan-kebutuhan ini ke dalam pernyataan ergonomis yang konkret, proses desain alat menjadi lebih terarah dan berbasis pada realitas kerja di lapangan. Seluruh atribut yang dihasilkan akan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan Matriks *House of Ergonomics* (HOE) untuk menghasilkan spesifikasi teknis yang mampu meningkatkan kesehatan, kenyamanan, dan efisiensi kerja pekerja secara menyeluruh.

4.3.3 Analisis Penyusunan Matriks *Ergonomic Function Deployment* (*House of Ergonomics*)

4.3.3.1 Analisis Hasil Penilaian *importance to customer*

Berdasarkan Tabel 4.6 konsumen menilai delapan atribut penting dalam perancangan ulang alat penyaringan pupuk bio walet menggunakan skala Likert 1-5. Hasil ini membantu menentukan prioritas desain agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tiga atribut mendapat nilai 5 (Sangat Penting), yaitu: Ukuran dan tinggi sesuai antropometri, Meningkatkan produktivitas dan mengurangi kelelahan, Mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan. Ketiganya menunjukkan bahwa ergonomi, efisiensi kerja, dan keselamatan fisik adalah prioritas utama. Empat atribut mendapat nilai 4 (Penting), yaitu: Postur tubuh tidak membungkuk dan mudah dioperasikan, Mudah dibersihkan dan tidak tersumbat, Tahan lama dan anti korosi, Komponen harga terjangkau. Atribut ini penting untuk memastikan alat tetap fungsional, mudah dirawat, dan ekonomis. Satu atribut mendapat nilai 3 (Cukup Penting), yaitu: Desain estetika sederhana dan menarik, yang berfungsi sebagai nilai tambah, meskipun bukan prioritas utama.

Perancangan ulang alat harus difokuskan pada ergonomi, produktivitas, dan keselamatan kerja, didukung oleh aspek fungsionalitas, daya tahan, dan efisiensi biaya. Estetika dapat menjadi pelengkap untuk meningkatkan daya tarik visual, terutama dalam konteks komersial.

4.3.3.2 Analisis Hasil Penilaian (*Customer Satisfaction Performance*)

Berdasarkan Tabel 4.6, delapan atribut kebutuhan konsumen pada alat penyaringan pupuk bio walet dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kepuasan pengguna terhadap performa alat saat ini. Dari keseluruhan atribut, lima di antaranya memperoleh nilai rendah (skor 1–2), mencerminkan tingkat ketidak

puasan yang signifikan dan menandakan kegagalan dalam aspek yang paling krusial, yaitu ergonomi, efisiensi kerja, dan keselamatan. Tiga atribut dengan skor terendah mencakup: kesesuaian ukuran dan tinggi alat dengan antropometri pengguna (2 – Kurang Puas), kemampuan alat dalam meningkatkan produktivitas dan mengurangi kelelahan (2 – Kurang Puas), serta kemampuan mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas (1 – Sangat Tidak Puas). Ketiganya termasuk dalam kategori kebutuhan dengan tingkat urgensi tinggi yang telah ditetapkan sebelumnya, namun justru menunjukkan kinerja paling buruk dalam implementasi alat saat ini. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan yang besar antara harapan dan realitas yang harus menjadi fokus utama dalam perancangan ulang. Dua atribut lain yang juga memperoleh skor rendah adalah: postur tubuh yang tidak ergonomis dan alat sulit dioperasikan, serta desain estetika yang kurang menarik (masing-masing mendapat nilai 2 – Kurang Puas). Meskipun tidak sepenting aspek ergonomi, kedua atribut ini tetap memberikan kontribusi terhadap kenyamanan dan penerimaan pengguna terhadap alat. Sebaliknya, tiga atribut menunjukkan tingkat kepuasan yang lebih baik, yaitu: kemudahan dalam pembersihan dan pencegahan sumbatan (3 – Cukup Puas), ketahanan terhadap kerusakan dan korosi (4 – Puas), serta harga komponen yang terjangkau (4 – Puas). Ketiga atribut ini menunjukkan bahwa meskipun alat saat ini cukup andal dalam aspek material dan biaya, keunggulan tersebut belum mampu menutupi kelemahan utama dalam kenyamanan, keamanan, dan efisiensi kerja.

Secara keseluruhan, data tingkat kepuasan pengguna menunjukkan bahwa mayoritas atribut penting belum terpenuhi secara optimal. Hal ini memperkuat urgensi untuk melakukan perancangan ulang yang difokuskan pada peningkatan kenyamanan pengguna, pengurangan risiko cedera akibat postur kerja yang buruk, serta peningkatan produktivitas kerja secara menyeluruh. Tanpa perbaikan pada aspek-aspek tersebut, alat akan terus mengalami resistensi penggunaan dan tidak mampu memberikan kontribusi maksimal terhadap efisiensi proses penyaringan pupuk di lapangan.

4.3.3.3 Analisis Hasil Penetapan *Goal*

Berdasarkan hasil pengolahan pada Tabel 4.8, diketahui bahwa seluruh atribut kebutuhan pengguna memiliki nilai *goal* tinggi, yaitu berada pada rentang 4 hingga 5. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan konsumen dianggap penting oleh tim perancang dalam proses pengembangan ulang alat penyaringan pupuk organik bio walet. Empat atribut utama yang memperoleh nilai *goal* tertinggi (5), yaitu "alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna", "alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan", "alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas", serta "alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan", merupakan kebutuhan yang berhubungan langsung dengan aspek kesehatan, kenyamanan, dan efisiensi kerja pengguna. Nilai *goal* yang tinggi ini menandakan bahwa atribut-atribut tersebut menjadi prioritas utama dalam rancangan alat, karena menyangkut keselamatan, efisiensi gerak, dan ergonomi tubuh pengguna selama proses penyaringan. Sementara itu, empat atribut lainnya seperti kemudahan pembersihan, daya tahan alat, desain visual, dan harga terjangkau, memperoleh nilai *goal* sebesar 4. Meskipun tidak setinggi atribut utama, nilai ini tetap menunjukkan bahwa keempat aspek tersebut tetap dipertimbangkan secara serius karena berpengaruh terhadap keberlangsungan penggunaan alat, biaya produksi, dan daya tarik produk di pasar. Dengan demikian, Analisis *goal* ini memberikan arah yang jelas terhadap fokus pengembangan, di mana atribut ergonomi dan keselamatan kerja menjadi pusat perhatian, disertai dengan dukungan dari atribut sekunder yang menunjang keberhasilan produk secara keseluruhan.

Penetapan nilai *goal* pada delapan atribut kebutuhan menunjukkan bahwa perancangan ulang alat harus mengutamakan aspek ergonomi dan keselamatan sebagai fokus utama. Atribut-atribut lain yang bersifat fungsional, estetis, dan ekonomis tetap perlu dioptimalkan sebagai pendukung. Dengan memprioritaskan pemenuhan atribut kategori sangat penting dan memperhatikan atribut penting secara seimbang, rancangan alat dapat memenuhi ekspektasi pengguna serta layak untuk diterapkan di lapangan secara berkelanjutan.

4.3.3.4 Analisis Hasil Perhitungan *Improvement Ratio*

Berdasarkan hasil perhitungan *improvement ratio* pada Tabel 4.9, diperoleh gambaran mengenai tingkat urgensi perbaikan dari masing-masing atribut kebutuhan konsumen. Nilai *improvement ratio* dihitung dari pembagian antara nilai *goal* dan *customer satisfaction performance* (CSP), di mana semakin besar nilai rasio yang dihasilkan, maka semakin tinggi pula tingkat kebutuhan akan peningkatan performa pada atribut tersebut. Atribut “alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas” memiliki *improvement ratio* tertinggi yaitu 5, karena memperoleh nilai *goal* sebesar 5 namun nilai kepuasan hanya 1 (sangat tidak puas). Hal ini menunjukkan bahwa atribut ini sangat krusial dan membutuhkan perhatian serta pembaruan prioritas tertinggi dalam perancangan ulang alat. Tiga atribut lainnya, yakni “alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna”, “alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan”, serta “alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & ringan mudah dioperasikan”, masing-masing memiliki nilai *improvement ratio* sebesar 2,5. Ini menandakan bahwa meskipun *customer satisfaction performance* nya berada pada tingkat "kurang puas", namun atribut-atribut tersebut tetap penting dan memerlukan perbaikan yang signifikan agar target ergonomi dan efisiensi kerja dapat tercapai. Selanjutnya, atribut “desain estetika” memiliki nilai rasio 2, yang berarti cukup penting untuk ditingkatkan namun tidak sepenting atribut yang berhubungan langsung dengan kesehatan atau kenyamanan kerja. Sementara itu, atribut-atribut seperti kemudahan pembersihan (1,3), ketahanan alat (1), dan harga terjangkau (1), menunjukkan *improvement ratio* paling rendah. Artinya, kondisi saat ini sudah relatif mendekati harapan pengguna sehingga perbaikannya tidak menjadi prioritas utama. Hasil Analisis ini memberikan dasar yang kuat bagi tim pengembang untuk memfokuskan sumber daya pada peningkatan atribut yang memiliki gap tertinggi antara harapan dan kenyataan di lapangan, khususnya pada aspek kesehatan dan ergonomi pengguna.

4.3.3.5 Analisis Hasil Perhitungan *Sales Point*

Berdasarkan Tabel 4.28 mengenai *sales point*, dapat diketahui bahwa tidak semua atribut kebutuhan konsumen memiliki nilai jual atau daya tarik yang sama

dalam memengaruhi keputusan pembelian produk. Atribut dengan *sales point* tertinggi (1,5) adalah: “alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan”, “alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas”, dan “alat dapat tidak mudah rusak dan tahan korosi”. Ketiga atribut ini dinilai memiliki kekuatan penjualan yang tinggi karena langsung berkaitan dengan kinerja alat, keselamatan pengguna, dan durabilitas aspek-aspek utama yang dicari oleh pengguna alat di sektor industri rumahan seperti penyaringan pupuk. Peningkatan pada atribut-atribut ini akan memberikan nilai lebih yang signifikan, baik dari sisi fungsionalitas maupun dari perspektif pemasaran.

Sementara itu, atribut yang memiliki nilai *sales point* sedang (1,2) antara lain adalah penyesuaian alat dengan antropometri pengguna, kemudahan pengoperasian, estetika desain, kemudahan pembersihan, serta harga terjangkau. Meskipun fitur-fitur ini tetap penting dari sisi ergonomi dan pengalaman pengguna, namun karena sudah cukup umum dijumpai dalam berbagai produk serupa, maka keunikan atau kekuatan penjualannya tidak setinggi atribut sebelumnya. Misalnya, menyesuaikan ukuran alat dengan postur tubuh dianggap penting dari sisi ergonomi, tetapi dari segi daya jual hanya dianggap menengah karena sudah menjadi fitur standar. Demikian juga halnya dengan desain estetika, meskipun bisa meningkatkan kenyamanan psikologis pengguna, tidak menjadi faktor pembeda utama dalam pasar alat penyaring pupuk.

Melalui Analisis ini, tim pengembang dapat menyusun strategi desain dan pemasaran dengan lebih fokus. Atribut yang memiliki *sales point* tinggi sebaiknya ditonjolkan sebagai keunggulan utama produk dalam materi promosi, karena memberikan pengaruh paling kuat terhadap persepsi dan keputusan konsumen. Di sisi lain, atribut dengan *sales point* menengah tetap perlu diperhatikan dalam desain untuk menjaga kelengkapan fitur dan kepuasan menyeluruh, meskipun bukan sebagai prioritas utama dalam diferensiasi produk.

4.3.3.6 Analisis Hasil Perhitungan *Raw Weight*

Berdasarkan Tabel 4.11 hasil pengolahan data *raw weight*, diperoleh bahwa atribut kebutuhan konsumen dengan nilai bobot tertinggi adalah “Alat dapat

mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas” dengan nilai sebesar 37,5. Nilai ini dihasilkan dari kombinasi tinggi antara tingkat kepentingan (*importance to customer*) sebesar 5, rasio peningkatan (*improvement ratio*) sebesar 5, dan nilai daya jual (*sales point*) sebesar 1,5, sehingga menghasilkan *raw weight* tertinggi dibandingkan atribut lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa atribut ini merupakan prioritas utama yang harus diakomodasi dalam proses pengembangan dan perancangan ulang alat penyaringan. Artinya, kebutuhan ergonomi pengguna dalam menghindari potensi risiko cedera fisik menjadi perhatian paling kritis dan wajib difokuskan dalam rancangan teknis maupun desain produk akhir. Atribut dengan *raw weight* tertinggi kedua adalah “Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan” dengan nilai 18,75, yang juga berasal dari kombinasi nilai penting (*importance* = 5), kebutuhan peningkatan (*improvement ratio* = 2,5), dan daya jual tinggi (*sales point* = 1,5). Hal ini menegaskan bahwa selain keselamatan kerja, efisiensi dan kenyamanan penggunaan alat memiliki pengaruh besar terhadap keputusan pengguna dan persepsi kualitas alat. Oleh karena itu, rancangan alat perlu memperhatikan desain yang ringan, efisien, dan mendukung kelancaran kerja tanpa menyebabkan beban kerja berlebih. Selanjutnya, atribut seperti “Alat dapat memiliki ukuran dan tinggi yang disesuaikan dengan antropometri pengguna” memiliki nilai *raw weight* sebesar 15, menempati urutan ketiga. Meskipun berada di bawah dua atribut sebelumnya, hal ini tetap menunjukkan tingkat urgensi yang tinggi karena ukuran alat yang tidak sesuai dapat berdampak langsung pada kenyamanan dan risiko kerja. Atribut-atribut lainnya, seperti estetika desain (9,6), kemudahan pembersihan (6,24), tidak mudah rusak & tahan korosi (6), serta keterjangkauan harga (4,8), memiliki nilai *raw weight* yang lebih rendah, menandakan bahwa meskipun penting, aspek-aspek ini memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap keseluruhan kualitas alat menurut persepsi pengguna.

Dengan demikian, hasil Analisis *raw weight* menegaskan bahwa faktor ergonomis dan fungsional, terutama dalam hal mengurangi cedera serta meningkatkan produktivitas dan kesesuaian alat dengan tubuh pengguna, menjadi aspek utama yang harus dikedepankan dalam proses perancangan alat. Aspek

estetika, harga, dan perawatan menjadi prioritas sekunder yang dapat ditingkatkan setelah kebutuhan utama pengguna terpenuhi.

4.3.3.7 Analisis Hasil Perhitungan *Normalized Raw Weight*

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 4.12 *normalized raw weight*, diketahui bahwa atribut kebutuhan pengguna dengan nilai kontribusi terbesar adalah "Alat dapat mengurangi risiko cedera pada pinggang dan lengan kanan atas" dengan nilai 0,34 atau 34% dari total kontribusi. Hal ini menunjukkan bahwa risiko ergonomi pada bagian tubuh pengguna, khususnya pinggang dan lengan atas, menjadi prioritas utama dalam proses perancangan ulang alat. Oleh karena itu, desain alat perlu difokuskan untuk mendukung postur kerja yang baik serta mengurangi tekanan fisik saat proses penyaringan, seperti melalui penggunaan mekanisme penekanan yang ringan dan penyesuaian tinggi alat.

Atribut dengan kontribusi terbesar kedua adalah "Alat dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi kelelahan" dengan nilai 0,17, disusul oleh "Alat memiliki ukuran dan tinggi sesuai antropometri pengguna" sebesar 0,14. Ini menunjukkan bahwa selain kenyamanan dan keselamatan kerja, efektivitas kerja dan kesesuaian ukuran alat dengan postur pengguna sangat memengaruhi tingkat kepuasan dan kebutuhan aktual di lapangan. Maka dari itu, desain alat sebaiknya memperhatikan efisiensi waktu kerja, pengoperasian yang ringan, serta dimensi yang ergonomis sesuai tinggi rata-rata pengguna.

Sementara itu, atribut seperti "Alat dapat memposisikan tubuh tidak membungkuk & mudah dioperasikan" (0,11) tetap memiliki peran penting dalam mendukung kenyamanan kerja, namun bukan merupakan fokus utama. Di sisi lain, atribut estetika, kemudahan pembersihan, ketahanan korosi, dan harga yang terjangkau berada pada prioritas terendah (antara 0,04 hingga 0,07). Ini menunjukkan bahwa meskipun faktor-faktor tersebut relevan, pengguna lebih menekankan aspek fungsional dan ergonomis dalam penggunaan alat sehari-hari dibandingkan aspek visual atau ekonomi.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menegaskan bahwa perancangan alat harus lebih difokuskan pada peningkatan kenyamanan fisik pengguna, pengurangan risiko cedera, serta penyesuaian ukuran dan cara kerja alat yang ergonomis, sebagai

bagian dari strategi utama peningkatan kualitas produk berbasis kebutuhan pengguna yang terukur.

4.3.3.8 Analisis Hasil Pengisian Matriks Hubungan Teknis

Berdasarkan hasil pengisian Matriks Hubungan Teknis antara kebutuhan pengguna (*Customer Needs*) dengan respon teknis yang dirancang, dapat dilihat bahwa beberapa karakteristik teknis memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap pemenuhan kebutuhan utama pengguna. Salah satu yang paling menonjol adalah kemampuan alat untuk dioperasikan oleh satu orang mendapat nilai tertinggi, yaitu 39 poin. Hal ini menunjukkan bahwa pengoperasian alat yang sederhana dan tidak membutuhkan bantuan orang lain menjadi kebutuhan utama pengguna, terutama dalam situasi kerja mandiri. Desain ini juga sangat mendukung efisiensi tenaga kerja dan meningkatkan produktivitas.

Selanjutnya, penggunaan sistem *pneumatic cylinder* mendapatkan skor 36 poin, yang berarti sangat dibutuhkan karena membantu menghilangkan kebutuhan tenaga manual saat proses penyaringan. Ini sejalan dengan respon teknis tanpa aktivitas menekan manual yang mendapat skor 33 poin, menunjukkan bahwa menghindari aktivitas fisik berat seperti menekan dengan tangan menjadi faktor utama dalam menjaga kesehatan dan kenyamanan kerja pengguna.

Kemudian, desain tinggi alat sekitar 155 cm, yang memperoleh skor tertinggi yaitu 31 poin. Ini menunjukkan bahwa dimensi alat yang sesuai dengan tinggi pandangan mata pekerja sangat berpengaruh dalam menciptakan kenyamanan kerja, mengurangi postur membungkuk, dan mencegah kelelahan.

Berikutnya, karakteristik teknis material kuat dan tahan air, seperti penggunaan baja *hollow* dan tabung *stainless steel*, mendapatkan nilai 19 poin. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan alat terhadap karat dan kerusakan sangat penting untuk jangka panjang, terutama karena alat digunakan dalam kondisi basah. Namun, meskipun signifikan, pengaruhnya terhadap kenyamanan pengguna secara langsung tidak sebesar karakteristik teknis lainnya.

Kemudian, desain tabung silinder ramping modern memperoleh nilai 18 poin. Ini menunjukkan bahwa meskipun bentuk dan estetika menarik, fungsinya

lebih bersifat tambahan dan tidak langsung mendukung proses utama penyaringan, sehingga tidak menjadi prioritas pengembangan utama.

Selanjutnya, efisiensi biaya komponen $\leq$ Rp 2.000.000 mendapatkan nilai 17 poin. Aspek ini penting untuk menjaga keterjangkauan produk bagi pengguna, namun tetap harus seimbang dengan kualitas dan kinerja alat. Oleh karena itu, pengembangan pada aspek biaya bersifat fleksibel, bukan utama.

Terakhir, komponen filter atau saringan yang mudah dilepas dan dibersihkan memperoleh nilai 16 poin. Meskipun nilai ini paling rendah dibanding lainnya, fitur ini tetap penting dalam mendukung kemudahan perawatan dan keberlangsungan fungsi penyaringan. Namun, karena tidak secara langsung memengaruhi kenyamanan atau efisiensi kerja dalam jangka pendek, pengembangannya bukan menjadi fokus utama.

4.3.3.9 Analisis Hasil Perhitungan Matriks Kontribusi Prioritas Teknis

Berdasarkan Tabel 4.18 hasil Matriks Kontribusi Prioritas Teknis, karakteristik teknis dengan kontribusi tertinggi adalah kemampuan alat yang dapat dioperasikan oleh satu orang dengan hanya menekan tombol atau membuka katup, tanpa harus mengangkat atau menekan secara manual. Karakteristik ini memperoleh nilai kontribusi sebesar 192 atau setara (18,7%). Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi tenaga kerja dan kemudahan penggunaan menjadi prioritas utama dalam rancangan, terutama bagi pelaku UMKM dengan jumlah tenaga terbatas. Selanjutnya, sistem penekanan menggunakan silinder pneumatik mendapat kontribusi tinggi sebesar 174 (18,3%). Mekanisme ini dirancang untuk menggantikan tekanan manual dengan tekanan udara, sehingga pekerjaan menjadi lebih ringan dan waktu kerja lebih efisien.

Karakteristik teknis lainnya yang juga sangat penting adalah fitur non-manual dalam proses penyaringan, yakni pengguna hanya perlu mengaktifkan *valve* tanpa melakukan aktivitas menekan secara fisik. Dengan nilai kontribusi 162 (17%), fitur ini membantu mengurangi risiko kelelahan dan cedera pada bagian tubuh pekerja seperti lengan dan pinggang. Alat dirancang setinggi ± 155 cm agar sesuai tinggi mata pekerja juga memiliki kontribusi tinggi yaitu 154 (16,2%). Penyesuaian ini berdasar data antropometri pekerja di UMKM, dan bertujuan

menjaga postur tubuh tetap ergonomis saat bekerja, sehingga tidak perlu membungkuk atau menjinjit.

Sementara itu, Pemilihan material kuat dan tahan air seperti baja *hollow* dan tabung *stainless steel* 79 (8,31%), karena sangat penting dalam menjaga keawetan alat di lingkungan kerja yang lembap dan basah. penetapan batas biaya produksi alat sebesar $\leq$ Rp 2.000.000 memiliki kontribusi sebesar 71 (7,47%). Nilai ini didasarkan pada kebutuhan pasar UMKM agar alat tetap terjangkau namun tetap fungsional. Oleh karena itu, pemilihan bahan lokal, desain sederhana, dan sistem pneumatik yang efisien menjadi strategi utama untuk menekan biaya produksi. Kemudian, karakteristik filter atau saringan yang dapat dilepas untuk dibersihkan dengan mudah mendapat kontribusi 67 (7,05%). Karakteristik ini penting untuk memudahkan proses perawatan alat sehari-hari agar alat tidak tersumbat atau rusak akibat sisa pupuk yang mengeras.

Terakhir, Bentuk desain tabung berbentuk silinder ramping modern memiliki nilai kontribusi sebesar 52 (5,47%), Meskipun bukan prioritas utama, desain yang menarik tetap dinilai memberikan nilai tambah dari sisi estetika dan profesionalisme alat.

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa desain teknis alat tidak hanya mempertimbangkan aspek kenyamanan dan efisiensi kerja, tetapi juga keberlanjutan penggunaan, estetika, dan kelayakan ekonomi. Setiap karakteristik teknis disusun berdasarkan kebutuhan nyata pengguna dan hasil analisis EFD untuk menghasilkan alat yang ergonomis, hemat biaya, dan mudah dioperasikan.

4.3.4 Analisis Hasil dari Pemilihan Rancangan Alat

Pemilihan rancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet ini dilakukan melalui pendekatan sistematis yang mempertimbangkan aspek mekanisme kerja, ergonomi pengguna (antropometri), desain struktural, serta pemilihan material. Hasil rancangan bertujuan tidak hanya meningkatkan efisiensi proses produksi, tetapi juga menjamin kenyamanan dan keselamatan kerja operator, khususnya dalam lingkungan UMKM yang terbatas sumber daya.

1. Analisis Mekanisme Kerja Alat

Proses kerja alat penyaringan pupuk ini dimulai dari tahap persiapan awal, di mana operator mengisi tabung dalam berdiameter 30 cm dengan tinggi 50 cm menggunakan pupuk cair hasil fermentasi yang masih mengandung ampas. Kapasitas maksimal yang dapat ditampung mencapai ± 15 kg. Saringan berupa kain telah terpasang di bagian dalam tabung untuk menyaring cairan dari partikel kasar hingga halus. untuk memastikan hasil penyaringan dapat memisahkan partikel besar maupun kecil secara optimal.

Selanjutnya masuk ke tahap penekanan otomatis dengan sistem pneumatic. Alat ini menggunakan silinder *pneumatic* berdiameter 63x200 mm yang bekerja pada tekanan 2–8 bar. Sistem ini menghilangkan kebutuhan tenaga manual dalam proses penekanan, sehingga operator cukup mengoperasikan katup manual (*valve*) yang terhubung ke sumber udara bertekanan. Begitu katup dibuka, udara terkompresi mengalir menuju silinder pneumatic, mendorong piston ke arah bawah. Dorongan ini memindahkan plat tekan berdiameter 14 cm secara vertikal, sehingga massa pupuk cair di dalam tabung terdorong melewati saringan dengan tekanan yang merata.

Pada tahap proses penyaringan, tekanan dari plat tekan memaksa pupuk cair melewati lapisan filter dengan porositas sekitar 150 mikron. Partikel-partikel padat atau ampas tertahan di permukaan saringan, sedangkan cairan yang sudah bersih mengalir ke saluran pembuangan di bagian bawah tabung. Cairan ini kemudian diteruskan menuju wadah penampung yang terletak di bawah rangka alat. Desain ini memastikan aliran hasil saringan berlangsung lancar dan minim risiko tersumbat.

Tahap terakhir adalah pembersihan dan perawatan. Setelah penyaringan selesai, operator menutup katup udara sehingga pasokan tekanan berhenti, dan piston secara otomatis kembali ke posisi awal karena gaya pegas internal atau pelepasan tekanan. Sisa ampas yang tertinggal di atas saringan dapat diangkat dan dibuang dengan mudah. Saringan dibuat dengan desain modular sehingga dapat dilepas, dicuci, dan dipasang kembali tanpa memerlukan peralatan khusus. Proses

perawatan ini penting untuk menjaga performa penyaringan tetap maksimal serta memperpanjang umur pakai alat.

2. Analisis Pengukuran Antropometri

Dalam perancangan alat penyaringan pupuk organik bio walet yang ergonomis, pengukuran antropometri pekerja menjadi acuan utama untuk menentukan dimensi dan tata letak komponen alat. Tujuannya adalah memastikan bahwa proses kerja dapat dilakukan dengan nyaman, efisien, dan meminimalkan risiko cedera akibat postur kerja yang salah. Berdasarkan pengukuran pada pekerja UMKM Walet Langgeng Abadi, beberapa parameter antropometri kunci telah diidentifikasi dan diterapkan pada desain alat.

Pengukuran Tinggi Pinggang Berdiri (TPB) sebesar 85 cm menjadi acuan untuk menentukan tinggi optimal wadah pupuk yang akan diisi atau diambil. Dengan penyesuaian ini, pekerja tidak perlu membungkuk secara berlebihan atau mengangkat tangan terlalu tinggi saat memindahkan pupuk, sehingga beban kerja fisik berkurang dan postur tubuh tetap netral. Selanjutnya, Tinggi Pandangan Mata (TPM) yang tercatat sebesar 155 cm digunakan untuk menempatkan komponen kontrol seperti tuas atau area pandang utama alat pada ketinggian yang sesuai. Hal ini bertujuan agar pekerja dapat mengoperasikan alat dengan posisi kepala dan leher yang nyaman, tanpa harus mendongak atau menunduk dalam waktu lama.

Parameter Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) sebesar 60 cm menentukan jarak ideal antar komponen seperti tuas, keran, dan wadah hasil saringan. Dengan jarak ini, pekerja dapat menjangkau semua komponen penting tanpa peregangannya berlebihan, sehingga mengurangi ketegangan pada bahu dan punggung. Sementara itu, Diameter Genggaman Tangan (DGT) sebesar 3,5 cm menjadi acuan dalam perancangan pegangan tuas atau handle. Ukuran ini memastikan pegangan sesuai dengan kekuatan genggaman rata-rata pekerja, memberikan kenyamanan dan mengurangi risiko kelelahan otot tangan saat digunakan berulang kali.

Pengukuran Tinggi Tangan Menjuntai (TTM) sebesar 72 cm dimanfaatkan untuk menentukan posisi wadah penampung di bagian bawah alat. Penempatan yang tepat memastikan pekerja tidak perlu membungkuk terlalu jauh saat mengambil atau mengganti wadah, sehingga gerakan menjadi lebih ergonomis dan

aman bagi punggung. Terakhir, Lebar Bahu (LB) yang diukur dengan lebar area kerja 60 cm x panjang area kerja 60 cm digunakan untuk menetapkan dimensi ruang kerja di sekitar alat. Ruang ini cukup luas untuk memberikan keleluasaan gerak tangan dan tubuh tanpa membuat operator harus berdiri terlalu jauh dari alat, sehingga efisiensi kerja tetap terjaga.

Dengan penerapan seluruh data antropometri ini, desain alat penyaringan pupuk tidak hanya mengoptimalkan kinerja teknis, tetapi juga memastikan kenyamanan dan kesehatan pekerja dalam jangka panjang. Pendekatan berbasis data ini mendukung prinsip ergonomi modern, di mana mesin disesuaikan dengan manusia, bukan sebaliknya.

3. Analisis Desain Alat

Desain alat penyaringan pupuk organik bio walet ini dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi proses kerja, kenyamanan operator, serta prinsip ergonomis yang sesuai dengan postur tubuh pekerja. Rancangan menggunakan sistem *pneumatic* sederhana yang berfungsi sebagai penggerak utama proses penekanan, sehingga dapat mempercepat proses penyaringan tanpa membebani tenaga fisik pengguna. Struktur alat dibuat secara vertikal agar memanfaatkan gaya gravitasi dalam membantu aliran pupuk cair melewati filter, sekaligus meminimalkan kebutuhan tenaga tekan manual. Penempatan tabung penyaringan, tuas kontrol, dan wadah hasil dirancang sejajar dengan jangkauan tangan pengguna berpostur 160 cm, sehingga operator tidak perlu membungkuk atau menjinjit berlebihan, mengurangi risiko kelelahan otot dan cedera punggung.

Komponen utama alat meliputi *pneumatic* sebagai aktuator utama yang menggerakkan plate tekan berdiameter 14 cm untuk mendorong bahan pupuk ke arah saringan secara vertikal. Dudukan *pneumatic* dirancang kokoh agar posisi poros *pneumatic* stabil selama proses kerja. Tabung luar berdiameter 50 cm berfungsi sebagai pelindung sekaligus penampung awal bahan, sedangkan tabung dalam berdiameter 30 cm menjadi media utama penyaringan dengan saringan yang dipasang di bagian dasarnya. Sistem kontrol udara diatur oleh *solenoid valve handle* yang terhubung ke kompresor listrik melalui regulator dan selang berdiameter

sesuai kebutuhan, sehingga tekanan udara dapat diatur optimal antara 2–8 bar sesuai karakteristik bahan yang disaring.

Rangka utama atau *frame* terbuat dari bahan *hollow* yang kokoh namun tetap ringan, menopang seluruh komponen sekaligus menyediakan kestabilan saat alat dioperasikan. Dudukan wadah hasil saringan ditempatkan pada ketinggian yang sesuai dengan antropometri pekerja, memastikan proses penggantian wadah atau pengambilan hasil dapat dilakukan tanpa postur membungkuk. Pegangan disediakan untuk memudahkan pemindahan alat, sedangkan baut M8 dan *nipple* angin memastikan koneksi mekanis dan saluran udara tetap aman. Keran dipasang di jalur keluaran untuk mengontrol aliran hasil saringan, dan penampung diletakkan tepat di bawah saluran keluaran untuk mengumpulkan pupuk cair bersih, sementara residu padat tertinggal di dalam filter.

Dengan penerapan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD), seluruh dimensi dan tata letak komponen telah disesuaikan dengan ukuran tubuh pekerja, termasuk tinggi pinggang, jangkauan tangan, dan tinggi pandangan mata. Pendekatan ini membuat alat tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga ramah terhadap postur kerja, mengurangi risiko cedera, dan memungkinkan proses penyaringan berlangsung lebih cepat, bersih, dan efisien. Desain ini membuktikan bahwa integrasi antara teknologi sederhana dan prinsip ergonomi dapat menghasilkan inovasi tepat guna yang sesuai dengan kebutuhan industri kecil menengah.

4. Analisis Material

Alat penyaringan pupuk organik bio walet ini dirancang dengan memperhatikan kekuatan struktur, ketahanan terhadap korosi, kemudahan perawatan, dan keamanan pengguna. Pemilihan bahan dilakukan secara selektif agar setiap komponen mampu bekerja optimal dalam lingkungan kerja yang melibatkan pupuk cair hasil fermentasi, yang umumnya bersifat asam dan berpotensi menyebabkan korosi pada logam biasa. Rangka utama atau *frame* menggunakan material *mild steel* yang kokoh, mampu menopang beban, dan mudah dibentuk sesuai desain. Untuk mencegah korosi, bagian ini dapat dilapisi cat

antikarat. Alternatif material seperti stainless steel juga dipertimbangkan untuk ketahanan jangka panjang, meski dengan biaya lebih tinggi.

Bagian tabung luar berdiameter 50 cm dan tabung dalam berdiameter 30 cm menggunakan stainless steel karena sifatnya yang anti karat, aman untuk kontak langsung dengan bahan cair, dan mudah dibersihkan setelah digunakan. Plate tekan yang berdiameter 14 cm juga terbuat dari stainless steel, karena komponen ini bersentuhan langsung dengan pupuk dan harus tetap higienis serta bebas kontaminasi. Dudukan *pneumatic* dan dudukan wadah memakai *mild steel*, dipilih karena mudah dibentuk sesuai kebutuhan ergonomis dan cukup kuat menopang beban, serta ekonomis dari segi biaya.

Sistem *pneumatic* sebagai penggerak utama menggunakan material *aluminium steel* yang ringan namun kuat, memenuhi standar industri, dan tahan terhadap tekanan kerja. *Solenoid valve handle* menggabungkan material plastik dan logam untuk memastikan kemudahan pengendalian manual serta daya tahan. Regulator dibuat dari aluminium dan plastik untuk menjaga tekanan udara tetap stabil dan aman. Selang udara menggunakan bahan *polyurethane* yang fleksibel, tahan tekanan tinggi, dan mudah dalam proses pemasangan. *Nipple* angin menggunakan material kuningan (*brass*) karena tahan korosi ringan dan kuat terhadap tekanan udara.

Untuk komponen pendukung, baut M8 terbuat dari *stainless steel* agar sambungan antar bagian tetap kokoh dan tidak berkarat meskipun sering terkena cipratan cairan pupuk. Keran dipilih berbahan stainless steel untuk ketahanan terhadap cairan asam serta kemudahan pembersihan. Penampung hasil saringan menggunakan plastik *food-grade* agar ringan, mudah dipindahkan, tidak korosif, dan aman digunakan. Poros dan pegangan terbuat dari *mild steel* untuk kekuatan dan kemudahan pembentukan, sedangkan pegangan dapat dilapisi karet untuk kenyamanan gengaman serta mengurangi penghantaran panas atau dingin.

Dengan pemilihan material yang tepat untuk setiap komponen, alat ini tidak hanya memenuhi aspek teknis dan fungsional, tetapi juga mempertahankan daya tahan jangka panjang. Bahan yang digunakan memastikan alat tetap kokoh, aman

bagi pengguna, higienis, serta mudah dirawat, sehingga mendukung kelancaran proses produksi pupuk organik bio walet secara efisien dan berkelanjutan.

Jadi, rancangan alat penyaringan pupuk berbasis sistem *pneumatic* ini menunjukkan integrasi yang kuat antara aspek teknis, ergonomis, dan fungsional. Dengan mempertimbangkan antropometri pengguna, sistem kerja yang sederhana namun efisien, serta pemilihan material yang tepat, alat ini sangat layak diimplementasikan dalam skala UMKM. Penggunaan sistem *pneumatic* menggantikan tekanan manual secara signifikan meningkatkan efisiensi tenaga kerja dan mempercepat proses produksi. Selain itu, struktur modular dan vertikal dari alat memungkinkan perawatan yang mudah, operasional yang aman, dan peningkatan produktivitas dalam jangka panjang.

4.3.5 Analisis Hasil Evaluasi Alat Penyaringan Pupuk Organik Bio Walet

Berdasarkan rangkaian pengujian, evaluasi ergonomi, dan penilaian kepuasan pengguna, *prototype* alat penyaringan pupuk Organik Bio Walet versi baru yang dirancang dengan sistem *pneumatic* menunjukkan peningkatan signifikan dibanding metode manual.

1. Analisis Perbandingan Waktu & Volume Hasil Penyaringan

Hasil pengujian *prototype* alat penyaringan pupuk Organik Bio Walet berbasis sistem pneumatik menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dibandingkan metode manual. Pada metode lama, pekerja menggunakan batu sebagai alat tekan dan hanya mampu menghasilkan rata-rata 5 liter pupuk cair dari 15 kg bahan dengan waktu proses sekitar 10 menit. Kondisi ini mengindikasikan efisiensi yang rendah karena banyak cairan masih tertinggal dalam ampas serta membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih besar. Sementara itu, penggunaan sistem pneumatik dengan variasi tekanan memperlihatkan tren peningkatan efisiensi baik dari segi volume hasil maupun kecepatan proses. Pada tekanan 2 bar, rata-rata volume hasil meningkat menjadi 7 liter dengan waktu 8,15 menit. Tekanan 4 bar menghasilkan rata-rata 8,5 liter dalam 7,45 menit, menunjukkan kemampuan pemisahan yang lebih baik. Tekanan 6 bar terbukti menjadi titik optimal, dengan rata-rata hasil penyaringan 9,5 liter dan waktu 6,30 menit, yang memadukan volume terbesar dengan waktu proses tercepat kedua. Namun, pada tekanan 8 bar, meskipun

waktu proses relatif cepat yaitu 6,30 menit, volume hasil menurun menjadi 7,5liter, yang diduga akibat tekanan berlebihan sehingga sebagian cairan hilang melalui percikan atau aliran yang kurang terkendali. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan tidak selalu berbanding lurus dengan hasil akhir, sehingga pemilihan tekanan optimal sangat penting untuk mencapai efisiensi maksimum tanpa pemborosan energi maupun kehilangan volume hasil. Dengan demikian, penerapan sistem pneumatik, khususnya pada tekanan 6 bar, terbukti mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi beban kerja fisik, serta memperpendek waktu penyaringan dibanding metode manual, sekaligus menghasilkan pupuk cair dengan volume lebih tinggi dan kualitas proses yang lebih baik.

2. Analisis Hasil Tingkat Kepuasan Pengguna

Berdasarkan hasil kuesioner tingkat kepuasan pengguna yang diberikan kepada satu pekerja setelah menggunakan alat penyaringan pupuk organik bio walet berbasis sistem *pneumatic* selama beberapa hari kerja, dapat dilihat bahwa mayoritas atribut mendapatkan nilai sangat tinggi. Pada aspek kesesuaian ukuran dengan postur tubuh, pengurangan keluhan otot, kenyamanan saat digunakan, desain menarik, dan ketahanan alat, responden memberikan nilai 5 atau kategori *Sangat Puas*. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan alat ini telah mempertimbangkan aspek ergonomi, estetika, dan durabilitas secara optimal. Kecepatan dan efisiensi penyaringan, kemudahan dibersihkan, serta keterjangkauan harga mendapat nilai 4 atau *Puas*. Nilai ini tetap tergolong tinggi, namun memberikan indikasi bahwa masih ada ruang untuk perbaikan, misalnya pada percepatan proses kerja di beberapa jenis bahan baku, penyempurnaan desain untuk mempermudah pembersihan komponen, atau penyesuaian biaya produksi agar lebih terjangkau tanpa mengorbankan kualitas. Secara keseluruhan, penilaian ini membuktikan bahwa alat pneumatik yang dirancang telah memenuhi sebagian besar ekspektasi pengguna dan memberikan pengalaman kerja yang jauh lebih baik dibandingkan metode manual sebelumnya.

3. Analisis Hasil Kuesioner *Nordic Body Map* (Alat *Pneumatic*)

Selanjutnya, hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) memperkuat temuan tersebut dari sisi kesehatan kerja. Setelah menggunakan alat, hampir seluruh bagian

tubuh pekerja dilaporkan dalam kondisi *tidak sakit*, khususnya pada bagian tangan, bahu, siku, dan pergelangan yang sebelumnya sering mengalami ketegangan akibat aktivitas menekan secara manual. Keluhan yang tersisa hanya berada pada punggung dan pinggang dengan tingkat “cukup sakit”, yang kemungkinan besar disebabkan oleh durasi berdiri yang cukup lama dan aktivitas mengawasi proses penyaringan, bukan akibat beban kerja fisik berat seperti sebelumnya. Hilangnya keluhan pada area tubuh bagian atas menjadi indikasi bahwa sistem *pneumatic* efektif mengurangi tekanan berulang pada otot-otot tangan dan bahu, sehingga risiko gangguan muskuloskeletal dapat ditekan. Dengan kondisi fisik yang lebih terjaga, pekerja dapat bekerja lebih lama tanpa cepat lelah, menjaga konsistensi hasil produksi, dan meminimalkan potensi cedera kerja.

Jika dilihat secara keseluruhan, kombinasi hasil kuesioner kepuasan pengguna dan NBM menunjukkan bahwa inovasi alat penyaringan *pneumatic* tidak hanya berhasil meningkatkan efisiensi dan kenyamanan kerja, tetapi juga memberikan dampak positif nyata terhadap kesehatan pekerja. Tingkat kepuasan tinggi pada berbagai aspek disertai penurunan keluhan fisik membuktikan bahwa rancangan ini layak diterapkan secara luas di lapangan. Meski demikian, beberapa poin seperti optimalisasi kecepatan, kemudahan pembersihan, dan penyesuaian harga masih dapat dikembangkan untuk mencapai kinerja yang lebih sempurna. Dengan demikian, alat ini telah memenuhi prinsip ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, Efisien) dan menjadi solusi ergonomis yang mendukung produktivitas jangka panjang.

4.3.6 Analisis Hasil Interpretasi pada Perhitungan Ekonomi

Hasil perhitungan Analisis ekonomi menunjukkan bahwa rancangan alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem pneumatik sederhana memiliki potensi ekonomi yang tinggi dan layak diterapkan dalam skala usaha kecil menengah.

1. Estimasi Biaya dan Manfaat (*Cost-Benefit Estimation*)

Investasi awal untuk pembuatan alat ini sebesar Rp1.820.000, meliputi pembelian komponen utama seperti rangka baja, tabung *stainless*, *pneumatic* silinder, hingga kompresor angin serta biaya fabrikasi. Dengan kapasitas produksi maksimal 1.049 jeriken per bulan (setara 5.244 liter), dan harga jual per jeriken

sebesar Rp 65.000, diperoleh pendapatan kotor bulanan sebesar Rp 68.185.000, dari hasil perhitungan 1.049 jeriken/bulan dikali harga jual/jeriken Rp 65.000. Setelah dikurangi biaya variabel sebesar Rp 15.735.000, maka diperoleh laba bersih sebesar Rp 52.450.000 per bulan.

Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan alat tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan dibandingkan metode manual (dari 800liter menjadi 5.244 liter per bulan, serta peningkatan kualitas hasil saringan yang lebih stabil dan konsisten.

2. Analisis *Break-Even Point* (BEP)

Berdasarkan hasil perhitungan analisis *Break-Even Point* (BEP), alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem pneumatik ini hanya membutuhkan penjualan sebanyak 38 jeriken pupuk cair untuk mencapai titik impas. Artinya, setelah 38 jeriken pertama terjual, seluruh biaya pembuatan alat sudah kembali, dan penjualan selanjutnya akan langsung menghasilkan keuntungan bersih sebesar Rp 50.000 per jeriken. Nilai ini tergolong sangat kecil sebagai syarat balik modal, yang menunjukkan bahwa alat ini cukup cepat untuk memberikan keuntungan. Dengan kata lain, penggunaan alat ini tidak hanya mempercepat proses produksi dan menghemat tenaga kerja, tetapi juga sangat menguntungkan secara ekonomi karena dalam waktu singkat modal sudah bisa kembali. Ini tentu menjadi nilai tambah yang besar bagi pelaku usaha kecil dan menengah yang ingin meningkatkan efisiensi kerja sekaligus memperbesar margin keuntungan.

3. Analisis *Payback Period* (PP)

Berdasarkan hasil perhitungan analisis *Payback Period* (PP) menunjukkan bahwa investasi awal sebesar Rp 1.920.000 untuk pembuatan alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem pneumatik dapat kembali hanya dalam waktu sekitar 2,88 bulan. Dengan asumsi penjualan sebesar 200 jeriken per bulan dan keuntungan bersih Rp 50.000 per jeriken, maka total penerimaan bersih per bulan mencapai Rp 8.000.000. Ini berarti dalam waktu kurang dari tiga bulan, pelaku usaha sudah bisa menutup seluruh biaya investasi awal. Periode pengembalian yang sangat singkat ini menandakan bahwa alat tersebut sangat efisien dari sisi finansial dan berpotensi memberikan keuntungan besar dalam waktu yang relatif cepat. Bagi usaha kecil

menengah, hal ini tentu menjadi keunggulan utama karena modal yang cepat kembali akan membuka peluang untuk memperluas produksi atau investasi lebih lanjut dalam waktu singkat.

4. Analisis *Net Present Value* (NPV)

Berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), diketahui bahwa proyek pembuatan alat penyaringan pupuk berbasis sistem pneumatik menghasilkan NPV sebesar Rp 361.995.532,99 dalam periode waktu 5 tahun. Nilai ini diperoleh dengan asumsi keuntungan bersih per bulan sebesar Rp 8.000.000 atau Rp 96.000.000 per tahun, dengan tingkat diskonto 10% per tahun dan investasi awal yang relatif kecil, yaitu hanya Rp 1.920.000. Karena nilai NPV yang dihasilkan sangat positif dan jauh lebih besar dari nilai investasi awal, maka dapat disimpulkan bahwa proyek ini sangat menguntungkan secara finansial. Artinya, setiap rupiah yang diinvestasikan akan memberikan nilai tambah yang signifikan di masa depan. Hal ini memperkuat bahwa alat penyaringan ini bukan hanya layak secara teknis, tetapi juga sangat layak secara ekonomis untuk dikembangkan lebih lanjut.

4.3.7 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, berikut adalah pembuktian hipotesa yang diajukan:

Hipotesa penelitian ini menyatakan bahwa rancangan alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem *pneumatic* dengan penerapan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) dapat meningkatkan kapasitas kerja sekaligus memperbaiki aspek kenyamanan dan kesehatan pengguna dibandingkan metode penyaringan manual. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat dari segi produktivitas, tingkat ergonomi, dan potensi manfaat ekonomi, serta mengidentifikasi faktor rancangan yang paling berpengaruh terhadap kenyamanan dan kesehatan operator.

Pembuktian hipotesa ini didasarkan pada temuan-temuan berikut:

1. Peningkatan Kapasitas Kerja

Hasil uji coba lapangan menunjukkan bahwa dalam satu hari kerja selama 5 jam (300 menit), alat ini mampu menyaring hingga 437 liter pupuk cair. Hal ini dihitung dari waktu penyaringan optimal pada tekanan 6 bar yaitu

6,5 menit per proses, sehingga dalam 300 menit dapat dilakukan 46 kali proses penyaringan, masing-masing menghasilkan 9,5 liter pupuk. Sebagai pembandingan, metode manual hanya mampu menghasilkan 200 liter per hari. Temuan ini membuktikan bagian pertama hipotesa bahwa penerapan sistem *pneumatic* secara signifikan meningkatkan kapasitas kerja dan efisiensi waktu.

2. Peningkatan Kenyamanan dan Kesehatan Pengguna

Melalui metode *Ergonomic Function Deployment*, rancangan alat mempertimbangkan faktor-faktor seperti postur kerja, beban angkat, tekanan kerja, dan kemudahan pengoperasian. Hasil pengukuran dengan kuesioner *Nordic Body Map* dan observasi langsung menunjukkan penurunan keluhan pada area punggung, bahu, dan tangan dibandingkan metode manual. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi desain berdasarkan prinsip ergonomi berhasil mengurangi risiko kelelahan dan potensi gangguan muskuloskeletal, sesuai bagian kedua dari hipotesa.

3. Manfaat Ekonomi dan Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk menguji keuntungan finansial dari penggunaan alat. Hasil perhitungan menunjukkan: *Break-Even Point* (BEP) tercapai pada penjualan 38 jeriken, *Payback Period* (PP) $\pm 2,88$ bulan, artinya modal kembali dalam waktu kurang dari 3 bulan, dan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 361.995.532,99 (positif) dalam umur ekonomis 5 tahun. Temuan ini mendukung bagian ketiga hipotesa bahwa penerapan alat *pneumatic* tidak hanya menguntungkan dari segi teknis dan ergonomi, tetapi juga dari sisi ekonomi.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian kinerja alat, evaluasi aspek ergonomi, dan analisis kelayakan ekonominya, hipotesa penelitian ini terbukti. Rancangan alat penyaringan pupuk cair berbasis sistem *pneumatic* dengan metode *Ergonomic Function Deployment* mampu memberikan peningkatan kapasitas kerja, mengurangi keluhan fisik operator, dan menghasilkan keuntungan ekonomi yang signifikan dibandingkan metode manual. Namun, implementasi alat ini memerlukan perhatian pada aspek perawatan sistem *pneumatic* agar kinerja tetap

optimal, serta pelatihan bagi operator untuk memastikan penggunaan sesuai prosedur. Jika tidak dilakukan, manfaat ergonomi dan efisiensi yang diperoleh dapat berkurang, bahkan berpotensi menimbulkan gangguan kerja. Oleh karena itu, keberlanjutan manfaat alat ini bergantung pada pemeliharaan teknis dan kepatuhan pada prosedur operasional standar yang telah dirancang.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan pada Bab IV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain Perancangan Usulan Alat Penyaringan berupa *Prototype*

Perancangan ulang alat penyaringan dilakukan dengan pendekatan ergonomi menggunakan metode EFD yang diawali dengan identifikasi keluhan pekerja melalui kuesioner *Nordic Body Map* (NBM). Hasil keluhan diterjemahkan menjadi kebutuhan ergonomi dan dirancang ke dalam *House of Ergonomics* (HoE). *Prototype* alat yang dihasilkan berupa sistem penyaringan berbasis *pneumatic* sederhana yang lebih ergonomis, mampu mengurangi beban fisik, memperbaiki postur kerja, serta mudah dioperasikan oleh pekerja.

2. Analisis *Prototype* Alat Penyaringan

Berdasarkan uji lapangan, alat penyaringan berbasis *pneumatic* dengan tekanan optimal 6 bar mampu menyaring 437 liter pupuk cair dalam 5 jam kerja efektif (300 menit). Perhitungan diperoleh dari total waktu kerja dibagi rata-rata waktu siklus penyaringan 6,5 menit, sehingga tercapai 46 siklus per hari. Dengan kapasitas per siklus 9,5 liter, maka total produksi harian mencapai 437 liter, atau meningkat lebih dari dua kali lipat dibanding metode manual (200 liter/hari).

3. Analisis Ekonomi Perancangan Alat Penyaringan

Berdasarkan analisis ekonomi, alat yang dirancang dinyatakan layak secara finansial. Hasil perhitungan menunjukkan *Break-Even Point* (BEP) tercapai pada penjualan 38 jeriken pupuk cair, *Payback Period* (PP) hanya $\pm 2,88$ bulan, serta *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 361.995.532,99 dengan nilai positif dalam periode 5 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa investasi pembuatan alat penyaringan *pneumatic* sederhana sangat menguntungkan dan efisien bagi UMKM Walet Langgeng Abadi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut, yaitu:

1. Pemeliharaan Rutin

Disarankan untuk melakukan pemeliharaan berkala agar kinerja alat tetap optimal, meliputi pembersihan saringan, pengecekan tekanan udara, serta pemeriksaan kebocoran pada sambungan komponen pneumatic.

2. Pelatihan Operator

Meskipun alat dirancang dengan sistem sederhana, tetap diperlukan pelatihan singkat bagi operator agar memahami prosedur pengoperasian, aspek keselamatan kerja, serta teknik perawatan yang benar.

3. Pengembangan Teknis Alat

Penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan teknis, misalnya dengan penggunaan silinder pneumatic berukuran lebih besar ($\pm 80 \times 400$ mm) untuk meningkatkan gaya tekan. Hal ini diharapkan dapat mempercepat proses penyaringan, menambah volume hasil, serta meningkatkan efisiensi waktu kerja.

4. Peningkatan Aspek Ergonomi

Tahap pengisian pupuk ke dalam tabung masih dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan beban fisik pada punggung, bahu, dan lengan. Oleh karena itu, perlu dirancang sistem bantu pengisian seperti hopper agar penggunaan alat semakin ergonomis, aman, dan nyaman.

5. Pertimbangan Aspek Ekonomi Lanjutan

Meskipun hasil analisis BEP, PP, dan NPV menunjukkan alat layak secara finansial, perlu dipertimbangkan kembali biaya tambahan apabila dilakukan modifikasi, khususnya terkait penggunaan silinder pneumatic dengan dimensi lebih besar yang berpengaruh pada konsumsi energi dan biaya perawatan.

6. Evaluasi Jangka Panjang

Diperlukan evaluasi performa alat secara berkala selama umur ekonomisnya

untuk memastikan konsistensi kinerja teknis, kenyamanan operator, serta keuntungan finansial sesuai dengan target perencanaan awal.

7. Evaluasi Jangka Panjang

Diperlukan pengukuran performa alat secara berkala selama umur ekonomisnya untuk memastikan bahwa kinerja teknis, kenyamanan, dan keuntungan finansial tetap konsisten sesuai perencanaan awal.



DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, Deni. 2013. Pengukuran Tingkat Resiko Ergonomi Secara Biomekanika Pada Pekerja Pengangkutan Semen (Studi Kasus: PT. Semen Baturaja). Laporan Kerja Praktek Fakultas Teknik Universitas Binadarma, Palembang.
- Anggraini, M. S., & Setiawan, H. (2022). Perancangan Troli Galon Berbasis Ergonomic Function Deployment (EFD). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 4(1), 20-28.
- Anshori Huda. (2020). Perancangan Mesin Potong Akrilik Yang Ergonomis Dan Ekonomis Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (EFD) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau, 96-103.
- Anwar, A., & Hudaningsih, N. (2024). Perancangan Alat Pengangkut Telur yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Ergonomi dan Value Engineering. *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri)*, 6(2).
- Astutik, R., 2015. *Perancangan Meja Kerja Khusus Recycle Sampah Elektronik Yang Ergonomis Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (Efd)*. Semarang: Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Dian Nuswantoro
- Bridger, R. 2003. *Introduction to Ergonomics*. New York: Taylor & Francis.
- Budiono, A., Jusuf, R., & Pusparini, A. (2003). *Hiperkes dan keselamatan kerja*. Semarang: Bunga Rampai.
- Chen, D., Zhu, M., Qiao, Y., Wang, J., & Zhang, X. 2023. An ergonomic design method of manned cabin driven by human operation performance. *Advanced Design Research* 1(1): 12–20
- Dermawan, R., Utomo, S. B., & Bernadhi, B. D. (2020). Usulan Rancangan Alat Penyaring Tahu Yang Ergonomis Dengan Metode Ergonomic Function Deployment (EFD) (Studi Kasus: IKM Tahu Pak Tasmin). *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*

- El Ahmady, F. R., Martini, S., & Kusnayat, A. (2020). Penerapan metode ergonomic function deployment dalam perancangan alat bantu untuk menurunkan balok kayu. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(1), 21-30.
- Ikhsan, M. (2020). *Perancangan Alat Bantu Memanen Karet Ergonomis Guna Mengurangi Resiko Musculoskeletal Disorder Menggunakan Metode RULA dan EFD* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau). Pekanbaru, 1 Desember).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2012) *Pedoman Pengendalian Faktor Risiko Ergonomi di Tempat Kerja*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kroemer, KHE, Kroemer, HB, dan Kroemer-Elbert, KE, (2001) “Ergonomi: Cara Mendesain untuk Kemudahan & Efisiensi”, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Mahawati, E. (2021) *Beban kerja dan dampaknya terhadap kesehatan kerja*. Medan: Repository UIN Sumatera Utara.
- Meyharti, Dkk, 2013. *Usulan Rancangan Baby Tafel Portable dengan Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment*. Bandung: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas).
- Mukti, R. N., Salsabilla, A., Muamar, A. S., Prima, E. C., & Hana, M. N. (2021). Biogas Effectiveness Test from Household Waste (Vegetable Waste) with Cow Dung Starter and EM4. *Indonesian Journal of Multidiciplinary Research*, 1(1), 73–78. <https://doi.org/10.17509/ijomr.v1i1.33779>
- Musnamar, E. I., 2003, *Pupuk Organik Padat: Pembuatan dan Aplikasinya*, Jakarta, Penebar Swadaya.
- Newnan, Donald G. 1990. *Engineering Economic Analysis*, Edisi 3, Binarupa Aksara.
- Nurmianto, E. (1991) *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Nursatya, Mugi. 2008. *Risiko MSDs pada Pekerja Catering di PT. Pusaka Nusantara Jakarta Tahun 2008*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.

- Pramestari, D. (2017). Analisis postur tubuh pekerja menggunakan metode ovako work posture analysis system (owas). *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(2), 22-29.
- Rachmadhani, S. S. (2024). *Perancangan Ulang Alat Pengering Ergonomis pada Kerupuk Koin Salis menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Razyid, N. M. (2021). Penerapan Metode Ergonomic Function Deployment Dalam Perancangan Alat Bantu Untuk Menurunkan Balok Kayu. (JISI) Jurnal Integrasi Sistem Industri, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom. 21-30.
- Rizqiyah, W., & Yuamita, F. (2022). Perancangan Produk Pemotong Adonan Kerupuk dengan Metode Ergonomi Function Deployment (EFD). *Jurnal Riset Teknik Industri (JRTI)*, 2(2), 91-98.
- Santoso, A., Anna, B. and Purbasari, A. (2014) 'Perancangan Ulang Kursi Antropometri Untuk Memenuhi Standar Pengukuran', *Profesiensi*, 2(2), pp. 81–91.
- Setyorini, D., 2005, Pupuk Organik Tingkatkan Produksi Tanaman. *Warta Penelitian dan Pengembanagn Pertanian*, 27, 13-15.
- Siswiyanti (2013) 'Perancangan Meja Kursi Ergonomis pada Pembatik Tulis di Kelurahan Kalinyamat Wetan Kota Tegal', *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 12(2), pp. 179–191.
- Situmorang, R. W. (2022). *Perancangan Alat Kerja pada Proses Pencetakan Tahu di UKM Awi Saguba* (Doctoral dissertation, Prodi Teknik Industri).
- Sokhibi, A. and Sugiharto, W. H. (2018) 'Perancangan Kursi Ergonomis Untuk Mengurangi Keluhan Pembatik Pada Ukm Batik Alfa Shoofa Kudus', pp. 21– 27.
- Stiyono, A., Sujana, I., & Prawatya, Y. E. (2022). Rancang Bangun Alat Pengepres Kaleng Bekas Dengan Menggunakan Metode Kansei Engineering Dan Metode Kano. *Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura*, 6(1).

- Sutalaksana, N. (1999). Analisis postur kerja pada drafter interior menggunakan metode Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(1), 97–101.
- Tarwaka., 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Produktivitas*. Surakarta: hal 17, 24
- Tarwaka., Solichul H.A., dan L. S. B. (2010) *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: Uniba Pres, Universitas Islam Batik.
- Teza, M., 2013. *Perancangan Ulang Alat Pembuat Gerabah Yang Ergonomis, Fakultas Sains Dan Teknologi*. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Wahyu., 2012. *Desain Sistem Penentuan Kualitas Pelayanan Kesehatan Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) Sebagai Upaya meningkatkan Customer Satisfaction di Rumah Sakit Banyumanik*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Wahyudien, M. A. N., Masniar, M., & Hahury, S. (2023). Rancang Bangun Prototype Alat Pembersih Runway Pada Bandar Udara Ds Dengan Model Kano Dan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 34-47.
- Walpole, R. E. et al. (2011) *Probability And Statistics For Engineers And Scientists*. 9th edn. Boston: Prentice Hall.
- Wignjosoebroto, S. (1995) *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Jakarta: Guna Widya.
- Wignjosoebroto, S. (2003). *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.
- Wiranata, E., 2011. Redesain Kursi Kuliah Ergonomis Dengan Pendekatan Anthropometri. Jurusan Teknik Industri, FT Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Zulkifli., 2009. *Validitas dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian*. Medan: Pps Unimed Vol.6