

**PERANCANGAN MESIN *DOUGH DIVIDER* DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI DAN
EKONOMI DI UMKM “KISAH ROTI” MAGELANG**

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 :

ULVA ANANDYA

NIM 31602200131

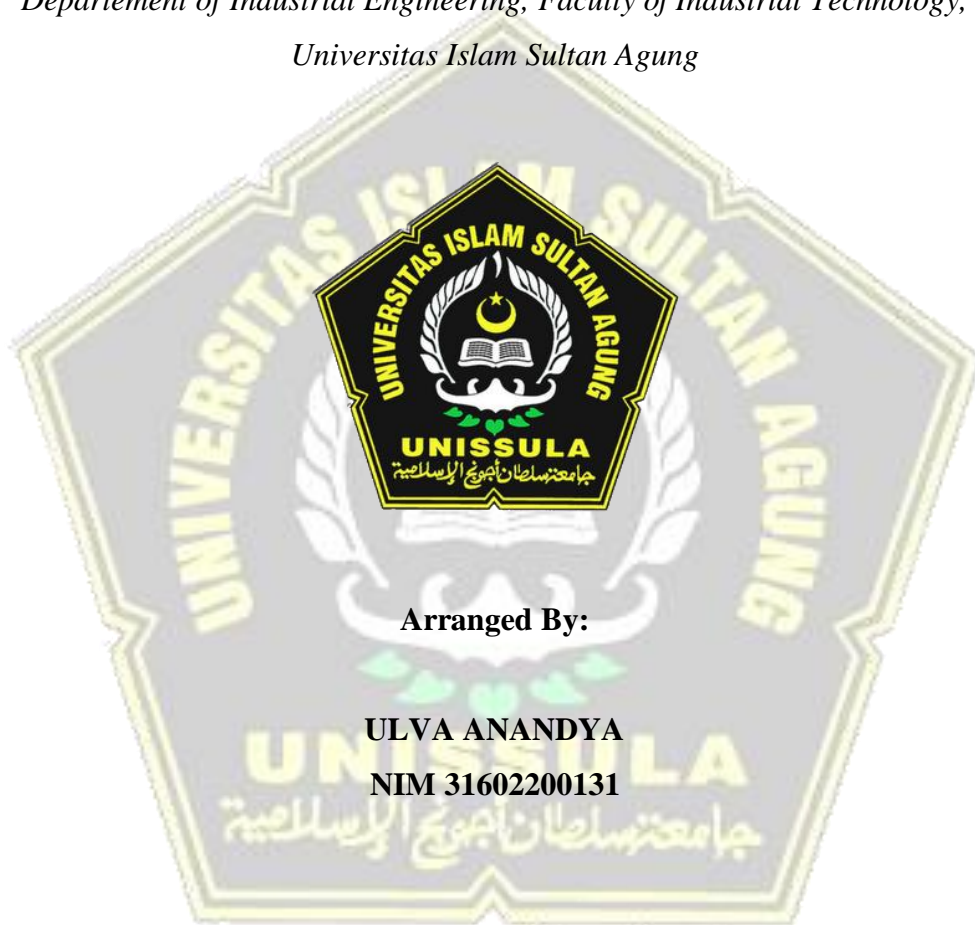
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

FEBRUARI 2025

FINAL PROJECT

DESIGN OF DOUGH DIVIDER MACHINE BY CONSIDERING ERGONOMICS AND ECONOMICS ASPECTS AT UMKM “KISAH ROTI” MAGELANG

*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*



Arranged By:

**ULVA ANANDYA
NIM 31602200131**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
FEBRUARI 2025**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN MESIN *DOUGH DIVIDER* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI DAN EKONOMI DI UMKM “KISAH ROTI” MAGELANG” ini disusun oleh :

Nama : Ulva Anandya

NIM : 31602200131

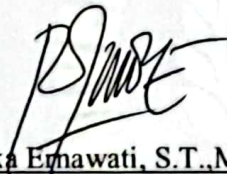
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Senin

Tanggal : 17 Februari 2025

Pembimbing I



Rieska Ernawati, S.T.,M.T.
NIK. 210221096

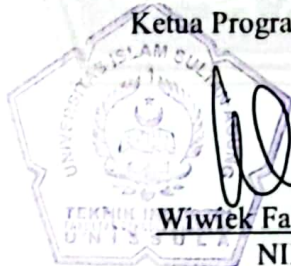
Pembimbing II



Dana Prianjani, S.T.,M.T.
NIK. 210621056

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng.
NIK. 210600021

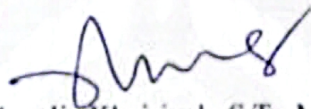
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**PERANCANGAN MESIN *DOUGH DIVIDER* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI DAN EKONOMI DI UMKM "KISAH ROTI" MAGELANG**" ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Senin

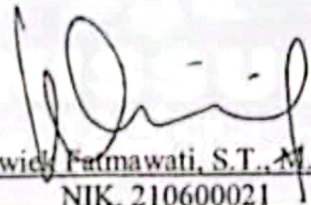
Tanggal : 17 Februari 2025

Tim Penguji



Nuzulia Khoiriyah, S.T., M.T
NIK. 210603029

Ketua Penguji



Wiwidi Fatmawati, S.T., M.Eng.
NIK. 210600021

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulva Anandya
NIM : 31602200131
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN MESIN *DOUGH DIVIDER*
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK
ERGONOMI DAN EKONOMI DI UMKM
"KISAH ROTI" MAGELANG

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, Februari 2024

Yang Menyatakan



Ulva Anandya

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulva Anandya

NIM : 31602200131

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul :
**PERANCANGAN MESIN *DOUGH DIVIDER* DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI DAN EKONOMI DI
UMKM “KISAH ROTI” MAGELANG**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, 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, Februari 2024

Yang Menyatakan



Ulva Anandya

PERSEMBAHAN

Dengan ucapan penuh terima kasih dan dengan penuh raya yakin, penelitian tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, Pencipta Langit dan Bumi, serta Tuhan Penuh Kasih dan Sayang. Sehingga laporan tugas akhir ini dapat diberikan kelancaran hingga selesai.
2. Kedua Orang Tua Tercinta. Ayah Muhtar Aziz dan Ibu pemilik surgaku Nurhidayati (alm.), serta 2 saudaraku yang berbahagia.
3. Kepada Ibu Rieska Ernawati, ST.,MT., selaku dosen wali yang sangat baik serta mendengarkan keluh kesah anak-anaknya dan selaku pembimbing 1 yang membimbing serta meluangkan waktunya dalam penyelesaian laporan ini.
4. Kepada Ibu Dana Prianjani, S. T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang mendukung penuh baik dalam kegiatan proses belajar mengajar, membimbing dan meluangkan waktunya dalam penyelesaian laporan ini.
5. Kepada diriku sendiri. Terimakasih telah kuat dan bertahan hingga detik ini.
6. Seluruh kerabat FTI angkatan 2022/2023 yang selalu memotivasi dan menyemangatiku.

Sebagai penutup, penulis menyadari tidak ada yang lebih sempurna dari Allah SWT. Masih banyaknya kekurangan dan memohon maaf, serta mohon kritik dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Dengan selesainya tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi manfaat bagi banyak orang.

Semarang, Februari 2024

Penulis

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S. Al-Insyirah, ayat ke-6)



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya-lah saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Perancangan Mesin *Dough divider* Dengan Mempertimbangkan Aspek Ergonomi Dan Ekonomi Di UMKM “Kisah Roti” Magelang" sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Sultan Agung (UNISSULA). Laporan ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, masukan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan di Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung.
2. Ibu Rieska Ernawati, S.T., M.T. dan Ibu Dana Prianjani, S.T., M. T. Sebagai dosen pembimbing saya yang telah memberikan ilmu dan waktunya dalam menyelesaikan laporan ini.
3. Orang Tua tercinta yang telah mendoakan, memberikan dukungan dan memotivasi dalam menyelesaikan laporan ini serta semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

Semarang, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (BAHASA INDONESIA)	i
HALAMAN JUDUL (BAHASA INGGRIS).....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	17

2.2.1	Desain.....	17
2.2.2	Desain 3D Modelling	17
2.2.3	Autocad.....	18
2.2.4	<i>Axiomatic Design</i>	19
2.2.5	Manfaat <i>Axiomatic Design</i>	23
2.2.6	Proses <i>Axiomatic Design</i>	24
2.2.7	Produk	25
2.2.8	Perancangan Produk.....	25
2.2.9	<i>Bill Of Material</i>	27
2.2.10	Ergonomi	28
2.2.11	Tujuan Ergonomi	28
2.2.12	NBM (<i>Nordic Body Map</i>).....	29
2.2.13	Postur Kerja	29
2.2.14	Antropometri.....	30
2.2.15	Dimensi Antropometri.....	32
2.2.16	Persentil	35
2.2.17	Fatigue atau Kelelahan	36
2.2.18	NPV (Net Present Value)	37
2.2.19	IRR (Incremental rate of Return).....	38
2.2.20	Depresiasi	39
2.2.21	PP (Payback Period).....	39
2.2.22	Mesin <i>Dough divider</i>	39
2.2.23	Pemilihan Material atau Bahan.....	40
2.2.24	<i>Stainless steel</i>	41
2.2.25	Besi Hollow Galvanis.....	42

2.3	Hipotesa dan Kerangka Teoritis	43
2.3.1	Hipotesa.....	43
2.3.2	Kerangka Teoritis.....	44
BAB III METODE PENELITIAN		45
3.1	Objek Penelitian	45
3.2	Pengumpulan Data	45
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	46
3.4	Pengujian Hipotesa.....	46
3.5	Metode Analisis.....	46
3.6	Pembahasan.....	47
3.7	Penarikan Kesimpulan	48
3.8	Diagram Alir	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Pengumpulan Data	50
4.1.1	Profil Perusahaan	50
4.1.2	Lokasi Perusahaan.....	50
4.1.3	Proses Produksi Roti	51
4.1.4	Proses Pembagian Adonan Roti.....	51
4.2	Pengolahan Data.....	52
4.2.1	Data Hasil Rekapitulasi NBM (<i>Nordic Body Map</i>)	54
4.2.2	Pengolahan Data Metode <i>Axiomatic Design</i>	56
4.2.3	Pengolahan Data Antropometri	63
4.2.4	Perancangan Design Mesin <i>Dough divider</i>	68
4.2.5	Uji Coba dan Pengukuran Alat Bantu	76
4.2.6	Perhitungan Kelayakan Investasi.....	79

4.3	Analisa dan Interpretasi	83
4.3.1	Analisa <i>Axiomatic Design</i>	83
4.3.2	Analisa Antropometri	84
4.3.3	Anasila Kapasitas Mesin	85
4.3.4	Analisa Adonan Roti Hasil Olahan Dengan <i>Dough divider</i>	86
4.3.5	Analisa Biaya Mesin.....	86
4.3.6	Analisa Keseluruhan	87
4.4	Pembuktian Hipotesa.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA.....		91
LAMPIRAN		95



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Produksi UMKM	2
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	11
Tabel 2.2 Perhitungan Persentil.....	36
Tabel 4.1 Data UMKM dan Produksi	52
Tabel 4.2 Hasil Rekapitulasi Data Wawancara	54
Tabel 4.3 Skor Tingkat Resiko	55
Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi NBM.....	55
Tabel 4.5 Data Customer Attribute (CA).....	56
Tabel 4.6 Pemetaan FRs dan DPs.....	58
Tabel 4.7 Spesifikasi Komponen Alat Bantu Kerja.....	62
Tabel 4.8 Konversi Antropometri Menjadi Design Produk.....	63
Tabel 4.9 Ukuran Tubuh Pekerja.....	64
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Antropometri	66
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Antropometri	68
Tabel 4.12 Spesifikasi Fungsi Bagian Mesin	74
Tabel 4.13 Hasil Uji Coba Mesin <i>Dough divider</i>	76
Tabel 4.14 Hasil Rekapitulasi NBM Dengan Alat Bantu Kerja.....	78
Tabel 4.15 <i>Bill Of Materials</i>	79
Tabel 4.16 Penjualan Roti	81
Tabel 4.17 Parameter Perhitungan Biaya.....	82
Tabel 4.18 Perhitungan Harga Pokok Produksi	82
Tabel 4.19 Perhitungan Profit.....	82
Tabel 4.19 Perbandingan Mesin Yang Dirancang Dengan Mesin Terdahulu.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 UMKM “Kisah Roti” Magelang	2
Gambar 1.2 Meja Kerja Proses Penimbangan Adonan Roti	4
Gambar 2.1 Konsep Prof. Suh Tentang <i>Axiomatic Design</i>	20
Gambar 2.2 Contoh Hirarki FRs dan DPs <i>Axiomatic Design</i>	21
Gambar 2.3 Antropometri Untuk Perancangan Produksi atau Fasilitas	33
Gambar 2.4 Pedoman Pengukuran Jari Tangan	35
Gambar 2.5 Kerangka Teoritis	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 4.1 Profil Perusahaan	50
Gambar 4.2 Hirarki FRs dan DPs	61
Gambar 4.3 Rancangan Design Mesin <i>Dough divider</i>	62
Gambar 4.4 <i>Bill Of Material</i>	69
Gambar 4.5 Usulan Rancangan Meja Mesin <i>Dough divider</i>	69
Gambar 4.6 Usulan Rancangan Tuas Mesin <i>Dough divider</i>	69
Gambar 4.7 Usulan Rancangan Wadah dan Pemotong Mesin <i>Dough divider</i>	70
Gambar 4.8 Rancangan Mesin <i>Dough divider</i> Berdasarkan Antropometri	70
Gambar 4.9 Alat Bantu Mesin <i>Dough divider</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Kuisisioner *Nordic Body Map*

Lampiran 2. Lembar Kuisisioner *Nordic Body Map* Dengan Alat Bantu Kerja

Lampiran 3. Dokumentasi Uji Coba Mesin *Dough divider*

Lampiran 4. Lembar Revisi Seminar Proposa

Lampiran 5. Lembar Revisi Seminar Kemajuan

Lampiran 6. Lembar Revisi Sidang Tugas Akhir

Lampiran 7. Surat Keterangan Penelitian

Lampiran 8. Hasil *Turn it in*



ABSTRAK

UMKM “Kisah Roti” bergerak dibidang produksi roti seperti roti isi, pizza, roti tawan dan lain sebagainya yang berlokasi di Magelang. Permasalahan yang terjadi yaitu UMKM mengalami peningkatan kapasitas produksi yang menyebabkan waktu proses produksi dapat mencapai 13 jam/ hari, dampak dari lamanya proses produksi menimbulkan kelelahan pada pekerja saat membagi adonan roti secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin *Dough divider* dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dan ekonomi guna meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi kelelahan pekerja. Metode yang digunakan dalam perancangan adalah *Axiomatic Design* dengan NBM dan antropometri, serta evaluasi kelayakan investasi menggunakan metode Payback Period (PP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin yang dirancang memiliki ukuran ergonomis, ringan, mudah dipindahkan, serta tidak membutuhkan daya listrik, sehingga lebih hemat biaya dengan ukuran keseluruhan mesin yaitu 40x40x120 cm. Mesin ini mampu menghasilkan potongan adonan dengan rata-rata berat 50,02 gram dengan 16 potongan adonan roti dalam sekali proses. Dari aspek ekonomi, perhitungan investasi menunjukkan tingkat pengembalian modal dalam waktu 1 bulan 4 hari, sehingga layak untuk diterapkan di industri skala UMKM. Kesimpulannya, perancangan mesin *Dough divider* ini dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi beban kerja fisik, serta memberikan solusi ergonomis dan ekonomis bagi UMKM “Kisah Roti” Magelang.

Kata Kunci : *Dough divider*, Ergonomi, Ekonomi, UMKM, *Axiomatic Design*

ABSTRACT

The UMKM “Kisah Roti” operates in the bread production sector, producing filled bread, pizza, plain bread, and other varieties, located in Magelang. The problem encountered is that the UMKM is experiencing an increase in production capacity, causing the production process to take up to 13 hours per day. The long production process leads to worker fatigue when manually dividing the dough. This study aims to design a Dough divider machine by considering ergonomic and economic aspects to improve production efficiency and reduce worker fatigue. The design method used is Axiomatic Design with NBM and anthropometry, along with an investment feasibility evaluation using the Payback Period (PP) method. The research results show that the designed machine has an ergonomic size, is lightweight, easy to move, and does not require electricity, making it more cost-effective. The overall dimensions of the machine are 40x40x120 cm. This machine can produce dough portions with an average weight of 50.02 grams, with 16 dough pieces per processing cycle. From an economic perspective, the investment calculation indicates a return on investment within 1 month and 4 days, making it feasible for implementation in small and medium-sized industries (UMKM). In conclusion, the design of this Dough divider machine can enhance production efficiency, reduce physical workload, and provide both ergonomic and economic solutions for UMKM “Kisah Roti” in Magelang.

Keywords : *Dough divider, Ergonomics, Economy, UMKM, Axiomatic Design*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

UMKM, atau Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah, berperan sebagai pilar utama dalam sektor ekonomi masyarakat di Indonesia, yang merupakan negara berkembang. Keberadaan UMKM bertujuan untuk meningkatkan kemandirian ekonomi masyarakat, terutama dalam upaya pemerataan kesejahteraan. Dengan tersebar di berbagai wilayah, UMKM membantu meningkatkan taraf ekonomi masyarakat pedesaan. Selain itu, UMKM juga berkontribusi dalam mengurangi tingkat kemiskinan yang masih menjadi tantangan bagi Indonesia. Sebagai negara berkembang, Indonesia menghadapi berbagai hambatan dalam meningkatkan kualitas pembangunan ekonomi. Oleh karena itu, UMKM menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan kemiskinan dengan menciptakan lapangan pekerjaan yang luas (Rosyda, 2024).

Salah satunya UMKM “Kisah Roti” merupakan UMKM yang bergerak dibidang produksi roti berlokasi di Jl. Raya Secang-Magelang kota Magelang. UMKM ini memproduksi berbagai macam varian roti mulai dari roti tawar, roti isi, pizza, kue ulang tahun dan lain sebagainya yang dipasarkan ke seluruh wilayah kota Magelang yang sudah berkembang sejak tahun 2016 . Dapat dilihat pada Gambar 1.1 merupakan toko dari UMKM Kisah Roti tampak depan dan suasana toko Kisah Roti tampak dalam. Disini para konsumen dapat memilih roti secara bebas dan dapat menikmati roti tersebut juga didalam toko dengan jam operasional hari Senin hingga Sabtu pukul 09:00 – 20:00 WIB.



Gambar 1.1. UMKM “Kisah Roti” Magelang

Setiap harinya UMKM ini membuat adonan roti sebanyak 7 hingga 8 kilogram dengan waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan roti dari bahan mentah hingga jadi berkisar 8 jam per harinya pada hari Senin hingga Sabtu. Namun biasanya pada awal tahun, akhir tahun dan khususnya menjelang hari raya besar seperti lebaran, permintaan konsumen meningkat sehingga untuk memenuhi permintaan tersebut proses pembuatan roti membutuhkan waktu lebih lama yaitu mulai dari 8 jam hingga 13 jam per harinya yang dapat dilihat pada Tabel 1.1. merupakan data produksi di UMKM Kisah Roti dari bulan Maret hingga November pada tahun 2024. UMKM ini memiliki 4 orang pegawai dengan kemampuan yang sama disemua bagian produksi dengan 24 hari kerja dalam sebulan.

Tabel 1.1. Data Produksi UMKM

Bulan	Jumlah Pesanan (pcs)
Februari 2024	2400
Maret 2024	3600
April 2024	4800
Mei 2024	2800
Juni 2024	3120
Juli 2024	2400
Agustus 2024	3000
September 2024	4080
Oktober 2024	2160
November 2024	3360

Dalam proses produksinya pembuatan roti dimulai dari pengambilan adonan roti yang sudah dimixing dengan mesin pengaduk adonan (*planetary mixer* dan *spiral mixer*). Kemudian dilakukan penimbangan atau pembagian adonan roti dengan berat masing-masing 50 gram, setelah itu proses pembentukan dan pengisian varian roti yang akan dibuat. Barulah dapat dilakukan pemanggangan sekitar 45 menit, setelah roti matang dan suhunya normal dilakukan pengemasan. Dalam proses produksi roti tersebut, terdapat proses yang masih dilakukan secara manual yaitu pada proses pembagian adonan roti (penimbangan) dan proses pembentukan serta pengisian varian roti cenderung memakan waktu yang cukup lama dan tentunya membutuhkan tenaga yang banyak pula. Pada proses pembentukan dan pengisian varian roti membutuhkan kemampuan khusus dan keahlian tangan manusia, sedangkan pada proses pembagian (penimbangan) adonan roti sebaliknya, namun kedua proses tersebut sangat penting dalam proses produksi.

Pada proses pembagian adonan roti, adonan roti dibagi dengan dilakukan penimbangan satu persatu seberat 50 gram menggunakan timbangan digital untuk 7 hingga 8 kg adonan roti yang membutuhkan waktu 3 jam yang dilakukan oleh 1 orang secara bergantian dengan 3 orang yang lain. Pada gambar 1.2 merupakan proses pada saat pegawai melakukan pembagian adonan roti, posisi kerja pegawai tidak sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi yaitu saat tangan mengambil adonan roti karena gerakan tangan menjangkau yang menyebabkan tubuh sedikit condong ke kanan, gerakan tangan meletakkan adonan roti yang menyebabkan tubuh condong ke kiri dan gerakan leher menghadap kanan serta kiri mengikuti pergerakan tangan yang dilakukan selama 3 jam. Gerakan dari kegiatan tersebut yang dilakukan secara berulang-ulang, maka timbul keluhan yang dirasakan oleh para pegawai yang dapat seperti nyeri punggung, nyeri pinggang, pegal leher dan nyeri pada tangan.



Gambar 1.2. Meja Kerja Proses Penimbangan Adonan Roti

Proses produksi pada saat pembagian adonan roti yang masih dilakukan secara manual dan pada saat permintaan pesanan meningkat yang mengakibatkan pekerja mengalami kelelahan karena proses produksi yang panjang atau terlalu lama. Oleh karena itu, diperlukannya tambahan alat bantu kerja untuk mempercepat proses produksi, meningkatkan kapasitas produksi sehingga kelelahan pekerja pun dapat berkurang. Dengan adanya penambahan alat bantu kerja yang dirancang, maka perlu mengetahui pula analisis biaya yang timbul dari alat bantu kerja karena diharapkan alat bantu kerja dapat memberikan keuntungan bagi UMKM tersebut dari segi ekonomi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada UMKM “Kisah Roti” yaitu :

1. Bagaimana identifikasi keluhan pada tubuh pekerja akibat meningkatnya kapasitas produksi?
2. Bagaimana membuat sebuah alat bantu kerja yang ergonomis?
3. Bagaimana perhitungan kelayakan alat bantu kerja secara ekonomi?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar kajian ini lebih terarah dan komprehensif, batasan masalah dalam kajian ini dibatasi. Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di UMKM “Kisah Roti” Kota Magelang.
2. Data dikumpulkan dari operator dan karyawan bulan Februari-Desember 2024.
3. Data ergonomi diperoleh dari wawancara dan observasi diperusahaan.
4. Kondisi pekerja dianggap dalam keadaan sehat saat dilakukan penelitian.
5. Kondisi lingkungan dianggap tidak berpengaruh terhadap aktivitas pekerja.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir sebagai karya ilmiah yaitu :

1. Mengidentifikasi keluhan tubuh pekerja akibat peningkatan kapasitas produksi, sehingga dapat diketahui jenis keluhan yang sering terjadi dan area tubuh yang paling terdampak.
2. Menghasilkan alat bantu kerja yang ergonomis untuk meningkatkan kapasitas produksi.
3. Mengetahui layak atau tidaknya investasi alat bantu kerja yang dirancang dan juga untuk mengetahui tingkat pengembalian modal dari investasi perancangan mesin yang dirancang.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat dalam pendidikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi kelelahan pekerja pada bagian pembagian adonan roti.
2. Meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko cedera pada anggota tubuh.
3. Mendapatkan rancangan alat bantu kerja yang memperhatikan aspek ergonomi.
4. Mendapatkan analisa investasi alat bantu kerja yang dirancang.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Penyusunan tugas akhir ini menggunakan sistematika yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini memuat tinjauan pustaka yang mencakup teori-teori yang relevan dengan penelitian tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian, serta tahapan penelitian yang disusun secara sistematis untuk menyelesaikan permasalahan yang dikaji. Tahapan-tahapan tersebut digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan proses perancangan mesin pembagi adonan roti, yang diharapkan dapat mengurangi kelelahan dan mempercepat produksi. Hasil penelitian berupa rancangan mesin yang menerapkan prinsip ergonomi.

BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, disertai dengan saran atau rekomendasi bagi perusahaan sebagai acuan dalam meningkatkan efisiensi produksi roti dan mengurangi kelelahan operator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka ini berisi tentang tinjauan penelitian dari peneliti yang sudah ada sebelumnya, terdapat beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nubli, 2020) mengungkapkan bahwa proses pengerjaan dilakukan tanpa alat bantu, sehingga membutuhkan lebih banyak tenaga fisik. Akibatnya, kotoran dari kulit bawang merah tidak tertata dengan baik dan tidak sepenuhnya bersih karena tidak ada wadah khusus untuk menampung limbah. Kondisi ini menyebabkan pekerjaan menjadi kurang ergonomis bagi pekerja. Melalui metode *Axiomatic Design*, alat pengemasan kulit bawang dikembangkan dan terbukti efektif dalam mengurangi kelelahan fisik pekerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhan, 2020) menemukan bahwa proses penekukan plat besi di perusahaan ini menggunakan gerinda tangan, yang umumnya digunakan untuk memotong atau mengamplas besi. Namun, di perusahaan ini, gerinda tangan juga dimanfaatkan untuk menekuk plat besi, yang dinilai tidak efektif dan efisien. Dengan penerapan metode *Axiomatic Design* dan AHOQ, sebelumnya proses penekukan dilakukan secara manual dengan menggambar pola garis menggunakan gerinda tangan, lalu menekuk plat dalam posisi berjongkok. Cara ini memakan waktu 10-15 menit dan menyebabkan kelelahan otot pekerja. Oleh karena itu, alat penekuk plat yang lebih ergonomis dirancang untuk meningkatkan efisiensi kerja, sehingga proses penekukan dapat dilakukan dalam 1 menit dengan posisi berdiri, mengurangi beban kerja dan meningkatkan kenyamanan pekerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fauzi & Al Huda, 2021) mengidentifikasi bahwa produktivitas pengeboran menggunakan satu spindel masih belum mencapai target yang diharapkan. Berdasarkan metode Karl T. Ulrich & Steven

D. Eppinger, konsep yang telah dipilih diuji dan dirancang secara detail. Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimen selama tiga minggu dalam proses pengeboran. Hasilnya menunjukkan bahwa mesin yang dikembangkan memiliki kapasitas produksi hingga 5.760 unit dalam satu shift kerja selama 8 jam.

Penelitian yang dilakukan oleh (Muhammad et al., 2020) menemukan beberapa postur kerja yang kurang ergonomis dalam proses perakitan mesin Stirling, seperti saat memposisikan part base, menyangga Outrigger Bearing Pedestal, dan mengangkat mesin. Dengan menerapkan metode *Axiomatic Design* dan TRIZ, desain dirancang menggunakan matriks kontradiksi TRIZ, yang menyediakan solusi standar untuk mengatasi kontradiksi fisik. Jika terjadi kontradiksi fisik, matriks ini membantu mengidentifikasi parameter yang relevan untuk menemukan solusi yang lebih ergonomis.

Penelitian yang dilakukan oleh Zaenuri et al., (2022) mengidentifikasi permasalahan terkait aspek manusia berdasarkan wawancara dan observasi. Dari enam pekerja yang terlibat, 66,67% mengalami nyeri di bagian pinggang, 83,33% merasakan pegal di bahu, dan 83,33% mengalami ketegangan di tangan. Keluhan tersebut diduga disebabkan oleh penggunaan alat press yang kurang ergonomis. Setelah dilakukan redesign menggunakan metode RULA, skor postur kerja menurun secara signifikan dari skor awal 7 (memerlukan tindakan segera) menjadi skor 2 (aman). Selain itu, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menekan parutan ketela berkurang dari 13,5 menit menjadi 10,5 menit, dengan peningkatan kapasitas produksi dari 8 kg menjadi 15 kg. Dari aspek kelayakan investasi, proyek ini mencapai titik impas (BEP) pada 38 kg pokel, memiliki NPV sebesar 18% (lebih tinggi dari tingkat diskonto 12%, menunjukkan kelayakan proyek), IRR sebesar 27,725% (lebih besar dari tingkat pengembalian 12%, sehingga proyek layak dilanjutkan), serta Payback Period (PP) selama 2,9 tahun.

Penelitian yang dilakukan oleh (Bagasghani, 2022) mengungkapkan bahwa limbah multiplex dan blockboard, berupa potongan dan serpihan kayu, selama ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau dibakar tanpa pemanfaatan

lebih lanjut. Mesin penghancur limbah multiplex dan blockboard yang dikembangkan memiliki keunggulan dibandingkan mesin crusher kayu sebelumnya, menghasilkan serbuk lebih halus sesuai kriteria bahan baku MDF ($0,43 \text{ g/m}^3$), serta menjadi solusi pengelolaan limbah yang lebih efektif.

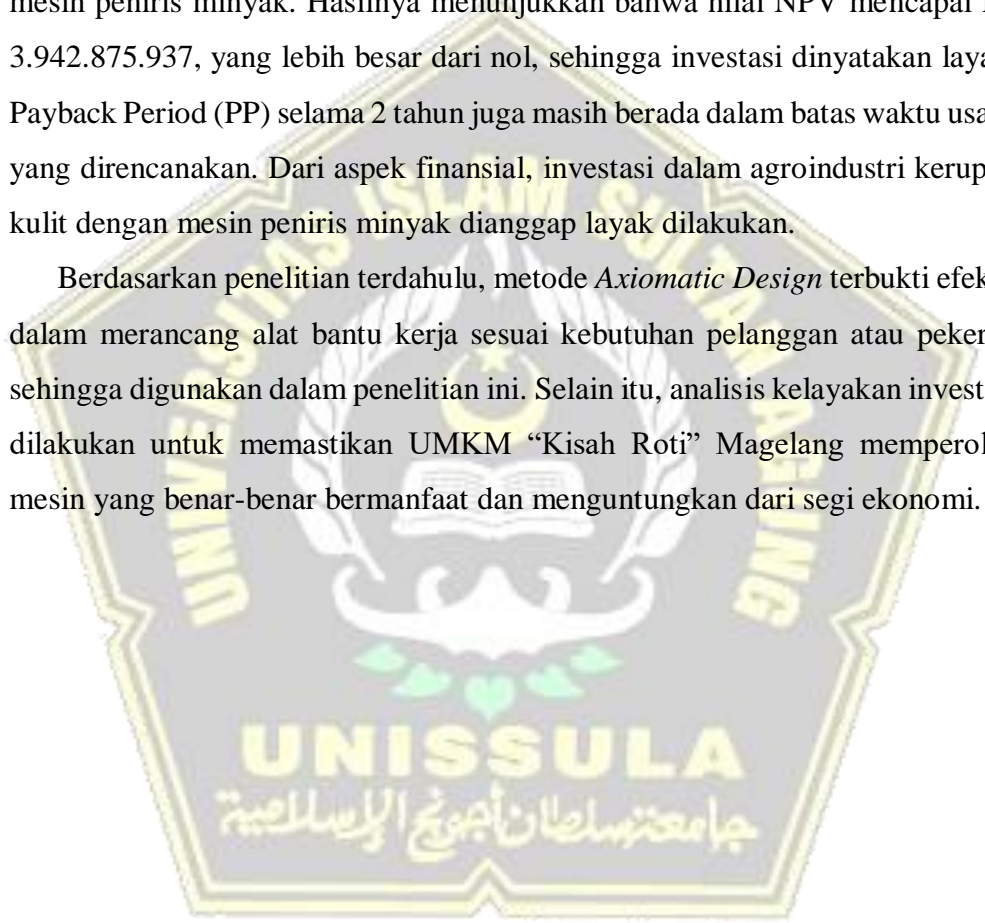
Penelitian yang dilakukan oleh Bahri & Wati (2024) menunjukkan bahwa UMKM mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan konsumen dalam waktu singkat. Biasanya, produksi adonan dilakukan sebanyak 10 kg per sesi, tetapi sering kali hanya 6-8 kg yang berhasil dicetak, sementara sisanya disimpan di freezer untuk dicetak kembali pada produksi berikutnya, yang dapat menurunkan kualitas adonan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan tenaga kerja. Dengan adanya mesin cetak adonan, dilakukan analisis kelayakan investasi untuk memastikan apakah alat ini menguntungkan. Berdasarkan perhitungan Internal Rate of Return (IRR), diperoleh nilai 43,45%, lebih tinggi dibandingkan MARR sebesar 11,75%, sehingga investasi dinyatakan layak. Payback Period (PP) dihitung selama 8,36 bulan atau 251 hari, yang lebih pendek dari umur ekonomis mesin, yaitu 5 tahun, sehingga investasi dianggap menguntungkan. Profitability Index (PI) sebesar 1,43 menunjukkan bahwa investasi pembelian mesin cetak adonan layak dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Mohammad Dzaky Arraffii, Abid Nurkhoirudin (2023) menemukan bahwa kapasitas peralatan penggilingan kopi masih terbatas, hanya 25 kg/jam, karena masih menggunakan grinder tunggal tipe diskmill. Grinder ini hanya dapat menggiling satu jenis kopi dalam satu proses, sehingga perlu mengganti saringan untuk menghasilkan ukuran gilingan yang berbeda. Dengan penerapan mesin grinder kopi baru, diharapkan kapasitas produksi, efisiensi operasional, dan kualitas produk dapat meningkat sehingga mampu memenuhi permintaan pasar dan bersaing di industri kopi. Hasil analisis menggunakan metode Net Present Value (NPV) menunjukkan nilai Rp 66.595.806, yang berarti investasi layak dilakukan karena NPV positif. Dengan metode Internal Rate of Return (IRR), diperoleh nilai 61%, lebih besar dari Minimum Attractive Rate of Return (MARR) sebesar 9,34%, yang menunjukkan bahwa investasi menguntungkan. Payback Period (PP)

menunjukkan bahwa modal investasi dapat kembali dalam waktu 41 hari kerja atau sekitar 2 bulan, sehingga investasi dianggap layak.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat et al., (2021) menemukan bahwa produksi kerupuk kulit di Lombok Timur belum mendapatkan dukungan dari pemerintah. Mesin peniris minyak diperlukan untuk mengurangi kadar minyak pada kerupuk, mencegah ketengikan akibat pengemasan dan penyimpanan yang tidak tepat. Analisis usaha dilakukan dengan mempertimbangkan penggunaan mesin peniris minyak. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai NPV mencapai Rp 3.942.875.937, yang lebih besar dari nol, sehingga investasi dinyatakan layak. Payback Period (PP) selama 2 tahun juga masih berada dalam batas waktu usaha yang direncanakan. Dari aspek finansial, investasi dalam agroindustri kerupuk kulit dengan mesin peniris minyak dianggap layak dilakukan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, metode *Axiomatic Design* terbukti efektif dalam merancang alat bantu kerja sesuai kebutuhan pelanggan atau pekerja, sehingga digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, analisis kelayakan investasi dilakukan untuk memastikan UMKM “Kisah Roti” Magelang memperoleh mesin yang benar-benar bermanfaat dan menguntungkan dari segi ekonomi.



Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka

No	Peneliti	Sumber	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
1	(Nubli, 2020)	Unissula Institutional Repository	Perancangan Desain Produk Alat Bantu Pemisah Kulit Bawang Merah Dan Pengemasan Bawang Merah Menggunakan Metode <i>Axiomatic Design</i> (Studi Kasus: Sentra Bawang Merah, Desa Jungsemi, Kab. Kendal)	Saat ini, proses pengerjaan masih dilakukan tanpa alat bantu, sehingga memerlukan tenaga fisik yang lebih besar. Akibatnya, kotoran kulit bawang merah tidak tersusun rapi atau bersih karena tidak tersedia wadah untuk menampung limbahnya, menyebabkan pekerjaan menjadi kurang ergonomis bagi pekerja.	<i>Axiomatic Design</i>	Pengembangan alat pengemasan kulit bawang terbukti efektif dalam mengurangi kelelahan fisik pekerja.
2	(Ramadhan, 2020)	Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1, Vol 2, 40-49	Perancangan Alat Bending pada Proses Penekukan Plat Besi Menggunakan Metode <i>Axiomatic Design</i> House Of Quality (AHOQ) di CV. Ilal Bersaudara	Pada perusahaan ini, proses penekukan plat besi masih menggunakan gerinda tangan, yang seharusnya digunakan untuk memotong atau mengamplas besi. Penggunaan gerinda tangan untuk	<i>Axiomatic Design & AHOQ</i>	Sebelumnya, penekukan plat dilakukan secara manual dengan membuat pola garis menggunakan gerinda tangan, lalu menekuknya dalam posisi berjongkok. Metode ini membebani pekerja, membutuhkan waktu 10-15 menit, dan

				menekuk plat besi dinilai tidak efektif dan efisien.		menyebabkan kelelahan otot. Oleh karena itu, dirancang alat penekuk plat yang lebih ergonomis untuk mempercepat proses kerja. Dengan alat ini, penekukan dapat dilakukan dalam 1 menit dengan posisi berdiri, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi kelelahan pekerja.
3	(Fauzi & Al Huda, 2021)	Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin, Vol 11 No.3	Pengembangan Desain Mesin Multi Spindel Pengeboran Untuk Meningkatkan Produktivitas Gabus Shuttlecock AI	Perusahaan UMKM menghadapi kendala dalam produktivitas proses pengeboran karena penggunaan satu spindel belum mencapai target yang diharapkan.	Karl T. Ulrich & Steven D. Eppinger	Konsep yang telah dipilih dan diuji sebelum masuk ke tahap desain sistem dan desain detail. Prototype dikembangkan dan diuji menggunakan metode eksperimen selama 3 minggu dalam proses pengeboran. Mesin ini mampu memproduksi hingga 5760 pcs dalam satu shift kerja selama 8 jam.

4	(Muhammad et al., 2020)	ISSN : 2355-9365 e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.2 Agustus 2020 Page 5383	Mendefinisikan Parameter Desain Untuk Perancangan Jig Menggunakan Metode <i>Axiomatic Design</i> Dan Matriks Kontradiksi Dari Triz Define	Dalam proses perakitan mesin Stirling, ditemukan beberapa postur kerja yang kurang ergonomis, seperti saat memposisikan part base, menyangga Outrigger Bearing Pedestal, dan mengangkat mesin Stirling.	<i>Axiomatic Design</i> & TRIZ	Desain yang dikembangkan menggunakan metode <i>Axiomatic Design</i> dengan matriks kontradiksi dari TRIZ. TRIZ menyediakan solusi standar untuk mengatasi kontradiksi fisik yang muncul secara otomatis mengidentifikasi parameter yang relevan melalui matriks kontradiksi.
5	(Zaenuri et al., 2022)	Jurnal Inovasi Teknik Industri (JITIN) Vol. 1 No.2 (2022)	Perancangan Alat Press Parutan Ketela Dengan Pendekatan Ergonomi Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus Di UMKM Pro-Divoda Wuni Sewukan Dukun Magelang)	Dari enam pekerja, 66,67% mengalami pegal di bagian pinggang, 83,33% di bagian bahu, dan 83,33% di bagian tangan. Keluhan ini diduga disebabkan oleh alat press yang kurang ergonomis saat digunakan.	- Ergonomi (RULA) - Kelayakan investasi (NPV, IRR, PP)	edesain postur kerja menghasilkan penurunan skor postur secara signifikan, dari skor awal 7 (memerlukan tindakan segera) menjadi skor 2 (aman). Rata-rata waktu penekanan parutan ketela berkurang dari 13,5 menit menjadi 10,5 menit, dengan kapasitas meningkat dari 8 kg menjadi 15 kg. Hasil analisis investasi menunjukkan NPV sebesar 18, IRR sebesar 27,725%, dan PP selama 2,9 tahun.

6	(Bagasghani, 2022)	Unissula Institutional Repository	Perancangan Mesin Penghancur Limbah Multiplex dan Blockboard Menjadi Serbuk Kayu Menggunakan Metode <i>Axiomatic Design</i> Di CV Bahana Raya Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Medium Density Fiberboard (MDF)	Limbah multiplex dan blockboard, yang berupa potongan serta serpihan kayu yang tidak lagi dimanfaatkan, selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku atau dibakar tanpa pemanfaatan yang lebih optimal.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Axiomatic Design</i> - Kelayakan Investasi (PP) 	Mesin penghancur limbah multiplex dan blockboard memiliki beberapa keunggulan dibandingkan mesin crusher kayu yang sudah ada, menghasilkan serbuk lebih halus sesuai dengan standar bahan baku MDF (0,43 g/m ³), serta menjadi solusi efektif dalam pengelolaan limbah.
7	(Bahri & Wati, 2024)	JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Volume 7 Issue 1 2024, Page 27-35 ISSN: 2620-8962	Analisis Kelayakan Investasi Mesin Pencetak Adonan Guna Meningkatkan Kapasitas Produksi pada UMKM Nek Wik di Bawean	Tidak semua adonan dapat dicetak karena keterbatasan tenaga kerja ibu-ibu, terutama saat permintaan meningkat. Oleh karena itu, penambahan mesin cetak adonan dianalisis untuk menilai kelayakan investasinya, apakah dapat	Kelayakan Investasi (MARR, NPV, IRR, PP, PI)	Berdasarkan perhitungan Internal Rate of Return (IRR), diperoleh hasil sebesar 43,45%, dengan Payback Period selama 8,36 bulan, serta Profitability Index sebesar 1,43, sehingga investasi pembelian mesin cetak adonan dinilai layak.

				menguntungkan pengusaha dan layak untuk diimplementasikan.		
8	(Mohammad Dzaky Arraffii, Abid Nurkhoirudin, 2023)	NJMS : Nusantara Journal of Multidisciplinary Science Vol. 1, No. 5, Desember 2023, Hal 975-988 E-ISSN : 3024-8752 P-ISSN : 3024-8744	Analisis Kelayakan Investasi Mesin Grinder Kopi Untuk Meningkatkan Kapasitas Penggilingan Kopi Pada CV. Oyitok Company	Kapasitas peralatan yang terbatas, di mana grinder hanya mampu menggiling satu jenis kopi dalam satu proses, mengharuskan penggantian saringan setiap kali ingin menggiling jenis kopi atau tingkat kehalusan yang berbeda.	Kelayakan Investasi (NPV, IRR, PP, dan PI)	Nilai Net Present Value (NPV) tercatat sebesar Rp 66.595.806, dengan IRR sebesar 61% dan Minimum Attractive Rate of Return (MARR) sebesar 9,34%. Payback Period menunjukkan bahwa investasi dapat kembali dalam 41 hari kerja atau 2 bulan, sehingga investasi dinilai layak.
9	(Hidayat et al., 2021)	Agroteknika 4 (1): 11-19 (2021) ISSN: 2685-3450 (Online) ISSN: 2685-3450 (Print)	Analisis Kelayakan Finansial Agroindustri Kerupuk Kulit Menggunakan Mesin Peniris di Kecamatan Selong, Kabupaten Lombok Timur	Mesin peniris minyak berfungsi untuk mengurangi kadar minyak pada kerupuk sekaligus mencegah ketengikan akibat pengemasan dan penyimpanan yang kurang tepat. Diperlukan analisis usaha untuk	Kelayakan Investasi (NPV, IRR, PP)	Hasil analisis menunjukkan nilai NPV sebesar Rp 3.942.875.937, dengan Payback Period selama 2 tahun yang masih berada dalam rentang periode usaha yang direncanakan. Oleh karena itu, usaha agroindustri kerupuk kulit

				mempertimbangkan penggunaan mesin ini sebagai solusi yang lebih efisien.		dengan penggunaan mesin peniris minyak dinilai layak.
10	(Anam et al., 2019)	Unissula Institutional Repository	Analisa Resiko Postur Kerja Dengan Menggunakan Metode Quick Exposure Checklist (QEC) dan Lingkungan Kerja Fisik pada Proses Bongkar Ikan CV Mina Mandiri Sejahtera	Aktivitas bongkar muatan untuk memindahkan barang dari truk ke cold storage melibatkan beban kerja yang berat bagi tenaga kerja, sehingga menimbulkan keluhan fisik.	NBM dan QEC	Setelah perbaikan aktivitas bongkar ikan, nilai exposure mengalami penurunan menjadi 42,04%, turun sebesar 21,29%, sehingga masuk dalam kategori tindakan yang lebih baik dibandingkan sebelumnya. Sementara itu, nilai Recommended Weight Limit (RWL) untuk empat operator masing-masing sebesar 7,18 kg, 7,18 kg, 7,18 kg, dan 8,34 kg, dengan beban angkat 10 kg, sehingga nilai Lifting Index (LI) tetap di bawah 1.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.2.1 Desain

Istilah "desain" berarti "rencana," sehingga "rencana" merujuk pada hasil dari suatu proses perencanaan. Kegiatan dalam proses ini disebut "merencana" atau "merencanakan," sedangkan pelaksanaannya dilakukan oleh seorang "perencana." Semua hal yang berkaitan dengan penyusunan suatu rencana disebut "perencanaan." Dengan demikian, istilah "mendesain" memiliki makna yang setara dengan "merancang," "rancang bangun," atau "merekayasa," yang dalam bahasa Inggris diartikan sebagai "*to design*" atau "*designing*" (Bram Palgunadi, 2007).

2.2.2 Desain 3D Modelling

Pemodelan 3D adalah proses pembuatan dan modifikasi objek tiga dimensi menggunakan perangkat lunak khusus yang menyediakan berbagai alat bagi pengguna. Umumnya, proses ini dimulai dengan bentuk dasar seperti kubus, bola, torus, atau silinder, yang kemudian dimodifikasi menggunakan fitur bawaan dalam perangkat lunak. Pengguna dapat mengaktifkan fitur ini melalui kombinasi tombol pada keyboard atau melalui antarmuka pengguna. Saat ini, terdapat banyak perangkat lunak pemodelan 3D canggih yang memungkinkan pembuatan aset 3D, animasi, efek visual, serta rendering gambar. Pemodelan 3D dapat digunakan untuk mewakili berbagai produk atau layanan dan sering diterapkan dalam desain produk, inovasi produksi, serta berbagai bidang lainnya, termasuk yang tidak berhubungan langsung dengan struktur atau aktivitas 3D (Zajac & Paszkiel, 2020).

Dalam pemodelan 3D, struktur objek dalam model dikenal sebagai mesh. Setiap mesh tersusun dari vertex, edge, dan face. Vertex merupakan titik yang tidak memiliki volume dan ditentukan oleh koordinat X, Y, dan Z. Edge adalah garis yang menghubungkan satu vertex dengan vertex lainnya, sedangkan face terbentuk dari kombinasi vertex dan edge,

membentuk permukaan pada model 3D (Ramadhan, Putra Dama Triayudi & Aldisa, 2023).

2.2.3 Autocad

AutoCAD adalah perangkat lunak CAD yang dikembangkan oleh Autodesk untuk membuat gambar dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D). Secara keseluruhan, AutoCAD merupakan perangkat lunak CAD yang paling banyak digunakan di dunia, terutama oleh insinyur sipil, pengembang lahan, arsitek, insinyur mesin, serta desainer interior (Ujjianto, 2017).

Saat ini, AutoCAD hanya dapat dijalankan pada sistem operasi Microsoft. Versi untuk Unix dan Macintosh pernah dirilis pada tahun 1980-an dan 1990-an, namun kemudian dihentikan. Meskipun demikian, AutoCAD masih dapat dijalankan menggunakan emulator seperti Virtual PC atau Wine.

Dalam modul ini, kita akan mempelajari penggunaan AutoCAD dengan versi AutoCAD 2016. Beberapa keunggulan AutoCAD dibandingkan dengan metode gambar manual adalah persiapan yang lebih cepat dibandingkan dengan meja gambar, tingkat akurasi yang tinggi, serta proses penggambaran yang relatif lebih cepat. Selain itu, AutoCAD memudahkan penyuntingan gambar tanpa perlu menghapus dan menggambar ulang bagian yang salah, karena perbaikan dapat dilakukan langsung menggunakan toolbar yang tersedia, sehingga hasil gambar lebih rapi dan bersih. Untuk berinteraksi dengan AutoCAD, pengguna perlu memberikan instruksi berupa perintah (command), yang memungkinkan software menjalankan berbagai fungsi seperti menggambar garis atau menggandakan objek. Perintah dalam AutoCAD umumnya dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Perintah menggunakan menubar
2. Perintah menggunakan toolbar
3. Perintah menggunakan keyboard (shortcut keyboard)

2.2.4 *Axiomatic Design*

Metode yang digunakan dalam proses perancangan produk adalah *Axiomatic Design*. Metode ini dikembangkan oleh Professor Nam Pyo Suh dari Massachusetts Institute of Technology (MIT) sebagai suatu logika dalam proses desain. *Axiomatic Design* didasarkan pada dua aksioma utama. Metode ini mendefinisikan desain sebagai proses sintesis solusi dalam bentuk produk, sistem, atau proses yang memenuhi kebutuhan konsumen. Pemetaan dilakukan dengan menghubungkan functional requirements (FRs) dalam domain fungsional dengan design parameters (DPs) dalam domain fisik, di mana pemilihan DPs yang sesuai bertujuan untuk memenuhi FRs. (Achmadi & Purnomo, 2016). Dari hasil wawancara, kebutuhan konsumen dikumpulkan dan direkapitulasi menjadi customer attributes (CA), yang merupakan aspek kebutuhan dari sudut pandang pengguna. Metode *Axiomatic Design* terdiri dari empat domain utama, yaitu customer attributes (CA), functional requirements (FR), design parameters (DP), dan process variables (PV). Sebelum membahas lebih lanjut tentang teori *Axiomatic Design*, penting untuk memahami beberapa istilah yang berkaitan dengan metode ini (Ghufrani, 2010) :

- CA : Domain yang mencerminkan kebutuhan dari perspektif pengguna.
- FR : Domain yang mencakup semua fungsi yang ingin dicapai dalam suatu desain atau produk.
- DP : Domain yang merepresentasikan bagaimana fungsi dalam FR direalisasikan dalam bentuk desain.
- PV : Domain yang berkaitan dengan proses produksi dari desain sebelum menjadi produk akhir.

1. Aksioma pertama

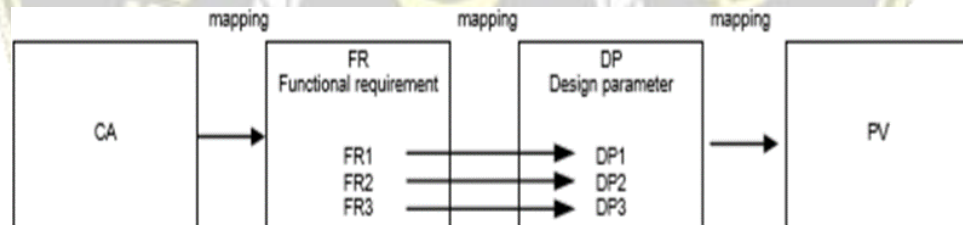
Aksioma ini menekankan pentingnya menjaga independensi kebutuhan fungsional. Artinya, perubahan dalam satu design parameter (DP) seharusnya hanya mempengaruhi satu functional requirement (FR).

Dalam desain axiomatic, jumlah pasangan fungsi dapat dianalisis untuk membimbing proses pengembangan produk (Bonar Marben, 2020).

2. Aksioma kedua:

Aksioma ini berfokus pada minimasi informasi dalam desain. Meskipun memiliki makna matematis yang kompleks, inti dari aksioma ini adalah bahwa desain yang lebih sederhana memiliki peluang sukses yang lebih besar dan merupakan pilihan yang optimal (Bonar Marben, 2020).

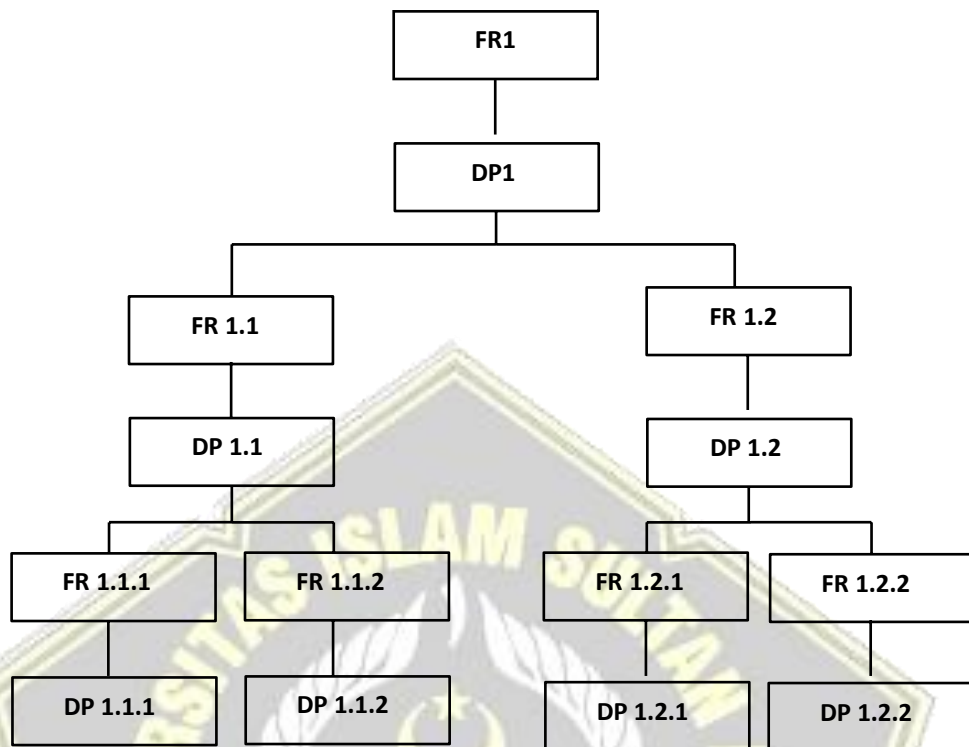
Dasar teori *Axiomatic Design* berakar pada konsep functional requirements (FRs) dan design parameters (DPs). (Bonar Marben, 2020) menganggap proses desain teknik sebagai interaksi antara tujuan yang ingin dicapai dan cara mencapainya. Tujuan desain selalu dikaitkan dengan domain fungsional, sedangkan solusi fisik dikembangkan dalam domain fisik. Dengan metode ilmiah, solusi yang dihasilkan diharapkan dapat menjawab permasalahan yang ada, sehingga kesimpulan dapat ditarik dari penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan gambar konsep Prof. Suh :



Gambar 2.1 Konsep Prof. Suh Tentang *Axiomatic Design* (Achmadi & Purnomo, 2016)

Tujuan desain didefinisikan dalam domain functional requirements (FRs). Untuk memenuhi kebutuhan fungsional ini, dibuat domain tambahan yang disebut design parameters (DPs). Prinsip dalam *Axiomatic Design* membantu memastikan bahwa pemetaan antara DPs dan FRs menghasilkan desain yang optimal (Bonar Marben, 2020).

Dalam *Axiomatic Design*, terdapat hierarki antara FRs dan DPs, di mana setiap FR memiliki keterkaitan dengan DP yang bersesuaian. Contoh hierarki ini telah dijelaskan oleh (Bonar Marben, 2020) :



Gambar 2.2 Contoh Hirarki FRs dan DPs *Axiomatic Design*

Hierarki FRs dan DPs membantu memvisualisasikan proses pemetaan antara fungsi (FRs) dan desain (DPs) berdasarkan atribut pelanggan (CA) yang diperoleh dari wawancara. Konsep ini menunjukkan bahwa setiap fungsi produk (FRs) memiliki parameter desainnya (DPs), dan masing-masing desain dapat diuraikan lebih lanjut hingga mendapatkan rincian yang lebih spesifik. Banyak solusi desain dapat memenuhi FRs, tetapi ketika ada perubahan pada FRs, desain juga harus disesuaikan. DPs yang baru tidak boleh sekadar modifikasi dari yang lama, melainkan harus merupakan solusi yang menyeluruh (Ghufrani, 2010). Batasan desain menggambarkan sejauh mana suatu solusi dapat diterima, termasuk batasan input, sistem, spesifikasi teknis (seperti berat, kekuatan material, biaya, dan ukuran), kapasitas mesin, hukum fisika, serta bentuk produk. Batasan ini menunjukkan bahwa suatu FR tidak dapat sepenuhnya independen dari FR lainnya (Ghufrani, 2010).

Kedua aksioma dalam *Axiomatic Design* dapat dinyatakan lebih jelas sebagai berikut :

1. Aksioma 1 : the independence axiom

- Alternatif 1: Desain yang optimal adalah desain yang mempertahankan independensi FRs.
- Alternatif 2 : Dalam desain yang diterima, hubungan antara DPs dan FRs bersifat korespondensi, di mana perubahan pada satu DP tidak memengaruhi FR lainnya.

2. Aksioma 2 : the information axiom

Alternatif: Desain terbaik adalah desain fungsional yang tidak berpasangan dan mengandung informasi seminimal mungkin. Dari dua aksioma ini, terdapat tujuh akibat utama (corollary) yang dapat digunakan sebagai panduan dalam pengambilan keputusan desain.

- Corollary 1: Pemisahan Desain yang Berhubungan
Jika terdapat keterkaitan antara functional requirements (FRs) dalam desain, maka perlu dilakukan pemisahan komponen atau aspek solusi agar tetap sesuai dengan prinsip desain yang seharusnya.
- Corollary 2: Meminimalkan FRs
Mengurangi jumlah functional requirements (FRs) dan hambatan yang ada sangat penting, karena semakin banyak elemen yang ditambahkan, semakin besar pula konten informasi yang dihasilkan. Hindari desain yang berlebihan (overdesign), karena desain yang memiliki fungsi melebihi kebutuhan cenderung lebih mahal untuk diproduksi dan dioperasikan serta memiliki tingkat keandalan yang lebih rendah.
- Corollary 3: Integrasi Komponen Fisik
Disarankan untuk mengintegrasikan berbagai fitur dalam satu desain fisik, selama hal tersebut tidak mengganggu independensi FRs dan tetap sesuai dengan tujuan desain.

- Corollary 4: Penggunaan Standarisasi
Menggunakan komponen yang telah distandarisasi memudahkan penggantian dan mengurangi biaya, selama komponen tersebut masih dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan desain yang diinginkan.
- Corollary 5: Pemanfaatan Simetri
Menggunakan bentuk atau penyusunan simetris dianjurkan, asalkan tetap sesuai dengan FRs dan batasan desain yang telah ditetapkan.
- Corollary 6: Menentukan Toleransi Maksimum
Toleransi yang diperbolehkan harus ditentukan dengan nilai terbesar yang masih dapat diterima dalam desain.
- Corollary 7: Desain Tak Berpasangan dengan Informasi Minimal
Pilihlah desain yang tidak memiliki keterkaitan antar komponennya (uncoupled design) dan membutuhkan lebih sedikit informasi dibandingkan desain yang saling terhubung (coupled design) dalam memenuhi FRs. Jika seorang desainer membuat desain yang tidak terhubung tetapi mengandung lebih banyak informasi dibandingkan desain yang terhubung, maka sebaiknya desain tersebut ditinjau ulang, karena kemungkinan ada alternatif yang lebih optimal..

2.2.5 Manfaat *Axiomatic Design*

Penerapan metode *Axiomatic Design* memberikan berbagai manfaat bagi pekerja, di antaranya adalah mengurangi risiko, menekan biaya produksi, serta mempercepat distribusi produk ke pelanggan (Nubli, 2020) Beberapa manfaat utama dari metode ini meliputi:

1. Menerjemahkan konsep perancangan proses menjadi aktivitas yang berkelanjutan dan terukur sesuai dengan kebutuhan.
2. Memfasilitasi komunikasi desain kepada seluruh pemangku kepentingan sebelum pembuatan dokumentasi gambar teknis.

3. Meningkatkan kualitas desain dengan melakukan analisis serta optimalisasi struktur rancangan.
4. Mengidentifikasi keinginan pelanggan secara detail hingga spesifikasi desain yang dibutuhkan.
5. Mendokumentasikan serta menyampaikan rancangan desain dengan jelas.
6. Mendeteksi masalah desain lebih awal dan menyelesaikan siklus desain, pengujian, serta revisi dengan biaya seminimal mungkin.

Berdasarkan penelitian (Nubli, 2020), secara umum manfaat utama dari konsep *Axiomatic Design* meliputi :

1. Menjelaskan keinginan serta kebutuhan pelanggan secara sistematis.
2. Mengidentifikasi dan menentukan masalah utama yang harus diselesaikan guna memenuhi kebutuhan pelanggan.
3. Mengembangkan serta memilih solusi terbaik yang diusulkan.
4. Melakukan analisis dan optimasi terhadap solusi yang diusulkan.
5. Memeriksa hasil rancangan untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

2.2.6 Proses *Axiomatic Design*

Axiomatic Design merupakan metodologi perancangan yang memungkinkan pembuatan solusi desain kompleks secara sistematis dan terukur (Bonar Marben, 2020). Prosesnya diawali dengan studi lapangan terhadap pekerja, yang kemudian menghasilkan deskripsi proses sebagai berikut:

- a. Perencanaan produk (product planning).
- b. Identifikasi atribut pelanggan (Customer Attribute/CA).
- c. Perencanaan hierarki FRs, yaitu merinci fungsi-fungsi suatu produk yang akan dibuat agar sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan berdasarkan CA, FRs, dan DPs.
- d. Penentuan objek yang akan digunakan untuk memenuhi fungsi-fungsi tersebut.

- e. Perancangan produk (product design).
- f. Menentukan cara pemenuhan fungsi produk agar sesuai dengan kebutuhan pelanggan.

Pendekatan *Axiomatic Design* diawali dengan proses wawancara terhadap responden untuk mengidentifikasi atribut yang akan digunakan dalam perancangan produk. Hasil wawancara ini kemudian dikategorikan sebagai Customer Attribute (CA). Selanjutnya, konsep desain dan rancangan produk disusun berdasarkan kebutuhan pelanggan, yang disebut sebagai Functional Requirements (FRs). Setelah produk selesai dibuat, dilakukan pengisian kuesioner untuk mengukur tingkat kepuasan pelanggan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan dan rekomendasi perbaikan.

2.2.7 Produk

Menurut (J. Supranto, 2007) , produk merupakan segala sesuatu yang dibutuhkan dan diinginkan oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhannya. Sementara itu, (Adisaputro, 2014) mendefinisikan produk sebagai segala hal yang dapat ditawarkan di pasar agar dapat diamati, disukai, dan dibeli untuk memenuhi suatu kebutuhan atau keinginan. Karena produk dirancang untuk memenuhi kebutuhan tertentu, produk juga dapat dianggap sebagai kumpulan nilai yang memberikan kepuasan kepada penggunaannya.

2.2.8 Perancangan Produk

Ulrich & Epinger menyatakan bahwa pengembangan produk adalah serangkaian langkah yang dilakukan secara berurutan untuk merancang, menyusun, dan mengkomersialkan suatu produk. Tahapan dalam pengembangan produk menurut mereka meliputi :

1. Fase Perencanaan

Tahap ini dikenal sebagai fase nol, karena merupakan langkah awal sebelum proyek dimulai dan sebelum proses pengembangan produk aktual dimulai.

2. Fase Pengembangan Konsep

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan pasar yang menjadi target, diikuti dengan pembuatan dan evaluasi berbagai alternatif konsep produk. Dari berbagai konsep yang dikembangkan, satu atau lebih konsep dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut serta diuji. Konsep ini mencakup gambaran bentuk dan tampilan produk, serta disertai dengan spesifikasi, analisis kompetitor, dan pertimbangan ekonomi.

3. Fase Perancangan Tingkat Sistem

Fase ini melibatkan definisi arsitektur produk dan pemecahan produk menjadi beberapa subsistem serta komponen-komponen pendukung.

4. Fase Perancangan Detail

Pada tahap ini, spesifikasi terkait bentuk, material, dan toleransi dari setiap komponen unik dalam produk ditetapkan. Selain itu, dilakukan juga identifikasi komponen awal dari produk yang akan dibuat.

5. Fase Pengujian dan Perbaikan

Produk yang telah dirancang dievaluasi dengan membandingkan performa sebelum dan sesudah proses perancangan.

6. Fase Produksi Awal

Tahap ini bertujuan untuk menguji apakah produk yang telah dibuat sesuai dengan target yang telah ditetapkan serta memenuhi harapan pelanggan atau pekerja.

2.2.9 *Bill Of Material*

Bill Of Material (BOM) adalah representasi dari sebuah produk jadi yang terdiri dari daftar bahan atau komponen yang diperlukan dalam proses perakitan atau produksi suatu barang (Chapman et al., 2016). Beberapa fungsi utama BOM adalah :

1. Sebagai Acuan Perhitungan Harga Produk

BOM berperan dalam menentukan harga produk dengan mempertimbangkan biaya bahan baku dan komponen lain yang diperlukan. Hal ini membantu perusahaan dalam menghitung serta memprediksi potensi keuntungan atau kerugian.

2. Perencanaan Kebutuhan Bahan Baku

BOM mencantumkan daftar bahan baku dan komponen yang dibutuhkan dalam proses produksi, sehingga perusahaan dapat mengelola pengadaan bahan secara efektif.

3. Menghindari Kendala Produksi

Dengan pencatatan BOM yang akurat, perusahaan dapat mencegah kendala produksi seperti kekurangan stok bahan baku yang berpotensi menyebabkan keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi permintaan pelanggan.

4. Sebagai Acuan Perbaikan Produk

BOM memberikan spesifikasi produk yang jelas, sehingga jika terjadi kerusakan atau kekurangan komponen dalam hasil produksi, perusahaan dapat segera menyiapkan dan melakukan perbaikan berdasarkan daftar bahan yang tersedia dalam BOM.

5. Mengoptimalkan Kerjasama Antar Divisi

BOM juga berfungsi sebagai acuan bagi berbagai divisi dalam perusahaan, seperti gudang, manufaktur, dan keuangan, untuk bekerja sama dalam memastikan ketersediaan bahan selama proses produksi.

2.2.10 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Latin, yaitu Ergon yang berarti kerja dan Nomos yang berarti peraturan atau hukum alam (Jastrzębowski, 1857). Ergonomi adalah studi yang meneliti aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerja dari perspektif fisiologi, anatomi, psikologi, manajemen, serta perancangan (Nurmianto, 2008). Ilmu ini berkaitan erat dengan upaya meningkatkan efisiensi, optimasi, kesehatan, keselamatan, serta kenyamanan individu baik di tempat kerja maupun di rumah. Ergonomi mencakup sistem interaksi antara manusia, fasilitas kerja, serta lingkungan sekitarnya.

Menurut (Feri Sulianta, 2010). , ergonomi menggambarkan hubungan antara manusia dengan lingkungan kerjanya, termasuk peralatan, bahan yang digunakan, metode kerja, serta kondisi lingkungan kerja (J.M. Harrington, 2003) menambahkan bahwa ergonomi bertujuan untuk mengatur kondisi kerja agar memberikan manfaat bagi pekerja dan pengusaha dengan menyesuaikan mesin dengan pekerja, bukan sebaliknya.

Dari definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa ergonomi merupakan penerapan ilmu multidisiplin yang mempelajari interaksi manusia dengan alat kerja serta lingkungan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja secara optimal (J.M. Harrington, 2003).

2.2.11 Tujuan Ergonomi

Ergonomi bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman bagi pekerja, memungkinkan mereka menjalankan tugasnya tanpa mengalami tekanan fisik maupun mental (Montororing, 2018). Analisis ergonomi memberikan manfaat dalam mengevaluasi apakah suatu pekerjaan masih tergolong aman berdasarkan keluhan pekerja serta penilaian terhadap aspek ergonomi (Sari, 2016). Menurut (Tarwaka, 2004), beberapa tujuan utama ergonomi meliputi :

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental pekerja dengan cara mencegah cedera serta penyakit akibat kerja, mengurangi beban fisik dan mental, serta meningkatkan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui perbaikan interaksi sosial dan koordinasi kerja yang lebih baik, guna memberikan jaminan sosial baik selama usia produktif maupun setelahnya.
3. Menciptakan keseimbangan antara aspek teknis, ekonomi, dan antropologi dalam sistem kerja agar menghasilkan kualitas kerja serta kualitas hidup yang lebih baik..

2.2.12 NBM (*Nordic Body Map*)

Nordic Body Map (NBM) adalah teknik penilaian yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan serta cedera pada otot-otot rangka akibat gangguan sistem muskuloskeletal. Penilaian ini menggunakan lembar kerja yang mudah dipahami dan dapat diterapkan dalam waktu singkat. Proses penilaian dilakukan melalui serangkaian pertanyaan serta peta tubuh yang terbagi menjadi sembilan bagian utama, yaitu bahu, leher, siku, pergelangan tangan, punggung atas dan bawah, pinggang atau pantat, lutut, serta tumit atau kaki (Kusmindari et al., 2014).

Metode NBM termasuk dalam kategori metode penilaian subjektif, yang berarti keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada kondisi yang dirasakan oleh pekerja selama proses penilaian berlangsung (Tarwaka, 2004).

2.2.13 Postur Kerja

Pekerjaan yang mengharuskan seseorang berdiri dalam waktu lama tanpa dukungan atau alat bantu perlu dirancang ulang agar memungkinkan lebih banyak pergerakan, atau memungkinkan pekerja untuk bergantian antara posisi berdiri dan duduk (Tarwaka, 2004).

Berjalan dalam waktu singkat serta melakukan gerakan tubuh yang lebih luas dapat membantu mengaktifkan pompa vena dan memperlancar

aliran darah dari tungkai bawah. Oleh karena itu, anggapan bahwa pekerja harus berdiri terus-menerus dari segi fisiologis dan mekanis tidaklah ideal. Menurut (Wulayani, 2016), beberapa kondisi kerja yang memengaruhi beban statis otot meliputi :

- a. Gerakan tangan dan lengan, seperti mengangkat atau menahan alat serta benda berat.
- b. Posisi berdiri dengan tangan tertekuk, terutama untuk meraih objek yang sulit dijangkau akibat keterbatasan ruang.
- c. Otot kaki (gastrocnemius dan soleus), yang aktif saat seseorang berdiri. Aktivitas otot gastrocnemius meningkat saat tubuh condong ke depan.
- d. Otot perut (abdominal muscles), yang cenderung memiliki aktivitas rendah saat duduk atau berdiri, namun berperan dalam mencegah ekstensi tubuh saat membawa beban berat di punggung atau berjalan di medan menanjak.
- e. Otot paha belakang (hamstring), yang aktivitasnya lebih rendah saat berdiri, tetapi meningkat saat tubuh condong ke depan, mengangkat benda berat, atau menarik sesuatu.
- f. Otot adductor dan abductor pinggul, yang memberikan stabilitas lateral saat berdiri dengan dua kaki serta mencegah kemiringan panggul ketika berdiri dengan satu kaki.

2.2.14 Antropometri

Antropometri berasal dari kata anthro, yang berarti manusia, dan metri, yang berarti ukuran (Wignjosoebroto, 2009). Data antropometri digunakan dalam desain serta perancangan ruang kerja untuk memastikan kesesuaian dimensi tubuh manusia dengan lingkungan kerjanya. Faktor-faktor seperti kondisi fisik, frekuensi aktivitas, kesulitan dalam pergerakan, serta postur tubuh sangat berpengaruh dalam penerapannya. Secara umum, setiap individu memiliki variasi dalam bentuk dan ukuran tubuh. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi perbedaan ini meliputi:

a. Umur

Dimensi tubuh manusia mengalami pertumbuhan sejak lahir hingga sekitar usia 20 tahun atau lebih.

b. Jenis Kelamin

Secara umum, laki-laki memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan perempuan, kecuali pada beberapa bagian tubuh tertentu seperti pinggul.

c. Suku atau Bangsa

Karakteristik fisik setiap suku, bangsa, atau kelompok etnik memiliki perbedaan yang khas.

d. Posisi Tubuh

Postur atau posisi tubuh dapat mempengaruhi ukuran tubuh yang diukur, sehingga diperlukan standar posisi tubuh saat melakukan survei pengukuran (Haslindah, 2007).

Data antropometri memberikan informasi tentang ukuran tubuh manusia dalam berbagai persentil, yang sangat berguna dalam merancang produk atau alat bantu kerja. Agar desain produk sesuai dengan dimensi tubuh pengguna, perlu ditetapkan prinsip dasar dalam penerapan data antropometri, yaitu:

- a. Perancangan dengan ukuran ekstrem
- b. Perancangan dalam rentang ukuran tertentu
- c. Perancangan berdasarkan ukuran rata-rata

Pengolahan data antropometri diperlukan untuk memastikan akurasi dalam penerapan ukuran tubuh manusia terhadap desain yang dibuat sebagai berikut:

- *Mean* (rata-rata) :

$$\bar{x} = \frac{\sum(x_i)}{N} \quad (1)$$

Dimana :

\bar{x} = Rata-rata hitung

$\sum(x_i)$ = Total Jumlah Sampel

N = Populasi

- *Standar Deviasi*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

Dimana :

σ = Standar Deviasi

$\sum xi$ = Jumlah semua nilai x ke i

N = Populasi

\bar{x} = Rata – Rata

- *Batas Kontrol*

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \quad (3)$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma \quad (4)$$

Dimana :

Tingkat Kepercayaan ($k = 2$) = 95%

Tingkat Ketelitian = 5%

- *Uji Kecukupan Data*

$$N' = \left[\frac{k \sqrt{N} \sum(xi^2) - \sum(xi^2)}{\sum xi} \right]^2 \quad (5)$$

Dimana :

N' = Jumlah pengukuran yang harus dilakukan

N = Jumlah Pengukuran yang telah dilakukan

xi^2 = nilai data x ke i

k = konstanta tingkat kepercayaan

Jika $k = 1$ maka $Z = 99 \%$

Jika $k = 2$ maka $Z = 95 \%$

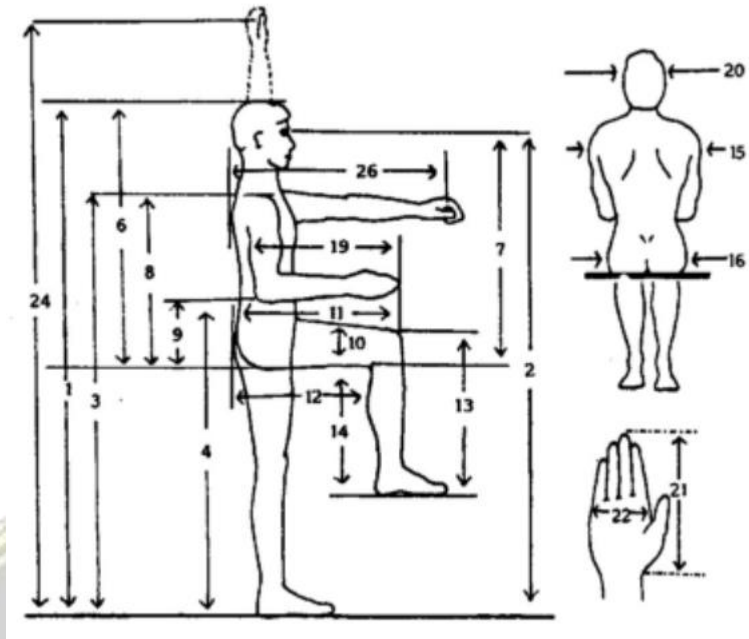
Jika $k = 3$ maka $Z = 68 \%$

s = Tingkat ketelitian yang dikehendaki

2.2.15 Dimensi Antropometri

Data antropometri berperan penting dalam menentukan dimensi produk yang sesuai dengan ukuran tubuh penggunanya. Pengukuran struktur tubuh yang umum digunakan dalam perancangan produk atau

fasilitas dapat dijadikan acuan untuk memastikan kenyamanan dan efisiensi dalam penggunaannya yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

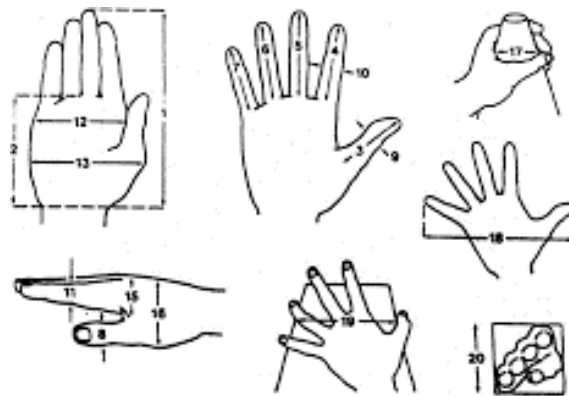


Gambar 2.3 Antropometri Untuk Perancangan Produk atau Fasilitas

Keterangan gambar diatas, yaitu :

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
- 2 : Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk.
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
- 10 : Tebal atau lebar paha.
- 11 : Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut.

- 12 : Panjang paha yang diukur dari pantat sampau dengan bagian belakang dari lutut betis.
- 13 : Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
- 14 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha.
- 15 : Lebar dari bahu (bisa dukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk).
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat.
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam gambar).
- 18 : Lebar perut.
- 19 : Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
- 20 : Lebar kepala.
- 21 : Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
- 22 : Lebar telapak tangan.
- 23 : Lebar tangan dalam posisis tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar).
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
- 26 : Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan diukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.



Gambar 2.4 Pedoman Pengukuran Jari Tangan

- 1 : Panjang telapak tangan (diukur dari ujung tangan sampai pangkal pergelangan tangan).
- 2 : Pangkal ke tangan (diukur dari pangkal pergelangan tangan sampai pangkal ruas jari. Lengan bawah sampai telapak tangan subjek lurus).
- 3 : Lebar telapak tangan metacarpal (diukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking, posisi seperti pada No. 2)
- 4 : Lebar telapak tangan maksimal (diukur dari sisi luar ibu jari sampai sisi luar jari kelingking, posisi seperti pada No.2).

2.2.16 Persentil

Sebagian besar data antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil, yaitu angka yang menunjukkan persentase individu dalam suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh sama dengan atau lebih kecil dari nilai tersebut (Nurmianto, 2008). Sebagai contoh, persentil ke-95 menunjukkan bahwa 95% populasi memiliki ukuran tubuh yang sama atau lebih kecil dari angka tersebut, sementara persentil ke-5 menunjukkan ukuran tubuh terkecil dalam suatu populasi. Dalam antropometri, konsep persentil memiliki dua aspek penting :

1. Persentil hanya didasarkan pada satu ukuran tubuh tertentu, seperti tinggi berdiri atau tinggi duduk.

2. Tidak ada individu yang secara keseluruhan dikategorikan sebagai orang dengan persentil ke-90 atau ke-5. Sebagai contoh, seseorang bisa memiliki tinggi popliteal pada persentil ke-40 tetapi tinggi siku duduk pada persentil ke-60 (Wignjosoebroto, 2000).

Persentil yang umum digunakan dalam perhitungan data antropometri dapat dilihat dalam tabel referensi yang tersedia :

Tabel 2.2 Perhitungan Persentil

Percentile	Perhitungan
1-st	$\bar{x} - 2,235\sigma_x$
2,5-th	$\bar{x} - 1,96\sigma_x$
5-th	$\bar{x} - 1,64\sigma_x$
10-th	$\bar{x} - 1,28\sigma_x$
50-th	\bar{x}
90-th	$\bar{x} + 1,28\sigma_x$
95-th	$\bar{x} + 1,64\sigma_x$
97-th	$\bar{x} + 1,96\sigma_x$
99-th	$\bar{x} + 2,235\sigma_x$

Keterangan :

\bar{x} = mean data

σ_x = standar deviasi dari data x

2.2.17 Fatigue atau Kelelahan

Fatigue adalah kondisi kelelahan yang terjadi akibat gangguan pada sistem saraf dan otot, sehingga tubuh tidak dapat berfungsi secara optimal. Semakin besar beban kerja dan semakin tidak teraturnya pergerakan, maka kelelahan akan terjadi lebih cepat. Studi tentang fatigue diperlukan untuk memahami kapasitas kekuatan otot manusia sehingga pekerjaan dapat disesuaikan dengan kemampuan fisik. Menurut Ralph M. Barnes, kelelahan dibagi menjadi tiga kategori utama:

1. Perasaan lelah, yang muncul sebagai sinyal awal kelelahan.
2. Kelelahan fisiologis, yang berkaitan dengan fungsi tubuh seperti metabolisme dan sistem saraf.
3. Penurunan kemampuan kerja, yang terjadi akibat kelelahan yang berlebihan hingga mencapai batas maksimal.

Kelelahan terjadi ketika otot kehilangan kemampuan untuk bekerja dan mencapai kondisi di mana gerakan tidak lagi dapat dilakukan (kelelahan total). Beberapa faktor yang mempengaruhi fatigue meliputi:

1. Besarnya tenaga yang dikeluarkan
2. Kecepatan dalam melakukan aktivitas
3. Metode serta postur kerja yang digunakan
4. Jenis pekerjaan yang dilakukan
5. Jenis kelamin
6. Usia

Tingkat kelelahan dapat diukur dengan berbagai metode, antara lain:

1. Mengukur denyut jantung dan frekuensi pernapasan untuk mengetahui beban kerja fisik.
2. Mengukur tekanan darah, kapasitas paru-paru, kadar oksigen dan karbon dioksida, suhu tubuh, serta komposisi kimia dalam urine dan darah guna menganalisis perubahan fisiologis akibat kelelahan.
3. Menggunakan alat Riken Fatigue Indicator, yang mengukur perubahan pada air liur (saliva) melalui elektroda logam untuk mendeteksi tingkat kelelahan tubuh.

2.2.18 NPV (*Net Present Value*)

Tujuan utama dari parameter NPV adalah untuk mengetahui nilai investasi berdasarkan fluktuasi nilai mata uang. Parameter ini menggambarkan perubahan nilai saat ini dari total keuntungan dan biaya yang dikeluarkan (Pujawan, 2004). Perhitungan NPV dapat dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(Bt-Ct)}{(1+i)^t} \quad (6)$$

Dimana:

Bt = penerimaan pada tahun ke-t

Ct = biaya pada tahun ke-t

i = suku bunga yang digunakan

t = tahun ke-t

n = umur ekonomi

Parameter kelayakan dalam NPV ditentukan berdasarkan nilai yang diperoleh. Jika hasil NPV bernilai positif, maka investasi tersebut dianggap layak untuk dijalankan. Sebaliknya, jika nilai yang didapat negatif, usaha tersebut dikategorikan tidak layak. Namun, jika nilai NPV sama dengan nol, maka investasi berada dalam kondisi impas, di mana tidak mengalami keuntungan maupun kerugian.

2.2.19 IRR (*Incremental Rate of Return*)

IRR merupakan tingkat suku bunga maksimum yang menunjukkan kemampuan suatu investasi dalam mengembalikan biaya yang telah dikeluarkan (Gittinger, 1986). Nilai IRR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1-NPV2} \times (i1-i2) \quad (7)$$

Keterangan:

i1= suku bunga NPV positif

i2 = suku bunga NPV negatif

NPV1 = nilai NPV positif

NPV2 = nilai NPV negatif

2.2.20 Depresiasi

Depresiasi adalah penurunan nilai suatu aset akibat faktor usia atau lamanya pemakaian. Terdapat berbagai jenis, contoh, serta metode perhitungan depresiasi yang dapat digunakan untuk menganalisis penurunan nilai aset sebagai berikut :

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Biaya perolehan aset} - \text{nilai residu}}{\text{umur ekonomis}} \quad (8)$$

2.2.21 PP (Payback Period)

Payback Period merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan agar modal investasi yang telah dikeluarkan dalam suatu usaha dapat kembali (Ade, Yulia, Fanny, 2019). Nilai PP dapat diperoleh melalui perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{PP} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{penerimaan periode}} \times 1 \text{ tahun} \quad (9)$$

Suatu investasi dapat dikatakan layak jika nilai PP lebih kecil atau sama dengan periode usaha yang direncanakan.

2.2.22 Mesin *Dough divider*

Mesin *Dough divider* adalah alat yang digunakan dalam industri roti dan kue untuk membagi adonan secara otomatis, sehingga mempercepat proses produksi. Mesin ini terdiri dari beberapa komponen utama yang berperan dalam memastikan efisiensi dan konsistensi hasil produksi. Beberapa manfaat utama dari penggunaan Mesin *Dough divider* dalam industri roti dan kue adalah sebagai berikut:

1. Mempercepat Proses Produksi

Dalam skala produksi besar, membagi adonan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar. Dengan bantuan Mesin *Dough divider*, proses ini menjadi lebih cepat dan efisien, sehingga menghemat waktu dan tenaga kerja.

2. Menjamin Keseragaman Ukuran dan Berat Roti

Konsistensi dalam ukuran dan berat roti sangat penting dalam produksi. Mesin *Dough divider* memastikan bahwa setiap potongan adonan memiliki ukuran dan berat yang sama, sehingga menghasilkan produk yang seragam dan lebih menarik.

3. Mengurangi Kebutuhan Tenaga Kerja

Dengan adanya Mesin *Dough divider*, jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk membagi adonan secara manual dapat dikurangi. Hal ini memungkinkan tenaga kerja untuk dialokasikan pada tugas lain yang lebih membutuhkan keterampilan khusus.

4. Meningkatkan Kualitas dan Konsistensi Produk

Mesin *Dough divider* membantu menjaga kualitas dan konsistensi adonan, yang berkontribusi pada tekstur dan cita rasa roti yang lebih baik. Dengan penggunaan mesin ini, produsen roti dapat memastikan kepuasan pelanggan melalui produk yang berkualitas tinggi dan seragam.

2.2.23 Pemilihan Material atau Bahan

Pemilihan material dalam desain produk merupakan aspek krusial yang harus diperhitungkan karena dapat memengaruhi fungsi, biaya produksi, serta tingkat kepuasan pengguna. Beberapa faktor utama yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan material meliputi:

- Kekuatan, daya tahan, fleksibilitas, serta berat material
- Ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi
- Kemampuan material untuk dibentuk, dilas, atau diperkeras
- Konduktivitas listrik
- Aspek keberlanjutan
- Sifat fisik, kimia, dan mekanik material
- Persyaratan performa dalam aplikasi tertentu
- Dampak ekonomi dan lingkungan dari material yang digunakan
- Ketersediaan serta kompatibilitas material dengan komponen lainnya

1. Jenis Material

Material dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis utama, yakni logam, polimer, keramik, dan komposit.

2. Manfaat Pemilihan Material yang Tepat

Memilih material yang sesuai dapat membantu mengurangi biaya produksi, memenuhi standar regulasi, mencegah kegagalan produk, serta memenuhi permintaan pasar.

2.2.24 *Stainless steel*

Stainless steel, atau baja tahan karat, adalah jenis baja yang mengandung setidaknya 10,5% kromium. Material ini banyak digunakan di berbagai industri seperti makanan dan minuman, konstruksi, serta medis. *Stainless steel* juga menjadi pilihan utama dalam pembuatan peralatan dapur, makan, dan masak karena ketahanannya terhadap korosi, kekuatan, serta daya tahan yang tinggi. Kandungan kromium dalam *Stainless steel* berperan dalam melindungi material dari korosi dan keausan, sehingga membuatnya sangat andal untuk berbagai keperluan. Salah satu jenis *Stainless steel* yang umum di pasaran adalah *Stainless steel* 304 dari kelompok austenitik. Jenis ini memiliki komposisi 18% kromium dan 8% nikel, yang memenuhi standar ASTM SA/A312 TP 304/304L *Stainless steel* Seamless Pipes. Selain itu, *Stainless steel* ini bersifat food grade, sehingga aman digunakan dalam peralatan makanan dan dapur. Kelebihan *Stainless steel* dalam Peralatan Rumah Tangga:

1. Memiliki daya tahan dan kekuatan tinggi
2. Mendistribusikan panas secara merata
3. Tahan terhadap karat
4. Mudah dibersihkan
5. Tidak memengaruhi cita rasa makanan
6. Dapat bertahan pada suhu tinggi maupun rendah

Kekurangan *Stainless steel* dalam Peralatan Rumah Tangga:

1. Rentan terhadap goresan

2. Harga lebih mahal dibandingkan material lainnya
3. Pemandahan panas yang cepat
4. Terkadang sulit diperbaiki jika mengalami kerusakan
5. Bobotnya cukup berat

2.2.25 Besi Hollow Galvanis

Besi hollow adalah salah satu jenis besi polos yang memiliki penampang berbentuk lingkaran, bujur sangkar, atau persegi panjang. Mengutip buku Aneka Desain Pagar Besi karya Adityarini Natalisa, besi hollow memiliki rongga di bagian tengahnya. Material ini banyak digunakan dalam konstruksi karena kemudahan dalam penggunaannya. Istilah galvanisasi berasal dari nama dua ilmuwan Italia, Luigi Galvani dan Alessandro Volta, yang menemukan sifat elektrokimia seng. Besi hollow galvanis, yang juga dikenal sebagai pipa kotak galvanis atau holo galvanis, memiliki karakteristik warna lebih cerah dan ketahanan korosi lebih baik dibandingkan besi hollow hitam. Lapisan galvanis pada besi ini terdiri dari sekitar 97% seng (zinc), $\pm 1\%$ aluminium, dan sisanya unsur lain. Kelebihan Besi Hollow Galvanis:

- Melindungi besi atau baja dari karat dalam waktu lama karena memiliki lapisan seng yang tebal
- Biaya perawatan terhadap korosi lebih rendah karena sudah dilapisi anti-karat
- Tidak memerlukan pengecatan tambahan
- Permukaan lebih tahan terhadap goresan
- Harganya relatif terjangkau

Kekurangan Besi Hollow Galvanis:

- Ukuran yang tersedia cukup terbatas

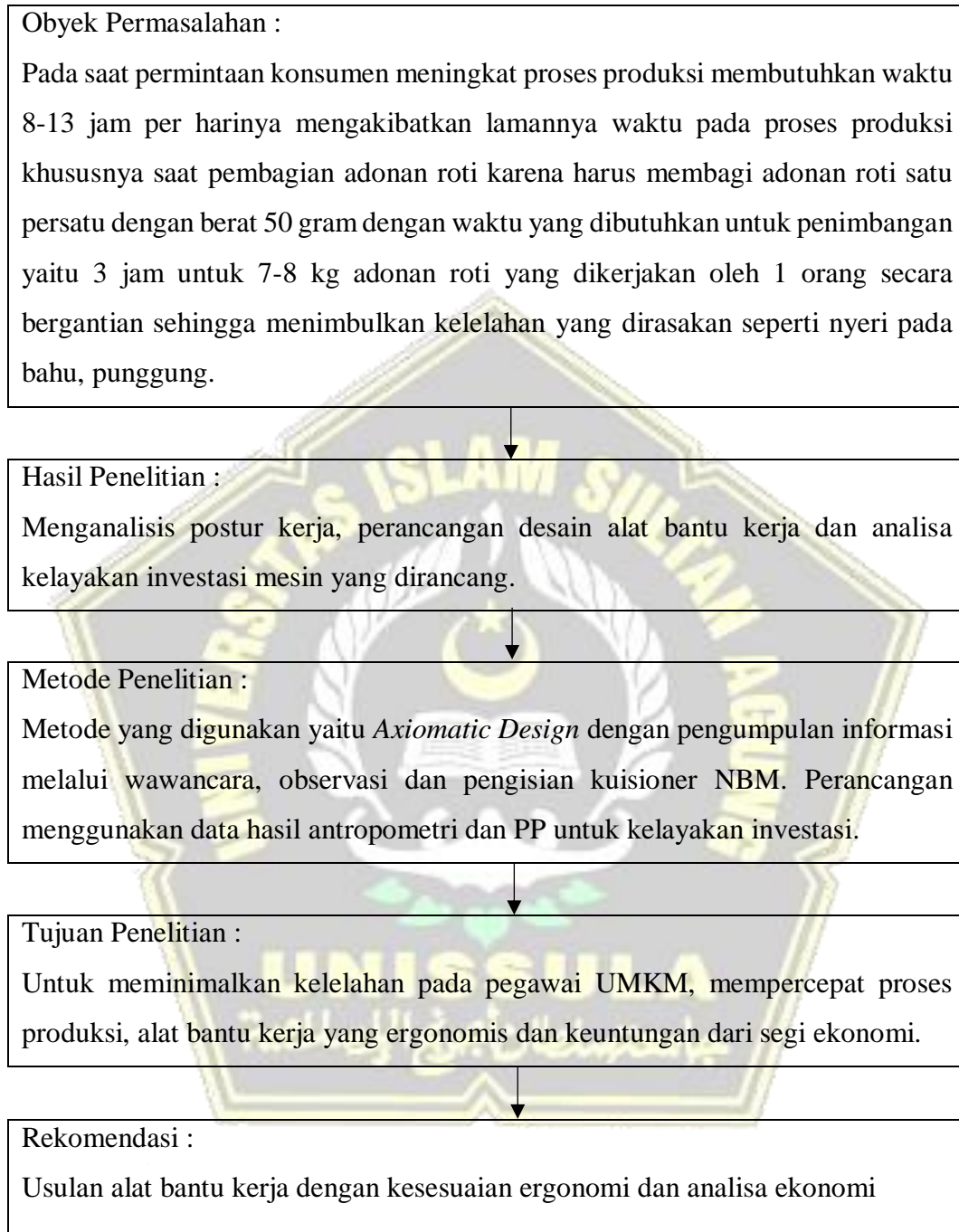
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

Berikut hipotesis dan kerangka teoritis dalam tugas akhir ini :

2.3.1 Hipotesis

Dalam penelitian ini, hipotesis dikembangkan dengan menerapkan metode *Axiomatic Design* untuk memahami kebutuhan serta preferensi pekerja dalam merancang dan memproduksi mesin *Dough divider*. Studi pustaka dari berbagai jurnal digunakan sebagai referensi utama dalam penelitian ini. Proses penelitian dimulai dengan pengisian kuesioner NBM, observasi, dan wawancara, yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *Axiomatic Design*. Hasil dari kuesioner tersebut diklasifikasikan sebagai Customer Attribute (CA), yang selanjutnya dijadikan dasar dalam tahap perencanaan Functional Requirements (FRs). Pada tahap ini, kebutuhan alat yang diinginkan oleh pekerja diidentifikasi dan ditentukan cara merealisasikannya melalui pemilihan material serta aspek teknis lainnya, yang disebut sebagai Design Parameters (DPs). Selanjutnya, dibuat hierarki FRs untuk memahami keterkaitan antara FRs dan DPs, yang kemudian divisualisasikan dalam bentuk bagan hierarki FRs. Setelah tahap ini, dilakukan proses produksi guna merealisasikan desain yang telah dirancang menjadi produk akhir atau Process Variable (PV) dengan mempertimbangkan data antropometri. Selain itu, perhitungan kelayakan investasi dilakukan dengan menggunakan Payback Period untuk menilai apakah alat bantu kerja yang dirancang layak secara ekonomi atau tidak. Berdasarkan penelitian terdahulu dengan kasus serupa yang mampu memberikan solusi atas permasalahan lamanya waktu proses pembagian adonan roti yang menyebabkan kelelahan, maka penelitian ini menggunakan metode *Axiomatic Design* sebagai upaya mendapatkan solusi atas permasalahan yang ada pada UMKM Kisah Roti Magelang. Dengan demikian, alat bantu kerja yang dirancang tidak hanya ergonomis namun juga ekonomis.

2.3.2 Kerangka Teoritis



Gambar 2.5. Kerangka Teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di UMKM Kisah Roti Magelang, beralamat Jl. Raya Secang-Magelang kota Magelang, Jawa Tengah. Objek penelitian yang akan diamati yaitu pekerja pada saat melakukan aktivitas pembagian adonan roti atau bagian penimbangan.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung ke lapangan untuk dapat berdiskusi dan tanya jawab dengan pemilik dan pegawai UMKM.

a. Data Primer

Data primer diperoleh langsung dari sumber aslinya tanpa perantara media. Data ini dapat berupa opini individu atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu objek, peristiwa, atau aktivitas, serta hasil uji coba. Data primer dikumpulkan melalui wawancara atau dengan menyebarkan kuesioner kepada pihak yang berkompeten. Dalam penelitian ini, data primer mencakup:

1. Data kuesioner NBM (*Nordic Body Map*) untuk mengidentifikasi keluhan yang dirasakan oleh pekerja.
2. Data observasi tentang proses produksi dari UMKM Kisah Roti Magelang berupa wawancara, foto dan video
3. Data antropometri pekerja.

b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari data primer yang diolah lebih lanjut dan disajikan untuk mendapatkan hasil kesimpulan data.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian di UMKM Kisah Roti yaitu :

1. Observasi

Metode ini dilakukan dengan cara meneliti secara langsung di lokasi penelitian yang berfokus pada proses produksi yaitu pembagian adonan roti di UMKM Kisah Roti Magelang. Observasi ini bertujuan untuk merancang alat yang dapat dimanfaatkan dalam pembagian adonan roti.

2. Wawancara

Teknik pengumpulan data ini dilakukan dengan mengajukan pertanyaan langsung kepada pihak-pihak yang terkait dalam perusahaan. Tujuan dari wawancara ini adalah untuk memperoleh informasi yang dapat membantu menjelaskan permasalahan yang sedang diteliti. Data tersebut dianalisis menggunakan metode *Axiomatic Design* untuk menentukan keputusan terakit produk.

3. Kuesioner

Data yang diperoleh dari kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengidentifikasi keluhan yang dirasakan oleh pekerja..

3.4 Pengujian Hipotesa

Penggunaan metode *Axiomatic Design* sebagai pendekatan dalam perancangan alat bantu kerja berupa mesin *Dough divider* untuk proses produksi pada pembagian adonan roti. Metode ini dapat merancang alat bantu kerja yang ergonomis dan ekonomis di UMKM Kisah Roti Magelang.

3.5 Metode Analisis

Setelah merancang mesin *Dough divider* untuk proses pembagian adonan roti , perlu dilakukan analisis berdasarkan pengujian hipotesis serta pengolahan data yang telah dilaksanakan pada tahap sebelumnya.

3.6 Pembahasan

Tahapan ini dilakukan untuk memberikan gambaran penelitian dan melakukan analisa kinerja sebelum menarik kesimpulan. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

a. Identifikasi Proses Produksi dan Adonan Roti

Tahap ini dilakukan dengan mengidentifikasi proses produksi saat pembagian adonan roti di UMKM Kisah Roti sebagai dasar dalam perancangan alat bantu kerja berupa mesin *Dough divider*..

b. Pengisian Kuesioner NBM

Pengisian kuesioner NBM oleh karyawan proses produksi saat pembagian adonan roti untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian.

c. Identifikasi Perancangan Mesin *Dough divider*

Identifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Axiomatic Design*, yang merupakan pendekatan dalam mendefinisikan desain sebagai proses sintesis solusi dalam bentuk produk, proses, atau sistem. Metode ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen melalui pemetaan kebutuhan fungsional (Functional Requirements/FRs) dalam domain fungsional dan parameter desain (Design Parameters/DPs) dalam domain fisik, dengan memilih DPs yang sesuai untuk memenuhi FRs (Achmadi & Purnomo, 2016). Metode ini terdiri dari empat domain utama, yaitu atribut pelanggan (Customer Attribute/CA), kebutuhan fungsional (Functional Requirement/FR), parameter desain (Design Parameter/DP), dan variabel proses (Process Variable/PV).

d. Analisis dan Interpretasi Hasil

Tahap ini melibatkan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis mencakup seluruh proses, mulai dari pengolahan data awal hingga perhitungan tingkat kehalusan serbuk yang dihasilkan.

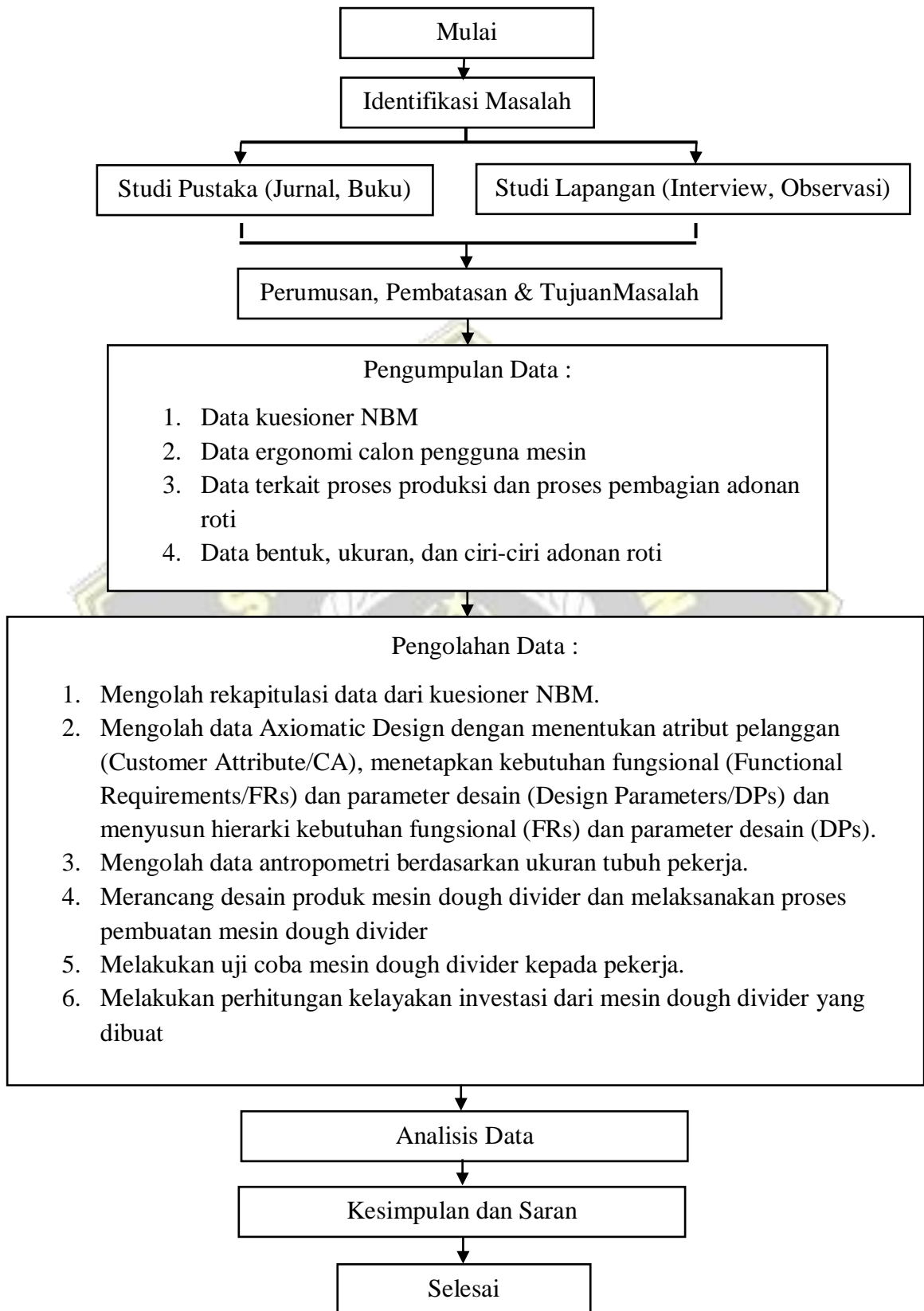
3.7 Penarikan Kesimpulan

Setelah menganalisis permasalahan, penelitian ini menghasilkan kesimpulan mengenai permasalahan yang telah diselesaikan. Kesimpulan ditarik dengan tujuan merangkum hasil akhir penelitian. Selain itu, saran diberikan kepada UMKM Kisah Roti Magelang serta bagi peneliti yang akan melanjutkan penelitian ini.

3.8 Diagram Alir

Dalam merencanakan tahapan awal penelitian dari awal hingga akhir maka dibuatlah diagram alir penelitian sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

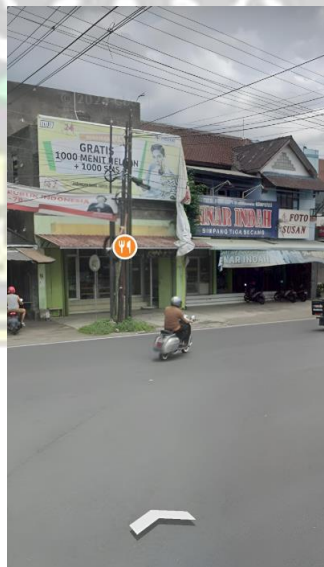
4.1 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan pada bulan Februari 2024- Januari 2025. Data yang dikumpulkan adalah data yang mendukung penelitian seperti keadaan tempat kerja, proses dan aktivitas dalam melakukan pekerjaannya.

4.1.1 Profil Perusahaan

UMKM Kisah Roti adalah UMKM yang bergerak dibidang produksi roti seperti roti tawar, pizza, kue ulang tahun, roti isi dan masih banyak lagi. UMKM Kisah Roti mulai berkembang sejak tahun 2016, UMKM ini buka pada hari Senin-Sabtu pukul 09:00-20:00 WIB. UMKM ini terus berkembang dengan memasarkan hasil produksinya dengan kualitas yang baik dan pelayanan yang ramah ke seluruh wilayah kota Magelang hingga saat ini memiliki 4 orang pegawai di UMKM Kisah Roti.

4.1.2 Lokasi Perusahaan



Gambar 4.1 Profil Perusahaan

Subyek penelitian ini adalah karyawan yang bekerja di UMKM Kisah Roti khususnya pada saat proses pembagian adonan roti. UMKM ini terletak di

Jl. Raya Secang-Magelang, Kota Magelang dimana tempat produksi roti dan pesanan konsumen dibuat.

4.1.3 Proses Produksi Roti

Berikut tahapan pada proses pembuatan roti :

1. Bahan baku untuk adonan roti 7-8 kg untuk membuat 100-200 pcs roti.
2. Pencampuran adonan bahan roti menggunakan mesin planetary mixer dan spiral mixer.
3. Pembagian adonan roti secara manual menggunakan timbangan digital dengan masing-masing berat 50 gram per pcs.
4. Pembentukan dan pengisian varian dengan keahlian tangan yang dimiliki oleh para pekerja.
5. Kemudian dilakukan bakery atau pemanggangan menggunakan oven.
6. Setelah itu dilakukan pendinginan, jika roti yang mencapai suhu ruang dilakukan pengemasan.

4.1.4 Proses Pembagian Adonan Roti

Pada tahap ini pembagian adonan roti dilakukan selama 3 jam untuk menyelesaikan 7 hingga 8 kg. Berikut prosesnya :

1. Tahapan mengambil adonan roti
Pada tahapan ini dimana pekerja mengambil adonan roti yang telah dicampur menggunakan planetary mixer atau spiral mixer yang telah diletakkan disisi kanan meja kerja.
2. Tahapan penimbangan adonan roti
Pada tahapan ini adonan roti ditimbang satu persatu menggunakan timbangan digital seberat 50 gram. Toleransi berat adonan roti berkisar kurang lebih 0,5 gram.
3. Tahapan meletakkan adonan roti
Adonan roti yang telah ditimbang diletakkan disisi kiri meja kerja untuk selanjutnya dilakukan proses pembentukan dan pengisian varian roti.

4.2 Pengolahan Data

Data diambil dengan melakukan penelitian langsung ke UMKM Kisah Roti dengan melakukan wawancara dan pengambilan foto. Sebelum memulai penelitian, diberikan penjelasan kepada pekerja mengenai maksud, cara serta tujuan melakukan pengambilan data. Pekerja yang diamati dalam penelitian ini ditugaskan untuk melakukan pekerjaan secara normal dan peneliti merekam aktivitas pekerja tersebut menggunakan kamera handphone dan berhenti merekam apabila terjadi gerakan perulangan. Adapun data hasil wawancara sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data UMKM dan Produksi

No	Keterangan	Jumlah
1	Jumlah pekerja	4 orang
2	Jumlah roti yang diproduksi / hari	100-200 buah
3	Jumlah adonan roti yang diproduksi / hari	7-8 kg (5-7 varian roti)
4	Waktu produksi yang dibutuhkan : Mixing Pembagian/ penimbangan Pembentukan & pengisian varian Oven Pendinginan Pengemasan	8 jam per hari 30 menit 3 jam 3 jam 45 menit 15 menit 30 menit
5	Berat masing-masing roti	50 gr (+- 0,5 gram)
6	Biaya operator / bulan Biaya bahan baku / hari Biaya listrik / bulan Biaya maintenance / tahun Harga roti / pcs	Rp 1.500.000 Rp 250.000 Rp 250.000 Rp 1.500.000 Rp 3.500 – Rp 5.000
7	Jumlah hari kerja / bulan	24 hari

Adapun data lainnya berdasarkan hasil wawancara yang telah kita dapatkan dari informasi para pekerja yaitu terdapat beberapa kendala yang sudah dialami oleh para pekerja saat proses produksi roti adalah :

1. Pada saat permintaan pesanan meningkat, proses pengerjaan pembagian adonan masih dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu yang cukup lama yang menyebabkan kelelahan bagi pekerja.
2. Biaya pembelian mesin pembagi adonan masih terlalu mahal.
3. Ruang pembuatan produksi roti yang minim.

Adapun data hasil wawancara mengenai alat bantu tersebut sebagai berikut :

- Pertanyaan pertama adalah mengenai kebutuhan bahan yang disarankan untuk memenuhi standar alat pembagi adonan yang diinginkan. Menurut Pemilik UMKM Kisah Roti, bahan tahan lama diperlukan dimana dalam hal ini dapat menggunakan komponen yang kuat dan dapat digunakan untuk waktu jangka Panjang.
- Pertanyaan kedua yang diajukan ialah mengenai penerapan ergonomis pada alat sehingga karyawan UMKM akan bekerja dengan nyaman. Pemilik UMKM Kisah Roti menjawab bahwa ukuran alat harus disesuaikan dengan dimensi tubuh karyawan sehingga efisiensi kerja akan meningkat dan tidak membuat karyawan mudah lelah dalam menggunakan alat.
- Pertanyaan ketiga adalah mengenai bagaimana prinsip alat yang dapat diterapkan untuk menyesuaikan pembagian adonan. Dikarenakan UMKM Kisah Roti membutuhkan alat yang ekonomis, pemilik UMKM mengatakan bahwa alat dapat dioperasikan secara manual namun penggunaannya mudah dimana alat dapat membagi adonan 10-15 adonan dengan berat kurang lebihnya 50 gram.
- Pertanyaan keempat yaitu mengenai apakah sejauh ini pernah terjadi kesalahan teknis dari segi alat ataupun human. Berdasarkan pengalaman, UMKM Kisah Roti berjalan dengan standar K3 yang selalu diterapkan sehingga Pemilik UMKM Kisah Roti berharap bahwa alat pembagi adonan akan dirancang dan dipastikan penggunaan aman.
- Pertanyaan kelima yang disampaikan adalah hasil adonan yang diharapkan melalui alat pembagi adonan seperti apa. Pemilik UMKM Kisah Roti mengatakan bahwa alat pembagi adonan diharapkan dapat membagi adonan

menjadi beberapa bagian dengan ukuran yang sama rata sehingga produksi akan berjalan lebih efisien.

Hasil rekapitulasi diambil diambil dari kebutuhan UMKM yang telah disampaikan oleh pemilik UMKM Kisah Roti dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2. Hasil Rekapitulasi Data Wawancara

No	Hasil Rekapitulasi Data Wawancara
1	Memiliki bahan yang tahan lama
2	Alat memiliki ukuran yang ergonomis
3	Alat dapat dipindah secara mudah
4	<i>Safety</i>
5	Alat menghasilkan adonan yang berkualitas

4.2.1 Data Hasil Rekapitulasi Kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM)

Kuisisioner berisi sejumlah pertanyaan terkait penyakit yang dialami pekerja, termasuk keluhan atau gangguan seperti rasa sakit, nyeri, dan pegal. Saat ini, dalam proses produksi pembagian adonan roti, terdapat beberapa pekerja yang mengalami ketidaknyamanan dalam postur kerja, yang dapat menyebabkan rasa sakit, kelelahan, bahkan berisiko menyebabkan cedera otot. Berdasarkan hasil nilai yang diperoleh dari kuisisioner NBM untuk setiap pekerja, tingkat risiko pada masing-masing bagian tubuh dapat dianalisis dengan lebih jelas. Penilaian dilakukan berdasarkan ketentuan berikut :

Tabel 4.3. Skor Tingkat Resiko

Range Score	Tingkat Resiko	Kategori Warna
0-20	Rendah (belum dilakukan perbaikan)	Biru
21-41	Sedang (mungkin diperlukan perbaikan)	Hijau
42-62	Tinggi (diperlukan tindakan segera)	Kuning
63-84	Sangat tinggi (diperlukan tindakan sesegera mungkin)	Merah

Tingkat risiko dikategorikan berdasarkan warna dan rentang skor. Risiko rendah dengan skor 0-20 ditandai dengan warna biru, kategori sedang dengan skor 21-41 ditandai dengan warna hijau, sedangkan skor 42-62 menunjukkan tingkat risiko tinggi yang ditandai dengan warna kuning. Sementara itu, skor 53-84 menunjukkan risiko sangat tinggi dan masuk dalam kategori warna merah. Tabel berikut menyajikan hasil skor total pekerja :

Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi NBM

No.	Nama Pekerja	Total Skoring	Keterangan Tingkat Risiko
1	Umi	46	Tinggi (diperlukan tindakan segera)
2	Makmur	52	Tinggi (diperlukan tindakan segera)
3	Salsa	44	Tinggi (diperlukan tindakan segera)
4	Rahan Toko	42	Tinggi (diperlukan tindakan segera)

Hasil rekapitulasi data dari kuesioner *Nordic Body Map* menghasilkan skor akhir. Berdasarkan metode pengukuran NBM, jika skor akhir ≤ 42 , maka tingkat risiko tergolong rendah hingga sedang, yang mungkin memerlukan perbaikan. Namun, jika skor ≥ 42 , maka risiko dikategorikan tinggi hingga sangat tinggi, sehingga memerlukan tindakan segera. Dari hasil survei, ditemukan bahwa beberapa pekerja pada proses

pembagian adonan roti memiliki skor ≥ 42 . Oleh karena itu, diperlukan tindakan berupa penambahan alat bantu kerja yang ergonomis dalam proses tersebut untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan efisiensi produksi.

4.2.2 Pengolahan Data Metode *Axiomatic Design*

Berikut ini merupakan proses pengolahan data yang telah diperoleh dengan menggunakan metode *Axiomatic Design*.

1. Penentuan Customer Atribute (CA)

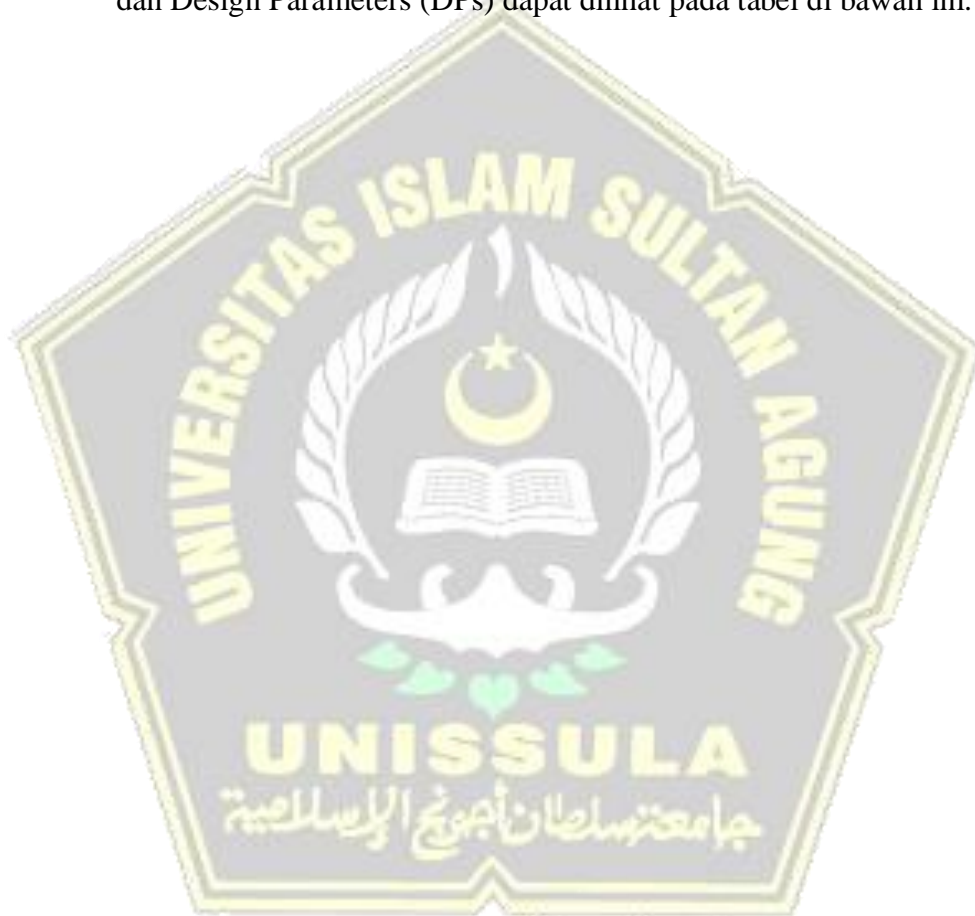
Berdasarkan hasil rekapitulasi wawancara di atas, tabel 4.4 menyajikan data Customer Attribute (CA), yaitu kebutuhan konsumen dalam menentukan desain.

Tabel 4.5. Data Customer Atribute (CA)

No	Hasil Rekapitulasi Data Wawancara	Keterangan
1	Memiliki bahan yang tahan lama	CA 1
2	Alat memiliki ukuran yang ergonomis	CA 2
3	Alat dapat dipindah secara mudah	CA 3
4	<i>Safety</i>	CA 4
5	Alat menghasilkan adonan roti yang berkualitas	CA 5

Setelah diperoleh lima atribut dari Customer Attribute (CA) di atas, langkah berikutnya adalah menetapkan Functional Requirements (FRs) dan Design Parameters (DPs). Functional Requirements (FRs) merupakan hasil penjabaran dari kebutuhan Customer Attribute (CA), sedangkan Design Parameters (DPs) berisi spesifikasi desain yang berfungsi sebagai pendukung untuk mewujudkan Functional Requirements (FRs).

2. Pemetaan Functional Requirements (FRs) dan Design Parameter (DPs) Sebanyak lima Customer Attributes (CA) telah diperoleh, kemudian dilakukan penjabaran menggunakan pendekatan metode *Axiomatic Design* (AD). Pada tahap Functional Requirements (FRs) hingga Design Parameters (DPs), akan diperoleh spesifikasi desain akhir yang dapat dikembangkan menjadi mesin penghancur multiplex dan blockboard. Proses pemetaan antara Functional Requirements (FRs) dan Design Parameters (DPs) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.



Tabel 4. 6 Pemetaan FRs dan DPs

Kode	Customer Attribute (CA)	Kode	Functional Requirements (FRs)	Kode	Design Parameters (DPs)
CA 1	Memiliki Bahan Tahan Lama	FR 1	Produk dikembangkan menggunakan bahan-bahan yang tahan lama	DP 1	Menggunakan komponen yang tangguh dan dapat digunakan berkelanjutan
		FR 1.1	Menggunakan bahan utama yang kokoh dan keras	DP 1.1	Material berupa besi hollow galvalum
		FR 1.1.1	Menggunakan cat yang tahan karat	DP 1.1.1	Cat warna biru untuk bagian bawah dan warna abu bagian atas
		FR 1.1.2	Bahan material lainnya	DP 1.1.2	Material <i>Stainless steel</i> , per spring
CA2	Ergonomis	FR 2	Memberikan dimensi alat yang nyaman saat digunakan	DP 2	Desain berdasarkan data antropometri pekerja
		FR 2.1	Desain tinggi rangka mesin	DP 2.1	Dimensi tubuh tinggi siku duduk
		FR 2.1.1	Persentil ke 95 tinggi siku duduk	DP 2.1.1	74,5 cm menjadi ukuran produk 75 cm
		FR 2.2	Desain jarak letak tempat pemotong adonan ke pengguna	DP 2.2	Dimensi tubuh jangkauan tangan kedepan
		FR 2.2.1	Persentil ke 95 jangkauan tangan kedepan	DP 2.2.1	69,24 cm menjadi ukuran produk 40 cm
		FR 2.3	Desain lebar pegangan tuas	DP 2.3	Dimensi lebar telapak tangan
		FR 2.3.1	Persentil ke 95 lebar telapak tangan	DP 2.3.1	14,32 cm menjadi ukuran produk 15 cm
		FR 2.4	Desain tinggi maksimal mesin	DP 2.4	Dimensi tubuh tinggi mata duduk
		FR 2.4.1	Persentil ke 95 tinggi mata duduk	DP 2.4.1	119,1 cm menjadi ukuran produk 120 cm
		FR 2.5	Desain tinggi genggam pegangan	DP 2.5	Dimensi diameter genggam maksimum
FR 2.5.1	Persentil ke 95 diameter genggam maksimum	DP 2.5.1	3,9 cm menjadi ukuran produk 3 cm		
CA 3	Penggunaan mudah	FR 3	Alat dibuat dengan penggunaan yang mudah diaplikasikan	DP 3	Terdapat handle pada tuas sebagai tarikan yang akan mendorong plat press ke adonan
		FR 3.1	Tuas dan cetakan menggunakan bahan yang kuat	DP 3.1	Bahan yang digunakan berbahan <i>Stainless steel</i> dan besi hollow galvalum
		FR 3.1.1	Tuas digerakkan secara manual	DP 3.1.1	Tuas dapat digerakkan secara manual
		FR 3.1.2	Cetakan akan bergerak apabila tuas ditarik	DP 3.1.2	Cetakan akan otomatis membagi adonan
CA 4	Safety	FR 4	Produk dikembangkan memiliki kekuatan rangka dan ketelitian pemasangan	DP 4	Produk dididesain dengan kekuatan rangka dan ketelitian dalam perakitan

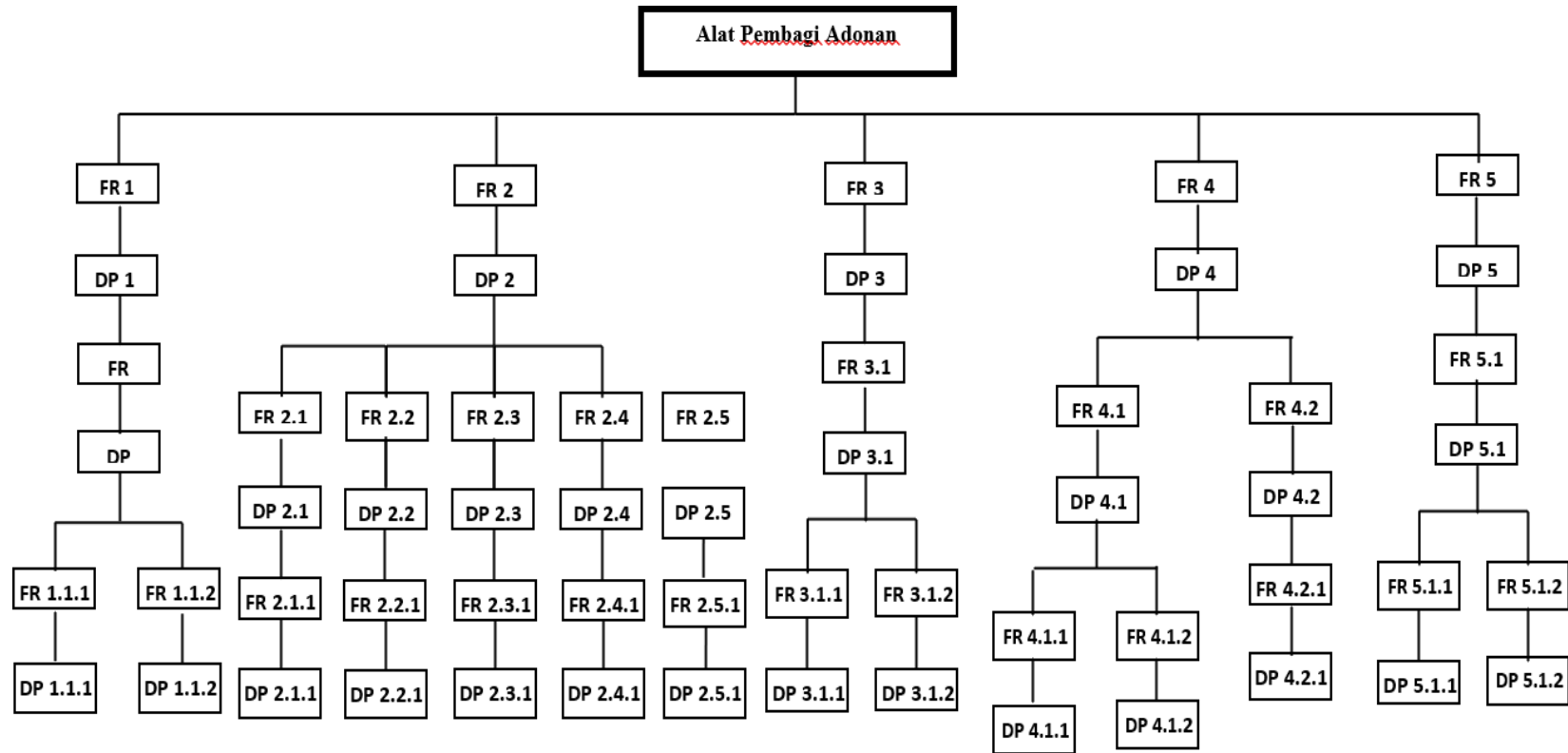
		FR 4.1	Memiliki bahan utama yang kuat dan kokoh	DP 4.1	Menggunakan jenis bahan besi hollow galvalum dan <i>Stainless steel</i> SUS 304 sehingga kuat dan aman
		FR 4.1.1	Material besi yang kuat	DP 4.1.1	Menggunakan rangka berbahan besi hollow galvalum
		FR 4.1.2	Material yang tebal dan tidak berongga	DP 4.1.2	Menggunakan plat <i>Stainless steel</i> dan besi hollow galvalum 2 mm dan 1 mm
		FR 4.2	Menentukan material pendukung	DP 4.2	Menggunakan material yang aman dan dapat mempererat struktur mesin
		FR 4.2.1	Bahan material pendukung	DP 4.2.1	Lem siku, mur, baut, cat agar meminimalisir karat
CA 5	Alat menghasilkan adonan yang berkualitas	FR 5	Produk dikembangkan memiliki cetakan segi empat	DP 5	Cetakan segiempat akan membagi adonan sebanyak 16 pcs
		FR 5.1	Cetakan didesain agar adonan terbagi secara merata	DP 5.1	Cetakan akan membagi adonan dengan masing-masing berat yaitu 50 gram
		FR 5.1.1	Penekan cetakan (tuas) didesain mempermudah pengguna sehingga lebih efektif	DP 5.1.1	Penekan menggunakan metode tarikan dan memberikan dorongan kepada cetakan
		FR 5.1.2	Pengoprasian dilakukan secara manual	DP 5.1.2	Pengoprasian dilakukan secara manual dengan menggunakan tuas



3. Hirarki Functional Requirements (FRs) dan Design Parameters (DPs)

Setelah mendapatkan lima Customer Attributes (CA), 29 Functional Requirements (FRs), dan Design Parameters (DPs), langkah selanjutnya adalah menyusun dalam bentuk hierarki yang disebut sebagai hierarki FRs dan DPs. Hierarki ini menunjukkan hubungan saling terkait antara FRs dan DPs serta dapat digambarkan sebagai berikut.

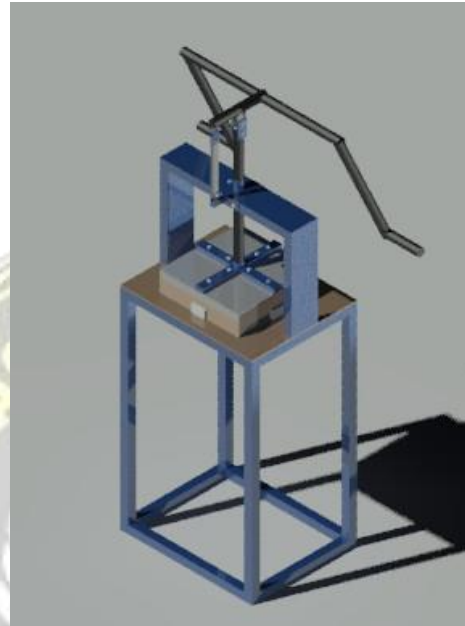




Gambar 4.2. Hirarki FRs dan DPs

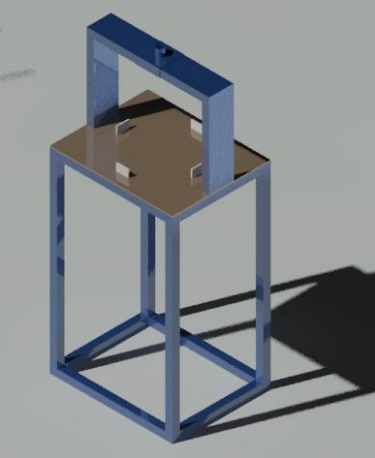
4. Spesifikasi Design Alat Dengan Pemetaan Hirarki FRs dan DPs


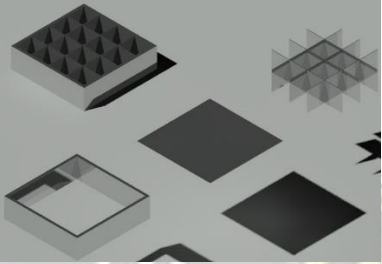
Berikut ini adalah rancangan design mesin *Dough divider* yang dapat dilihat pada gambar 4.3 dan spesifikasi desain dari mesin *Dough divider* yang akan dirancang, yang disusun berdasarkan atribut pembentuk produk pada tabel 4.7.



Gambar 4.3 Rancangan Design Mesin *Dough divider*

Tabel 4.7. Spesifikasi Komponen Alat Bantu Kerja

No	Atribut Produk	Gambar	Ket. FRs dan DPs
1	Meja Kerja		FR1.1 DP 1.1 FR 4.1.1 DP 4.1.1

2	Tuas		FR 3.1.1 DP 3.1.1 FR 5.1.1 DP 5.1.1
3	Wadah dan Pemotong Adonan Roti		FR 3.1.2 DP 3.1.2 FR 5.1 DP 5.1 FR 5.1.1 DP 5.1.1

4.2.3 Pengolahan Data Antropometri

1. Konversi Dimensi Antropometri

Setelah dilakukan pengukuran antropometri dengan menentukan dimensi tubuh para pekerja, berikut merupakan hasil konversi dimensi antropometri menjadi ukuran alat yang akan dirancang.

Tabel 4.8. Konversi Antropometri Menjadi Desain Produk

No	Dimensi Antropometri	Dimensi Produk
1	Jangkauan tangan kedepan	Digunakan untuk menentukan jarak antara posisi wadah pemotong adonan dan pengguna, sehingga memudahkan dalam memasukkan wadah adonan roti ke dalam mesin <i>Dough divider</i> , serta menentukan jarak antara operator dengan meja mesin.

2	Tinggi mata duduk	Digunakan untuk menentukan tinggi maksimal mesin atau tinggi maksimal tuas agar tidak terlalu tinggi maupun terlalu rendah terhadap tubuh pekerja.
3	Lebar telapak tangan	Digunakan untuk menentukan panjang pegangan tuas yang optimal saat menarik tuas mesin.
4	Tinggi siku duduk	Digunakan untuk menetapkan batas maksimal tinggi meja mesin
5	Diameter genggam maksimum	Digunakan untuk mengukur luas genggamangan pegangan tuas mesin.

2. Pehitungan Data Antropometri

Hasil pengukuran antropometri dengan perhitungan persentil ke-95 secara manual dari dimensi tubuh pekerja telah diperoleh, yang digunakan sebagai dasar dalam menyesuaikan ukuran alat yang akan diproduksi.

Tabel 4.9. Ukuran Tubuh Pekerja

Nama	Jangkauan Tangan Kedepan	Tinggi Mata Duduk	Tinggi Siku Duduk	Lebar Telapak Tangan	Diameter Genggam Maksimum
Salsa	66	114	72	13	3,3
Umi	64	111	71	12	3,1
Makmur	62	110	70	12	3
Rahan Toko	68	118	74	14	3,8
Jumlah	260	453	287	51	13,2
Rata-rata	65	113,25	71,75	12,75	3,3

a. Perhitungan untuk meja kerja

– **Mencari Standar Deviasi**

Sebelum menghitung persentil, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan nilai standar deviasi, seperti yang dijelaskan berikut ini:

- Jangkauan tangan kedepan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(66 - 65)^2 + (64 - 65)^2 + (62 - 65)^2 + (68 - 65)^2}{4 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{20}{3}}$$

$$\sigma = 2,58$$

- Tinggi siku duduk

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(72 - 71,75)^2 + (71 - 71,75)^2 + (70 - 71,75)^2 + (74 - 71,75)^2}{4 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{8,75}{3}}$$

$$\sigma = 1,70$$

- Tinggi mata duduk

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(114 - 113,25)^2 + (111 - 113,25)^2 + (110 - 113,25)^2 + (118 - 113,25)^2}{4 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{38,75}{3}}$$

$$\sigma = 3,59$$

– **Perhitungan Pengukuran Antropometri Dengan Persentil**

Perhitungan persentil yang digunakan adalah persentil ke-95, karena tujuan ini untuk menyesuaikan dimensi mesin yang akan dirancang agar dapat memenuhi kebutuhan secara optimal dan digunakan oleh seluruh pekerja saat proses pembagian adonan roti. Berikut adalah perhitungan persentil ke-95 berdasarkan dimensi tubuh pekerja :

- Jangkauan tangan kedepan

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 65 + 1,645 (2,58) = 69,24$$

- Tinggi siku duduk

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 71,75 + 1,645 (1,70) = 74,54$$

- Tinggi mata duduk

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 113,25 + 1,645 (3,59) = 119,16$$

Tabel 4.10. Hasil perhitungan antropometri

No	Dimensi Antropometri	Hasil dari P95	Allowance	Keterangan Produk	Dimensi Ukuran Produk (cm)
1	Jangkauan tangan kedepan	69,24	-30	Lebar meja	40
2	Tinggi siku duduk	74,54	1	Tinggi meja	75
3	Tinggi mata duduk	119,16	1	Tinggi alat	120

Setelah mendapatkan hasil pengukuran antropometri dengan persentil ke-95, data tersebut dimanfaatkan untuk merancang dan mendesain meja mesin.

b. Perhitungan Tuas mesin

- Mencari Standar Deviasi

Sebelum menghitung persentil, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan nilai standar deviasi, seperti yang dijelaskan berikut ini:

- Tinggi mata duduk

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(114-113,25)^2+(111-113,25)^2+(110-113,25)^2+(118-113,25)^2}{4-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{38,75}{3}}$$

$$\sigma = 3,59$$

- Lebar telapak tangan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(13-12,75)^2 + (12-12,75)^2 + (12-12,75)^2 + (14-12,75)^2}{4-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2,75}{3}}$$

$$\sigma = 0,95$$

- Diameter genggam maksimum

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(3,3-3,3)^2 + (3,1-3,3)^2 + (3-3,3)^2 + (3,8-3,3)^2}{4-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,38}{3}}$$

$$\sigma = 0,36$$

- Perhitungan Pengukuran Antropometri Dengan Persentil

Perhitungan persentil yang digunakan adalah persentil ke-95, karena tujuan ini untuk menyesuaikan dimensi mesin yang akan dirancang agar dapat memenuhi kebutuhan secara optimal dan digunakan oleh seluruh pekerja saat proses pembagian adonan roti. Berikut adalah perhitungan persentil ke-95 berdasarkan dimensi tubuh pekerja :

- Tinggi mata duduk

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 113,25 + 1,645 (3,59) = 119,16$$

- Lebar telapak tangan

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 12,75 + 1,645 (0,95) = 14,32$$

- Diameter genggam maksimum

$$P_{95} = \bar{x} + 1,645 (\sigma)$$

$$P_{95} = 3,3 + 1,645 (0,36) = 3,9$$

Tabel 4.11. Hasil perhitungan antropometri

No	Dimensi Antropometri	Hasil dari P95	Allowance	Keterangan Produk	Dimensi Ukuran Produk (cm)
1	Tinggi mata duduk	119,16	1	Tinggi alat / batas maksimal tuas	120
2	Lebar telapak tangan	14,32	1	Lebar pegangan tuas	15
3	Diameter genggam maksimum	3,9	-1	Diameter tuas	3

Setelah mendapatkan hasil pengukuran antropometri dengan persentil ke-95, data tersebut dimanfaatkan untuk merancang dan mendesain tuas mesin.

c. Pehitungan wadah adonan

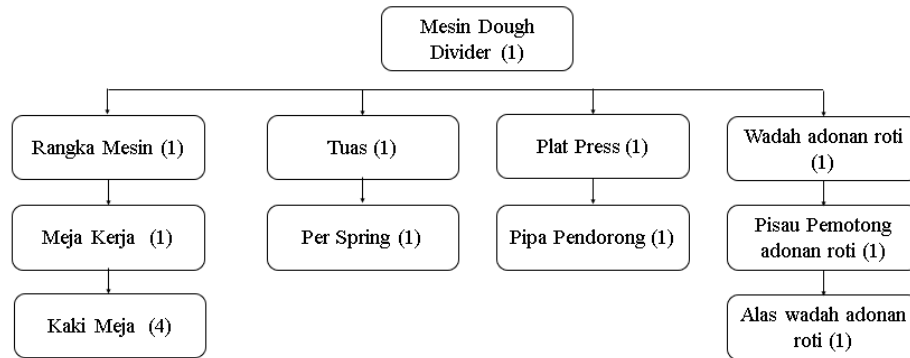
Perancangan wadah dan pisau pemotong disesuaikan tidak melebihi meja kerja dengan ukuran 30 x 30 cm yang menghasilkan 16 kotak pemotong dalam sekali pakai.

4.2.4 Perancangan Design Mesin *Dough divider*

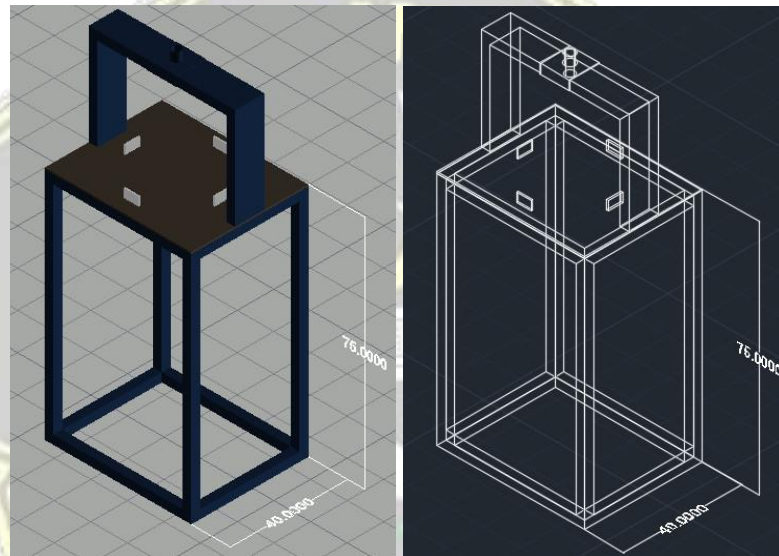
a. Design Mesin *Dough divider*

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan dan keinginan pekerja di UMKM “Kisah Roti”, diperoleh Customer Attribute (CA), Functional Requirements (FRs), dan Design Parameters (DPs) sebagai pedoman dalam perancangan alat yang akan dibuat. Kemudian terdapat bil of material yang akan digunakan dalam pembuatan mesin *Dough divider* ini dapat dilihat pada gambar 4.4. Pada gambar 4.3, gambar 4.4 dan gambar 4.5 menampilkan desain mesin *Dough divider* atau pembagi adonan, yang

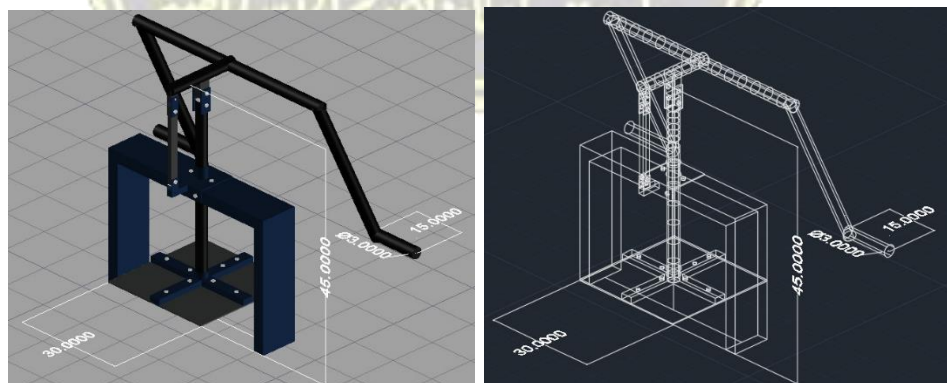
dikembangkan berdasarkan atribut pembentuk yang telah diolah serta disesuaikan dengan antropometri ukuran tubuh pekerja.



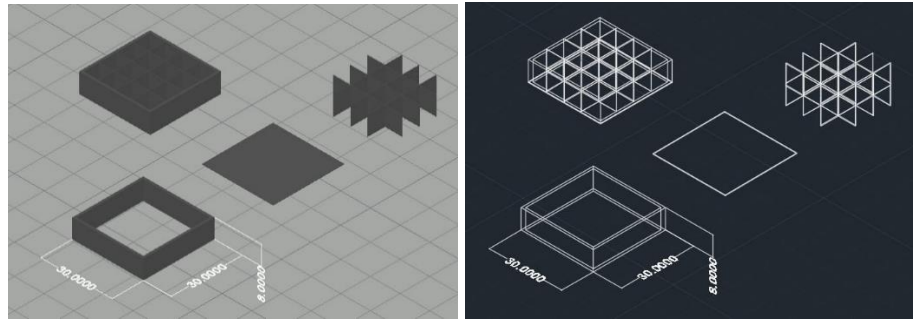
Gambar 4.4. Bill Of Material



Gambar 4.5. Usulan rancangan meja mesin Dough divider

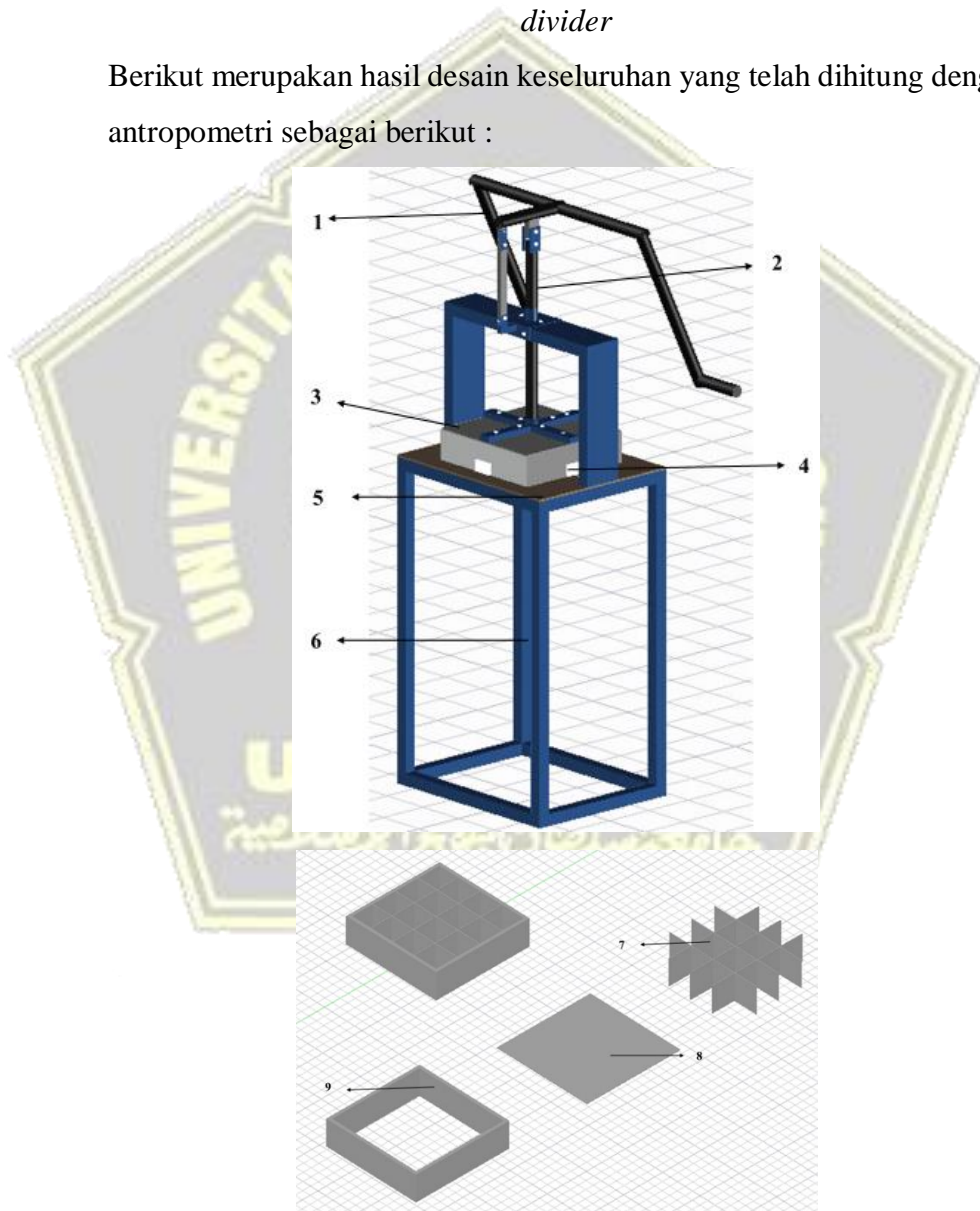


Gambar 4.6. Usulan rancangan tuas mesin Dough divider



Gambar 4.7. Usulan rancangan wadah dan pemotong mesin *Dough divider*

Berikut merupakan hasil desain keseluruhan yang telah dihitung dengan antropometri sebagai berikut :



Gambar 4.8. Rancangan mesin *Dough divider* Berdasarkan Antropometri

Keterangan :

1. Tuas
2. Pipa press atau pendorong
3. Plat press atau pendorong
4. Pengaman cetakan
5. Meja kerja
6. Kerangka mesin
7. Pisau pemotong adonan roti
8. Alas wadah adonan roti
9. Wadah adonan roti

b. Langkah-langkah Pembuatan Mesin *Dough divider*

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Axiomatic Design* dan antropometri, serta dilakukan perancangan design. Maka langkah selanjutnya yaitu mewujudkan alat bantu kerja berupa mesin *Dough divider* tersebut dengan langkah-langkah berikut :

1. Pembuatan kerangka mesin *Dough divider* ini dengan menggunakan bahan berupa besi hollow galvalum karena memiliki ketahanan terhadap karat, kuat, harga yang murah dan ringan. Kerangka tersebut dibuat dengan tinggi 75 cm dan sisinya 40x40 cm. Dalam pembuatan kerangka mesin ini, beberapa bahan seperti mata bor untuk membuat lubang tempat baut, kikir untuk mengikir komponen yang berlebih, amplas kasar, amplas halus dan dempul untuk melakukan finishing.
2. Untuk pembuatan meja mesin tersebut menggunakan *Stainless steel* SUS 304 karena bahan tersebut sudah sesuai dengan ketentuan SNI dan food grade sehingga aman untuk makanan dengan ukuran 40x40cm, dalam pembuatan ini menggunakan mesin cutting plat untuk memotong lembaran plat *Stainless steel* dengan dengan ketebalan 2 mm untuk membentuk plat sesuai yang direncanakan.
3. Untuk pembuatan kerangka tuas mesin menggunakan besi hollow galvalum karena memiliki ketahanan terhadap karat, harga yang murah dan ringan dengan ukuran tinggi 45 cm dan diameter 3cm. Dalam

pembuatan kerangka tuas mesin ini, beberapa bahan seperti per spring sebagai pegas pada tuas, mata bor untuk membuat lubang tempat baut, kikir untuk mengikir komponen yang berlebih, gerinda untuk memotong, amplas kasar, amplas halus dan dempul untuk melakukan finishing.

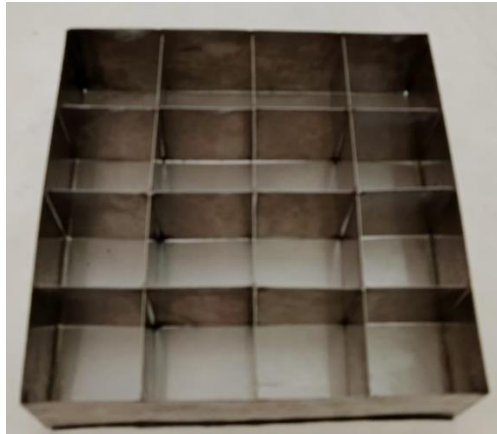
4. Untuk membuat plat press menggunakan *Stainless steel* SUS 304 karena bahan tersebut sudah sesuai dengan ketentuan SNI dan food grade sehingga aman untuk makanan pendorong cetakan yang berukuran 30x30 cm, serta dilengkapi dengan pipa pendorong yang terbuat dari besi hollow galvalum berbentuk lingkaran dengan tinggi 45 cm dan diameter 3cm. Dalam pembuatan kerangka mesin ini, beberapa bahan seperti mata bor untuk membuat lubang tempat baut, kikir untuk mengikir komponen yang berlebih, amplas kasar, amplas halus dan dempul untuk melakukan finishing.
5. Untuk pembuatan wadah adonan roti menggunakan plat *Stainless steel* SUS 304 karena bahan tersebut sudah sesuai dengan ketentuan SNI dan food grade berukuran 30x30 cm dan tinggi 8 cm. Dalam pembuatan ini menggunakan mesin cutting plat untuk memotong lembaran plat *Stainless steel* dengan dengan ketebalan 1 mm, serta mesin bending untuk menekuk plat sesuai yang direncanakan.
6. Untuk pembuatan pisau pemotong adonan roti menggunakan plat *Stainless steel* SUS 304 karena bahan tersebut sudah sesuai dengan ketentuan SNI dan food grade berukuran 29,8 cm cm dan tinggi 8 cm sebanyak 6 buah. Dalam pembuatan ini menggunakan mesin cutting plat untuk memotong lembaran plat *Stainless steel* dengan dengan ketebalan 1 mm.
7. Untuk pembuatan alas wadah adonan roti menggunakan plat *Stainless steel* SUS 304 karena bahan tersebut sudah sesuai dengan ketentuan SNI dan food grade berukuran 30,1x30,1 cm. Dalam pembuatan ini menggunakan mesin cutting plat untuk memotong lembaran plat *Stainless steel* dengan dengan ketebalan 1 mm.

8. Setelah selesai proses pemotongan dan pengukuran maka menyatukan bagian per bagian dengan menggunakan mesin las listrik hingga membentuk kerangka yang sesuai dengan gambar yang direncanakan, setelah terbentuk kerangka tersebut dilakukan penggerindaan pada tempelan las, dalam pengerjaan penggerindaan dibutuhkan batu gerinda (selep), dan selanjutnya dilakukan pendempulan, dalam hal ini dibutuhkan dempul dan amplas. Kemudian dilakukan pengecatan juga.

c. Implementasi

Berikut ini merupakan implementasi dari mesin *Dough divider* yang telah Dibuat :





Gambar 4.9. Alat Bantu Mesin *Dough divider*

Berikut ini adalah spesifikasi desain dari Alat Pembagi Adonan beserta fungsi bagian mesin dengan menggunakan ukuran dari dimensi tubuh pekerja :

Tabel 4.12. Spesifikasi Fungsi Bagian Mesin

Nama Bagian	Gambar	Fungsi	Ukuran
Pisau pemotong		Memotong / membagi adonan roti	29,8 x 8 cm
Wadah		Tempat saat pengepressan dan pemotongan adonan roti	30x30 cm
Alas wadah		Mempermudah pemindahan dan pengambilan adonan roti	30,1x30,1 cm

<p>Pengaman cetakan</p>		<p>Mempermudah peletakkan wadah pembagi adonan roti dan agar wadah tidak bergeser saat dilakukan proses pembagian</p>	<p>30,2x30,2 cm</p>
<p>Plat press</p>		<p>Meratakan adonan roti dalam wadah sebelum dibagi</p>	<p>29,8x29,8 cm</p>
<p>Meja kerja</p>		<p>Tempat melakukan proses pembagian adonan</p>	<p>40x40x75 cm</p>
<p>Tuas</p>		<p>Menggerakkan poros pendorong</p>	<p>Tinggi 45 cm dan diameter 3 cm</p>

4.2.5 Uji Coba dan Pengukuran Alat Bantu

Pada permasalahan yang ditemukan dalam aktivitas kerja di UMKM Kisah Roti, telah dirumuskan solusi berupa usulan perbaikan untuk mengatasi kendala yang ada. Berikut ini merupakan pemecahan masalah yang ada di UMKM Kisah Roti:

1. Postur kerja saat proses pembagian adonan roti memerlukan perbaikan, karena meningkatnya permintaan pesanan menyebabkan postur kerja yang kurang ideal, sehingga menimbulkan berbagai keluhan pada pegawai. Kondisi ini mengurangi kenyamanan kerja mereka. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa perbaikan dengan mengusulkan penggunaan alat bantu berupa mesin *Dough divider* agar pekerjaan pegawai menjadi lebih mudah dan efisien.
2. Usulan perbaikan pada proses pembagian adonan roti bertujuan untuk mempercepat produksi sekaligus mengurangi keluhan yang dialami oleh para pegawai. Adapun usulan tersebut adalah sebagai berikut :

- Proses pembagian adonan

Pada uji coba menggunakan mesin *Dough divider* ini berat adonan roti yaitu 8 kg dengan dilakukan 10 kali pengambilan data hingga adonan roti selesai. Dalam 1 kali penggunaan mesin *Dough divider* dapat menghasilkan 16 potong adonan roti dan dilakukan pengambilan pada 5 potongnya guna dilakukan penimbangan menggunakan neraca digital yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.13. Hasil Uji Coba Mesin *Dough divider*

Percobaan ke-	Waktu (detik)	Potongan ke-	Berat Potongan (gram)	Rata-Rata (gram)
1	45	1	50	50,1
		2	51	
		3	50,5	
		4	50	
		5	49	

2	48	1	51	50
		2	50,5	
		3	50	
		4	49,5	
		5	49	
3	53	1	49	50,2
		2	51	
		3	49	
		4	51	
		5	51	
4	55	1	49	50,1
		2	49,5	
		3	51	
		4	51	
		5	50	
5	56	1	50,5	49,9
		2	50	
		3	51	
		4	49	
		5	49	

6	47	1	49,5	49,9
		2	50	
		3	50	
		4	51	
		5	49	
7	49	1	50	49,8
		2	49	
		3	50	
		4	51	
		5	49	
8	51	1	51	50,2
		2	50	
		3	49,8	
		4	50,2	
		5	50	
9	54	1	50	50,2
		2	50	

		3	51	
		4	51	
		5	49	
10	57	1	50	49,8
		2	50,5	
		3	49,5	
		4	50	
		5	49	
Jumlah	515	Rata-rata		50,02

Berdasarkan hasil data pada tabel diatas untuk menyelesaikan proses pembagian adonan roti 8 kg didapatkan berat rata-rata adonan roti pada 10 kali penggunaan alat yaitu 50,02 gram dengan waktu yang dibutuhkan 515 detik atau 8,5833 menit yang di bulatkan yaitu 9 menit.

Kemudian setelah menggunakan alat bantu kerja berupa mesin *Dough divider* tersebut dilakukan pengisian kuisisioner NBM (*Nordic Body Map*) kembali untuk mengetahui keefektifan alat tersebut pada tubuh pekerja. Berdasarkan hasil rekapitulasi kuisisioner NBM terhadap tubuh pekerja saat proses pembagian adonan roti, diperoleh nilai skor seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.14. Hasil Rekapitulasi NBM Dengan Alat Bantu Kerja

No.	Nama Pekerja	Total Skoring	Keterangan Tingkat Risiko
1	Umi	18	Rendah (belum dilakukan perbaikan)
2	Makmur	23	Sedang (mungkin diperlukan perbaikan)
3	Salsa	10	Rendah (belum dilakukan perbaikan)
4	Rahan Toko	8	Rendah (belum dilakukan perbaikan)

Dari hasil tersebut terdapat penurunan nilai skor pada semua pekerja dengan skor pekerja dengan nama Umi awalnya skor 46 menjadi 18, makmur skor 52 menjadi 23, Salsa skor 44 menjadi 10 dan Rahan toko 42 menjadi 8.

4.2.6 Perhitungan Kelayakan Investasi

Desain alat bantu kerja pada mesin *Dough divider* ini juga disertai dengan analisis biaya untuk menilai apakah penggunaannya dapat memberikan manfaat ekonomi bagi UMKM tersebut. Estimasi biaya yang diperlukan dalam pembuatan alat *Dough divider* dapat dilihat pada tabel berikut merupakan *Bill Of Material* yang digunakan dalam proses pembuatan mesin tersebut.

Tabel 4.15. *Bill Of Materials*

No	Nama Komponen dan Material	Justifikasi Pemakaian	Ket.	Satuan	Vo l.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Besi hollow 2x2 cm	Membuat kerangka mesin	Beli	Meter	4	150.000	600.000
2	Besi hollow 5x10 cm	Membuat kerangka mesin	Beli	Meter	2	200.000	400.000
3	Besi hollow D 30mm	Membuat tuas mesin	Beli	Meter	2	200.000	400.000
4	per spring	Memberikan gaya/torsi	Beli	Pcs	1	80.000	80.000
5	Plat <i>Stainless steel</i> 2mm 70x40 cm	Membuat meja kerja, plat press pendorong, pengaman cetakan, pisau pemotong	Beli	Lembar	9	150.000	1.350.000

		adonan, alas wadah adonan, wadah adonan					
6	Poros <i>Stainless steel</i> D 10mm P 50 cm	Digunakan untuk poros tuas dan pipa press	Beli	Pcs	6	150.000	900.000
7	Cat minyak	Finishing dan melindungi besi dari karat	Beli	Pcs	1	100.000	100.000
8	Mur baut M5x50 mm	Menyatukan part-part	Beli	Pcs	20	2.500	50.000
9	Tiner	Pengencer cat	Beli	Pcs	1	55.000	55.000
10	Amplas	Menghaluskan permukaan	Beli	Pcs	2	7.500	15.000
Jumlah							3.950.000

Rincian anggaran pada tabel tersebut merupakan harga material barang baru. Total biaya komponen adalah Rp. 3.950.000. Adapun analisis dari segi ekonomi untuk perancangan mesin *Dough divider* ini dihitung berdasarkan parameter yang digunakan dalam menghitung biaya pengoperasian mesin sebagai berikut :

1. Depresiasi / Tahun

$$\text{Depresiasi} = \frac{(\text{Biaya perolehan aset} - \text{Nilai residu})}{\text{Umur ekonomis}}$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{3.950.000 - 0}{5} = 790.000$$

2. Biaya Operator / Tahun

$$\text{Biaya operator} = \text{biaya operator per bulan} \times 12$$

$$\text{Biaya operator} = 1.500.000 \times 12 = 18.000.000$$

3. Biaya Bahan Baku / Tahun

$$\text{Biaya bahan baku} = \text{biaya bahan baku per hari} \times 24 \times 12$$

$$\text{Biaya bahan baku} = 250.000.000 \times 24 \times 12 = 72.000.000$$

4. Biaya Listrik / Tahun

$$\text{Biaya listrik} = \text{Biaya listrik per bulan} \times 12$$

$$\text{Biaya listrik} = 250.000 \times 12 = 3.000.000$$

5. Total Penjualan Roti / Tahun

Total penjualan roti terhitung dari bulan Februari 2024 – Januari 2025 yaitu sebanyak 39.400 pcs dengan harga mulai dari Rp 3500 – 5000 yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.16. Penjualan Roti

Bulan	Jumlah Roti Rp 3500 (pcs)	Jumlah Roti Rp 5.000 (pcs)	Jumlah Pesanan (pcs)
Feb-24	2050	350	2400
Mar-24	3025	575	3600
Apr-24	4085	715	4800
Mei-24	2410	390	2800
Jun-24	2710	410	3120
Jul-24	2065	335	2400
Agu-24	2595	405	3000
Sep-24	3460	620	4080
Okt-24	1945	215	2160
Nov-24	2820	540	3360
Des-24	3900	660	4560
Jan-25	2720	400	3120
Jumlah	33785	5615	39400

Tabel 4.17. Parameter Perhitungan Biaya

Parameter	Satuan	Nilai
Harga mesin	Rp/unit	3.950.000
Umur mesin	Tahun	5
Harga akhir mesin	Rp/unit	0
Depresiasi	Rp/tahun	790.000

Tabel 4.18. Perhitungan Harga Pokok Produksi

Keterangan (Per Tahun)	Nilai (Rp)
Biaya operator	18.000.000
Biaya Overhead	
Biaya bahan baku tidak langsung	72.000.000
Biaya Maintenance	1.800.000
Biaya penyusutan	790.000
Harga pokok produksi	92.590.000

Tabel 4.19. Perhitungan Profit

Keterangan	Jumlah	Nilai
Penjualan roti	(3.500 x 39400)	137.900.000
Harga pokok produksi	92.590.000	92.590.000
Profit/tahun		45.310.000

Penelitian ini menggunakan Payback period (PP) yang arus kasnya di diskontokan dengan biaya modal (k), agar jumlah arus kas yang telah di diskontokan tersebut nilainya sama dengan nilai sekarang investasi.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \times 1 \text{ tahun} = \frac{3.950.000}{45.310.000} \times 1$$

Payback period = 0,087177 tahun = 32 hari atau 1 bulan 2 hari.

Perhitungan payback period digunakan untuk mengetahui jangka waktu pengembalian modal. Dari persamaan diatas lama pengembalian modal mesin *Dough divider* adalah 1 bulan 2 hari.

4.3 Analisa dan Interpretasi

4.3.1 Analisa *Axiomatic Design*

Setelah atribut diperoleh melalui pengolahan data dari rekapitulasi wawancara dengan pemilik UMKM, atribut tersebut dikategorikan sebagai Customer Attribute (CA). Selanjutnya, atribut ini dianalisis menggunakan metode *Axiomatic Design*, yaitu pendekatan yang mendefinisikan desain sebagai proses sintesis solusi dalam bentuk produk, proses, atau sistem yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Proses ini dilakukan melalui pemetaan Functional Requirements (FRs) dalam domain fungsional serta Design Parameters (DPs). Dalam *Axiomatic Design*, terdapat empat domain utama, yaitu Customer Attribute, Functional Requirement, Design Parameters, serta Process Variable atau aspek yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. Berdasarkan hasil analisis, berikut adalah Customer Attribute (CA) yang menggambarkan kebutuhan konsumen terhadap produk yang dikembangkan:

1. Tahan Lama (CA 1) – Produk menggunakan bahan yang memiliki daya tahan tinggi yang terbuat dari besi hollow galvalum. Ketahanan ini menjadi faktor penting bagi pekerja, karena produk yang lebih tahan lama dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Hal ini bergantung pada pemilihan material serta mesin yang digunakan, di mana mesin harus memiliki ketahanan yang baik agar tetap dapat berfungsi dalam waktu lama.
2. Ergonomis (CA 2) – Produk memiliki desain ergonomis yang memastikan kenyamanan pengguna saat menggunakannya. Salah satu aspek kenyamanan yang diperhatikan adalah kemudahan penggunaan, misalnya pekerja tidak melakukan gerakan yang berulang dengan posisi yang sama dalam waktu yang lama.
3. Mudah dipindahkan dan mudah digunakan (CA 3) – Produk dirancang agar mudah dipindahkan, sehingga pengguna tidak perlu mengeluarkan tenaga berlebih saat memindahkan alat dari satu tempat ke tempat lain. Kemudahan ini didukung oleh bobot alat yang hanya 3 kg serta adanya

handle pada tuas yang memungkinkan pengguna dengan mudah menggerakkan cetakan ke adonan.

4. Keamanan (CA 4) – Produk dirancang agar aman digunakan oleh pekerja. Oleh karena itu, mesin dibuat menggunakan material yang tidak hanya aman tetapi juga mampu meningkatkan kekokohan struktur mesin, sehingga lebih stabil saat digunakan.
5. Hasil Adonan Berkualitas (CA 5) – Produk mampu menghasilkan adonan dengan kualitas yang baik. Untuk mencapai hal ini, alat dirancang menggunakan cetakan berbentuk segi empat dengan material *Stainless steel* SUS 304 sesuai SNI dan lolos food grade yang berukuran 30x30 cm, dilengkapi dengan pisau pemotong yang dapat membagi adonan menjadi 16 bagian, masing-masing seberat 50 gram, sehingga menghasilkan adonan yang seragam, tidak mempengaruhi rasa maupun berubah warna.

4.3.2 Analisa Antropometri

Setelah dilakukan pengukuran terhadap pekerja, ukuran tubuh mereka dianalisis agar sesuai dengan dimensi alat yang akan dibuat. Terdapat empat aspek pengukuran yang dikonversi ke dalam dimensi alat, yaitu:

1. Jangkauan tangan ke depan disesuaikan dengan jarak mesin terhadap pekerja agar nyaman digunakan.
2. Tinggi siku duduk menjadi acuan dalam menentukan tinggi meja mesin, sehingga alat yang dibuat tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah bagi pekerja.
3. Lebar telapak tangan digunakan untuk menentukan ukuran luas pegangan tuas agar nyaman saat digenggam.
4. Tinggi mata saat duduk dijadikan referensi untuk menentukan batas maksimal tinggi alat.
5. Diameter genggam maksimal disesuaikan untuk diameter genggam tuas mesin agar pekerja dapat menggenggamnya dengan nyaman dan aman.

Dengan konversi dimensi antropometri tersebut dan setelah dilakukan perhitungan menggunakan antropometri didapatkan ukuran meja mesin yaitu 40x40x75 cm, tuas mesin dengan ukuran tinggi 45 cm, diameter genggam tangan 3 cm dan luas pegangan tangan 15 cm, serta wadah serta pisau pemotong adonan roti 30x30x8 cm. Dengan penyesuaian ini, alat yang dibuat dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi bagi pekerja yang dapat dilihat pada tabel. hasil rekapitulasi NBM setelah menggunakan alat yang terdapat penurunan skor pada setiap pekerja..

4.3.3 Analisa Kapasitas Mesin

Tabel 4.20. Perbandingan Mesin Yang Dirancang Dengan Mesin Terdahulu

No	Mesin	Ukuran	Berat	Kapasitas	Daya	Harga (Rp)
1	Mesin terdahulu 	54,5 x 43 x 130 cm	180 kg	36 pcs/ proses	750 Watt, 220 V	17.490.000
2	Mesin terbaru 	40x40x120 cm	3 kg	16 pcs/ proses	Tanpa listrik	3.950.000

Berdasarkan tabel 4.16 yang memuat data mesin terdahulu, diketahui bahwa mesin yang dikembangkan oleh peneliti berat yang lebih ringan serta memiliki ukuran yang lebih ergonomis dibandingkan mesin terdahulu. Meskipun dapat menghasilkan potongan adonan roti yang lebih rendah, mesin terbaru ini tidak membutuhkan tenaga listrik sehingga lebih hemat dibandingkan dengan mesin sebelumnya.

4.3.4 Analisa Adonan Roti Hasil Olahan Dengan *Dough divider*

Pada proses pembagian adonan roti sebelum menggunakan alat bantu kerja membutuhkan waktu 3 jam untuk 8 kg dalam membagi adonan roti dengan berat masing-masing 50 gram. Selanjutnya, dilakukan proses pembagian adonan roti dengan menggunakan alat bantu kerja yaitu mesin *Dough divider* didapatkan hasil rata-rata berat adonan roti yaitu 50,02 gram dan waktu yang dibutuhkan untuk membagi 8 kg adonan roti yaitu kurang dari 10 menit. Sehingga alat bantu mesin *Dough divider* dapat mengurangi waktu proses produksi.

4.3.5 Analisa Biaya Mesin

Penelitian ini menerapkan metode Payback Period (PP) dengan mendiskontokan arus kas menggunakan biaya modal (k) agar nilai arus kas yang telah didiskontokan setara dengan nilai investasi saat ini. Penentuan keputusan investasi didasarkan pada dua kriteria berikut:

1. Jika PP lebih kecil dari umur ekonomis (waktu pengembalian yang disyaratkan), maka investasi dapat diterima.
2. Jika PP lebih besar dari umur ekonomis (waktu pengembalian yang disyaratkan), maka investasi ditolak.

Perhitungan payback period digunakan untuk mengetahui jangka waktu pengembalian modal. Dari persamaan diatas lama pengembalian modal mesin *Dough divider* adalah 1 bulan 2 hari, karena $k = 0,087177$ tahun $< n = 5$ tahun,

maka periode pengembalian investasi dari mesin *Dough divider* yang dibuat tersebut memenuhi syarat atau diterima.

4.3.6 Analisa Keseluruhan

Setelah dilakukan uji coba terhadap mesin hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa mesin yang dikembangkan berhasil. Dengan keergonomisan dan keekonomisan yang dimiliki, penelitian ini membuktikan bahwa waktu proses pada saat pembagian adonan roti berkurang sangat signifikan yang awalnya membutuhkan waktu 3 jam, saat ini hanya membutuhkan waktu 9 menit atau kurang dari 10 menit untuk menyelesaikan pembagian adonan roti 7-8 kg. Dampak dari waktu proses produksi yang berkurang, secara langsung mengurangi kelelahan yang dirasakan oleh pekerja yang dapat dilihat pada tabel hasil rekapitulasi NBM yang mengalami penurunan skor setiap pekerja.

Dari segi ekonomi, mesin terbaru ini memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan mesin sebelumnya. Selain itu, tingkat pengembalian modal alat bantu kerja ini hanya 1 bulan 2 hari dimana kurang dari umur mesin yaitu 5 tahun. Dengan berbagai kelebihan tersebut, kehadiran mesin hasil penelitian ini menjadi solusi yang menguntungkan bagi UMKM Kisah Roti Magelang serta usaha sejenis dalam proses pembagian adonan roti secara lebih efektif.

4.4 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan hasil pengumpulan dan analisis data yang telah dilakukan, dapat dibuktikan bahwa metode *Axiomatic Design* dengan antropometri efektif dalam mengidentifikasi kebutuhan serta preferensi pekerja dalam perancangan mesin *dough divider* ini. Proses ini dimulai dengan wawancara pekerja, yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *Axiomatic Design*. Hasil dari wawancara tersebut diklasifikasikan sebagai Customer Attribute (CA), yang selanjutnya digunakan untuk menetapkan Functional Requirements (FRs) guna memahami kebutuhan utama pekerja. Selanjutnya, dilakukan pemilihan

material berdasarkan berbagai kebutuhan (Design Parameters/DPs) serta penyusunan hierarki FRs untuk mengidentifikasi hubungan antara FRs dan DPs. Hubungan ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram hierarki FRs. Setelah itu, proses produksi dilakukan untuk merealisasikan desain menjadi produk akhir dengan mempertimbangkan Process Variable (PV). Hasil rekapitulasi NBM juga mengalami penurunan skor karena alat yang dihasilkan dapat mempercepat proses produksi sehingga mengurangi kelelahan yang dirasakan pekerja. Dengan demikian, metode *Axiomatic Design* dengan antropometri berkontribusi dalam mendukung pengembangan mesin penghancur limbah yang sesuai dengan kebutuhan dan harapan pekerja di UMKM Kisah Roti Magelang.

Keberhasilan mesin *Dough divider* ini juga mengonfirmasi hipotesis penelitian, karena mesin yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan produk serupa di pasaran. Beberapa kelebihan utama meliputi:

- Ukuran yang ergonomis sesuai tubuh pekerja.
- Ringan (mudah dipindahkan) dan tidak membutuhkan tempat yang luas..
- Mudah dibersihkan.
- Tidak membutuhkan daya listrik untuk menggunakan mesin.
- Harga yang lebih murah.

Selain itu, potongan adonan roti yang dihasilkan dengan rata-rata 50,02 gram dan dapat menghasilkan 16 potongan dalam sekali proses. Oleh karena itu, keberadaan mesin *Dough divider* ini memberikan manfaat besar dalam proses pembagian adonan roti di UMKM Kisah Roti Magelang serta industri sejenis lainnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di UMKM Kisah Roti Magelang dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terciptanya mesin penghancur *Dough divider* ini menjadi perwujudan solusi dalam proses pembagian roti di UMKM Kisah Roti, dengan adanya alat bantu kerja ini waktu yang dibutuhkan proses pembagian roti menjadi lebih cepat sehingga otomatis mengurangi kelelahan yang dirasakan oleh pekerja.
2. Perancangan mesin *Dough divider* memberikan beberapa nilai tambah dibandingkan mesin sebelumnya yang ada di pasaran, beberapa kelebihan diantaranya :
 - a. Ukuran yang ergonomis sesuai tubuh pekerja.
 - b. Ringan (mudah dipindahkan) dan tidak membutuhkan tempat yang luas..
 - c. Mudah dibersihkan.
 - d. Tidak membutuhkan daya listrik untuk menggunakan mesin.
 - e. Harga yang lebih murah.
 - f. Selain itu, potongan adonan roti yang dihasilkan dengan rata-rata 50,02 gram dan dapat menghasilkan 16 potongan dalam sekali proses. Oleh karena itu, keberadaan mesin *Dough divider* ini memberikan manfaat besar dalam proses pembagian adonan roti di UMKM Kisah Roti Magelang serta industri sejenis lainnya.
3. Tingkat pengembalian modal dari mesin *Dough divider* hanya 1 bulan 2 hari. Dengan demikian, mesin ini memenuhi syarat layak dan diterima.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Sebaiknya sebelum mesin tersebut digunakan dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dan melakukan perawatan berkala agar umur mesin dapat bertahan lama sesuai yang diharapkan.
2. Peneliti selanjutnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jadwal perawatan mesin dan melakukan perbaikan pada mesin tersebut apabila ditemukan kekurangan.
3. Selalu menjaga kesehatan dan keselamatan kerja saat melakukan aktivitas.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi & Purnomo. (2016). *Konsep Rancangan Alat Penanam Benih Jagung Dengan Pendekatan Axiomatic Design*.
- Ade, Yulia, Fanny, A. (2019). Analisis Kelayakan Pendirian Usaha Pengolahan Tempurung Kelapa di Kecamatan Pengabuan, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 8(2), 145–153. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2019.008.02.7>
- Adisaputro, G. (2014). *Manajemen Pemasaran: Analisis untuk Perencanaan Strategi Pemasaran*. UPP Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Anam, K., Mas'idah, E., & Bernadhi, B. D. (2019). Analisa Resiko Postur Kerja Dengan Menggunakan Metode Quick Exposure Checklist (QEC) dan Lingkungan Kerja Fisik pada Proses Bongkar Ikan CV Mina Mandiri Sejahtera. *Skripsi*, 113. <http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/16129>
- Bagasghani, I. S. (2022). *Perancangan Mesin Penghancur Limbah Multiplex dan Blockboard Menjadi Serbuk Kayu Menggunakan Metode Axiomatic Design Di CV Bahana Raya Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Medium Density Fiberboard (MDF)*.
- Bahri, S., & Wati, P. E. D. K. (2024). Analisis Kelayakan Investasi Mesin Pencetak Adonan Guna Meningkatkan Kapasitas Produksi pada UMKM Nek Wik di Bawean. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(1), 27–35. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i1.21706>
- Bonar Marben. (2020). *Komponen Spool Wire Di Pt Kemet Electronics Indonesia*.
- Bram Palgunadi. (2007). *Desain Produk 1: Desain, Disainer, dan Proyek Desain*. Institut Teknologi Bandung.
- Chapman, S., Arnold, T., & Gatewood, A. (2016). *Pengantar Manajemen Material*

Edisi 8 (8 ed.). Pearson.

Fauzi, A., & Al Huda, M. (2021). Pengembangan Desain Mesin Multi Spindel Pengeboran Untuk Meningkatkan Produktivitas Gabus Shuttlrcock. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(3), 197–205. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v11i3.2909>

Feri Sulianta. (2010). *IT Ergonomics*. Elex Media Komputindo.

Ghufrani, M. S. (2010). Perancangan Alat Pengangkut Galon Ke Dispenser Dengan Pendekatan Metode *Axiomatic Design*. Universitas Sebelas Maret.

Gittinger, J. P. (1986). *Analisa Ekonomi Proyek-Proyek Pertanian*. UI-Press. <https://librarysb.ipb.ac.id/opac/detail-opac?id=370>

Haslindah. (2007). Analisa Ergonomi dala Perancangan Fasilitas Kerja untuk Proses Perontok Padi (Thresher) dengan Pendekatan Biomekanika. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2.

Hidayat, A. F., Kurniawan, H., & Widyasari, R. (2021). Analisis Kelayakan Finansial Agroindustri Kerupuk Kulit Menggunakan Mesin Peniris di Kecamatan Selong, Kabupaten Lombok Timur. *Agroteknika*, 4(1), 11–19. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.75>

J. Supranto, H. N. & L. (2007). *PERILAKU KONSUMEN DAN STRATEGI PEMASARAN UNTUK MEMENANGKA PERSAINGAN BISNIS*. Mitra Wacana Media. http://ucs.sulselib.net//index.php?p=show_detail&id=39127

J.M. Harrington, F. S. G. (2003). *Buku Saku Kesehatan Kerja* (3 ed.). EGC. <http://kin.perpusnas.go.id/DisplayData.aspx?pId=96944&pRegionCode=UNNTAR&pClientId=650>

Jastrzębowski, W. (1857). *An outline of Ergonomics, or the Science of Work*. Central Institute of Labour Protection.

Kusmindari, C. D., Oktaviana, R., & Yuliwati, E. (2014). Aplikasi *Nordic Body*

- Map* untuk Mengurangi Musculoskeletal Disorder Pada Pengrajin Songket. *Ilmiah TEKNO*, 11(2), 65–76.
- Mohammad Dzaky Arraffii, Abid Nurkhourudin, H. M. (2023). *Multidisciplinary Science Analisis Kelayakan Investasi Mesin Grinder Kopi Untuk Meningkatkan Kapasitas Penggilingan Kopi*. 1(5), 975–988.
- Montororing, Y. D. R. (2018). Usulan Penentuan Waktu Baku Proses Racking Produk Amplimesh dengan Metode Jam Henti Pada Departemen Power Coating. *Jurnal Teknik*, 7(2), 53–63.
- Muhammad, F. M., Sri Martini, & Rino Andias Anugraha. (2020). *Mendefinisikan Parameter Desain Untuk Perancangan Jig Menggunakan Metode Axiomatic Design Dan Matriks Kontradiksi Dari Triz Define Design Parameter To Jig Design Using Triz And Axiomatic Design Method*. 7(2), 5383–5390.
- Nubli, N. A. I. (2020). PERANCANGAN DESAIN PRODUK ALAT BANTU PEMISAH KULIT BAWANG MERAH DAN PENGEMASAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE AXIOMATIC DESIGN (Studi Kasus: Sentra Bawang Merah, Desa Jungsemi, Kab. Kendal). *Repositori Unissula*.
- Nurmianto, E. (2008). *Ergonomi: konsep dasar dan aplikasinya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Suarabaya.
- Pujawan, I. N. (2004). *Ekonomi Teknik*. Guna Widya. <https://digilib.ub.ac.id/opac/detail-opac?id=86135>
- Ramadhan, Putra Dama Triayudi, A., & Aldisa, R. T. A. (2023). Animasi Sinematik Dinosaurus Secara 3D Menggunakan Blender dengan Metode Pose to Pose. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 3, 6. <https://doi.org/10.30865/klik.v3i6.881>
- Ramadhan, R. (2020). Perancangan Alat Bending pada Proses Penekukan Plat Besi Menggunakan Metode *Axiomatic Design* House Of Quality (AHOQ) di CV.

- Ihal Bersaudara. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Rosyda. (2024). *Pengertian UMKM: Kriteria, Aturan, Peran dan Contoh*. Gramedia Blog. <https://www.gramedia.com/literasi/umkm/>
- Sari, M. H. R. S. . (2016). *Penilaian Aspek Ergonomi Terhadap Buruh Angkut Ar*. 1(1), 1–23.
- Tarwaka. (2004). *ERGONOMI Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas* (1 ed.). UNIBA PRESS. https://kupdf.net/download/buku-ergonomi_590aa896dc0d603c1a959e87_pdf
- Ujianto, B. T. (2017). *Modul Ajar Dasar AutoCad 2016*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. [https://eprints.itn.ac.id/5456/1/Modul AutoCad.pdf](https://eprints.itn.ac.id/5456/1/Modul%20AutoCad.pdf)
- Wignjosoebroto, S. (2000). *Ergonomi, studi gerak dan waktu : teknik analisis untuk peningkatan produktifitas kerja* (1 ed.). Guna Widya. <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20282923&lokasi=lokal>
- Wignjosoebroto, S. (2009). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu* (1 ed.). Guna Widya. http://ucs.sulselib.net//index.php?p=show_detail&id=63677
- Wulayani. (2016). *Buku Ajar Ergonomi*. Program Studi Psikologi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.
- Zaenuri, F. F., Widodo, E. M., & Rifa'i, A. (2022). *Perancangan Alat Press Parutan Ketela dengan Pendekatan Ergonomi untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus di UMKM Pro-Divo Desa Wuni Sewukan Dukun Magelang)*. 1(2), 106–113. <http://ejournal.unimugo.ac.id/JITIN/article/view/997>
- Zajac, M., & Paszkiel, S. (2020). Using Brain-Computer Interface Technology for Modeling 3D Objects in Blender Software. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 14, 18–24. <https://doi.org/10.14313/JAMRIS/4-2020/40>