

Perancangan Alat *Carcass* Sapi Halal Pada Rumah Potong Hewan (RPH) Ciroyom Dengan Menggunakan Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

1st Dara Juwita
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
darajuwita27@gmail.com

2nd Dr. Agus Kusnayat, S.T., M.T.
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
agus_kusnayat@yahoo.com

3rd Dino Caesaron, S.T., M.T., Ph.D.
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
dino.caesaron@gmail.com

Abstrak — Rumah Potong Hewan (RPH) Ciroyom merupakan fasilitas pemotongan daging sapi berskala besar di bawah naungan Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Bandung, serta telah tersertifikasi halal. Namun, proses pemotongan tulang dan daging masih menggunakan alat konvensional seperti golok kapak, yang dapat menurunkan efisiensi kerja, menyebabkan ketidaksesuaian hasil potongan, dan meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal pada operator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat bantu pemotongan (*carcass tool*) yang ergonomis, efektif, dan sesuai kebutuhan pengguna menggunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD). Rancangan alat menerapkan mekanisme slider crank, menggunakan baterai agar bersifat portabel, serta dirancang dengan mempertimbangkan prinsip ergonomi untuk mengurangi beban kerja fisik dan repetitif. Validasi desain dilakukan melalui analisis postur kerja menggunakan metode REBA dan identifikasi keluhan fisik menggunakan *Nordic Body Map* (NBM). Hasil analisis menunjukkan penurunan tingkat risiko cedera, dari kategori sedang pada REBA menjadi kategori rendah pada NBM. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pemotongan, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap kenyamanan dan keselamatan kerja operator di lingkungan RPH.

Kata kunci — RPH Ciroyom, Alat Potong Tulang dan Daging, *Slider Crank Mechanism*, *Quality Function Deployment*, *Musculoskeletal Disorders*, Ergonomi, REBA, NBM.

I. PENDAHULUAN

Rumah Potong Hewan (RPH) Ciroyom menyediakan fasilitas penyembelihan dan pembersihan daging bagi perusahaan-perusahaan yang telah bekerja sama. Setiap hari, RPH ini memproses sekitar 44–46 ekor sapi, dengan waktu penanganan satu ekor sekitar 30 menit oleh empat orang pekerja. Proses diawali dengan pemingsanan sapi menggunakan *stunning box* dan tembakan ke bagian otak, kemudian sapi direbahkan untuk disembelih oleh petugas bersertifikasi halal. Setelah disembelih, sapi dipindahkan ke troli perubah untuk proses pengulitan oleh empat orang, lalu

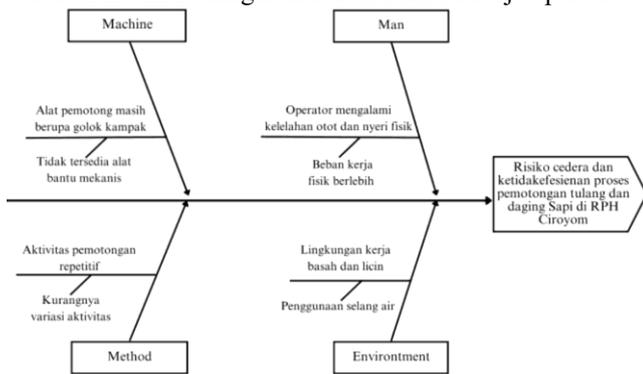
dilakukan pemisahan kulit dan lemak. Selanjutnya, daging sapi dipotong menjadi dua bagian besar menggunakan golok kapak, dimulai dari tulang rusuk hingga ke bagian belakang tubuh. Organ dalam kemudian dipisahkan dan diperiksa untuk memastikan kualitas dan keamanannya. Proses terakhir adalah pencucian manual menggunakan selang air, sebelum daging dan organ dikemas dalam karung dan didistribusikan ke pasar.



Gambar 1 Pemotongan Daging Sapi

Proses penyembelihan hingga pembersihan di RPH Ciroyom masih menggunakan alat manual seperti golok kapak, yang berdampak pada efisiensi waktu, ketidakteraturan hasil potongan, serta kebersihan daging yang kurang optimal. Aktivitas kerja manual yang dilakukan berulang juga menimbulkan beban fisik tinggi dan meningkatkan risiko cedera, khususnya bagi operator pemotongan. Hasil analisis postur kerja menggunakan metode REBA menunjukkan skor awal sebesar 9, termasuk kategori risiko tinggi. Keluhan cedera otot juga dilaporkan dalam waktu satu minggu setelah aktivitas kerja, didukung oleh hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang menunjukkan keluhan pada seluruh tubuh, terutama bagian atas. Skor NBM dari empat pekerja masing-masing adalah 86, 89, 91, dan 92, tergolong dalam kategori risiko tinggi hingga sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan adanya potensi *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang signifikan. Oleh

karena itu, diperlukan perancangan alat pemotong daging berbasis sistem pemotongan mekanis untuk mengurangi beban fisik dan meningkatkan keselamatan kerja operator.



Gambar 2 Fishbone Diagram

Berdasarkan identifikasi akar penyebab masalah pada proses pemotongan tulang dan daging sapi di RPH Ciroyom, ditemukan bahwa risiko cedera dan ketidakefisienan kerja disebabkan oleh empat faktor utama yang digambarkan melalui *Fishbone Diagram*, yaitu *machine*, *man*, *method*, dan *environment*. Faktor mesin terkait penggunaan alat pemotong berupa golok kapak karena belum tersedianya alat bantu mekanis. Dari sisi manusia, operator mengalami kelelahan otot dan nyeri fisik akibat beban kerja yang tinggi. Faktor metode menunjukkan bahwa aktivitas pemotongan yang dilakukan secara repetitif lebih dari 10 kali sehari berdampak pada postur tubuh karena kurangnya variasi gerakan. Sementara itu, faktor lingkungan berupa kondisi lantai yang basah dan licin, serta durasi kerja yang panjang (sekitar 12 jam dari sore hingga pagi), turut memperburuk risiko kerja.

Tabel 1 Identifikasi Akar Penyebab Masalah

No	Akar Masalah	Alternatif Solusi
1	<i>Machine</i> • Alat pemotong masih berupa golok kapak • Tidak tersedia alat bantu mekanis	Merancang alat bantu pemotong tulang dan daging sapi untuk membantu pekerjaan operator lebih efisien
2	<i>Man</i> • Operator mengalami kelelahan otot dan nyeri fisik • Beban kerja fisik berlebih	Merancang alat bantu untuk memudahkan operator saat pemotongan daging sapi sehingga mengurangi risiko <i>Musculoskeletal Disorder</i> dan memperbaiki postur tubuh
3	<i>Method</i> • Aktivitas pemotongan repetitif • Kurangnya variasi aktivitas	Memastikan peralatan yang digunakan saat proses pemotongan daging sapi tidak terkontaminasi dan mengurangi risiko kecelakaan kerja
4	<i>Environment</i> • Lingkungan kerja basah dan licin	

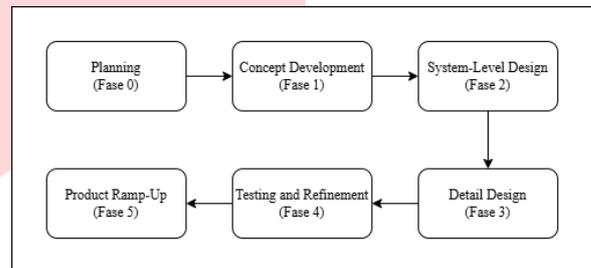
Berdasarkan uraian pada Tabel 1, terdapat sejumlah akar permasalahan terkait penggunaan alat konvensional, sehingga penelitian ini difokuskan pada perancangan alat bantu pemotong tulang dan daging sapi di RPH Ciroyom. Proses perancangan alat *carcass* sapi dilakukan dengan pendekatan metode *Quality Function Deployment (QFD)*, yang dikombinasikan dengan prinsip ergonomi guna menghasilkan alat bantu yang sesuai kebutuhan pengguna dan mampu meminimalkan risiko kerja.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Perancangan dan Pengembangan Produk

Perancangan dan pengembangan produk merupakan rangkaian kegiatan untuk mengolah ide menjadi suatu produk yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Proses ini dimulai dari pembuatan konsep alternatif, dilanjutkan dengan penyempurnaan desain dan peningkatan spesifikasi, hingga produk siap untuk diproduksi secara berulang dalam sistem produksi [1]. Adapun tahapan-tahapan yang terlibat dalam proses ini ditunjukkan pada Gambar 3, yang mencakup berbagai aktivitas penting dalam pengembangan produk secara sistematis.



Gambar 3 Tahapan perancangan dan pengembangan produk

B. Ergonomi

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan mesin dalam suatu sistem, dengan tujuan menciptakan desain yang meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan keamanan pengguna. Pendekatan ini mengoptimalkan produk, sistem, dan lingkungan kerja agar sesuai dengan kebutuhan manusia. Dalam proses perancangan, aspek ergonomis berkaitan erat dengan alat yang digunakan serta jenis pekerjaan yang dilakukan, sehingga diperlukan desain yang andal dan fleksibel [2].

C. Faktro Risiko Ergonomi

Faktor risiko ergonomi merupakan kondisi atau tindakan—baik disengaja maupun tidak—yang bertentangan dengan prinsip ergonomi dan berpotensi membahayakan kesehatan serta kenyamanan pekerja selama atau setelah bekerja [3]. Risiko ini biasanya berkaitan dengan postur tubuh yang tidak sesuai, gerakan kerja yang tidak efisien, dan lingkungan kerja yang tidak mendukung secara optimal. Menurut [3], terdapat tujuh kategori utama penyebab munculnya permasalahan ergonomi, yaitu:

1. Ketegangan yang kuat
2. Postur tubuh yang canggung dan statis
3. Getaran
4. Gerakan berulang
5. Durasi kerja berlebihan
6. Tekanan lokal pada jaringan tubuh
7. Suhu lingkungan

D. Musculoskeletal Disorders (MSDs)

Musculoskeletal Disorders (MSDs) adalah gangguan pada otot, sendi, saraf, dan tulang yang disebabkan oleh aktivitas berlebihan, sehingga mengganggu fungsi tubuh secara optimal. Faktor-faktor penyebab MSDs meliputi gerakan berulang, postur tubuh yang tidak ergonomis, penggunaan tenaga berlebih, serta duduk atau berdiri dalam waktu lama [4]. Aktivitas yang dilakukan secara berulang dalam jangka panjang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan kenyamanan pekerja.

Menurut [4], faktor risiko MSDs dibagi menjadi tiga kategori utama:

1. Dampak pada bagian tubuh, seperti punggung bawah, leher, tungkai atas dan bawah, serta kekakuan otot.
2. Jenis faktor risiko, meliputi faktor biomekanik, psikososial, dan individu, serta.
3. Tingkat hubungan sebab akibat, yang diklasifikasikan menjadi sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah.

E. Faktor Penyebab Risiko *Musculoskeletal Disorders*

Menurut [5] terdapat hubungan antara *risk factor* dengan *work related musculoskeletal disorders* berdasarkan hasil identifikasi dikelompokkan menjadi tiga kategori utama yaitu sebagai berikut.

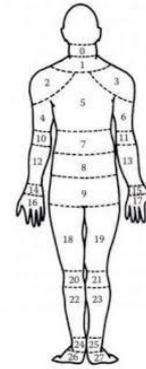
1. Faktor risiko fisik
2. Faktor risiko psikososial
3. Faktor risiko individu

F. Klasifikasi Gejala *Musculoskeletal Disorders*

Menurut [6] dalam buku *Occupational and Environmental Health*, studi epidemiologi menunjukkan bahwa gangguan ekstremitas atas dapat disebabkan oleh beban kerja berlebih, tekanan psikososial, pekerjaan yang bersifat repetitif, serta minimnya dukungan sosial di lingkungan kerja. Faktor-faktor tersebut secara signifikan meningkatkan risiko terjadinya *musculoskeletal disorders* (MSDs), khususnya pada bagian tubuh seperti leher, bahu, lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan, yang seringkali digunakan secara intensif dalam aktivitas kerja berulang.

G. Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah alat penilaian yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan musculoskeletal pada pekerja dalam konteks ergonomi. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui bagian tubuh yang paling rentan mengalami cedera akibat aktivitas kerja. NBM memetakan 27 bagian otot skeletal, mencakup sisi kiri dan kanan tubuh, yang tergambar dalam bentuk peta tubuh manusia [7].



Gambar 4 Nordic Body Map

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang disesuaikan dengan spesifikasi ergonomi, mencakup sembilan area utama tubuh seperti leher, bahu, tangan, siku, punggung atas, punggung bawah, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki. Setiap bagian tubuh dinilai berdasarkan empat tingkat keluhan:

- a. Skor 1: Tidak sakit
- b. Skor 2: Sedikit sakit
- c. Skor 3: Sakit
- d. Skor 4: Sangat sakit

Total skor NBM berkisar antara 27 hingga 108, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat keluhan musculoskeletal yang lebih berat.

H. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi postur kerja yang berisiko menimbulkan gangguan pada bagian tubuh seperti leher, punggung, pergelangan tangan, tangan [8]. Metode ini bermanfaat dalam pengembangan alat bantu kerja yang disesuaikan dengan variasi postur pekerja, baik di sektor industri jasa maupun layanan kesehatan.

The image shows a detailed worksheet for REBA assessment. It includes several tables and steps:

- Table A: Neck** (1-4 scale)
- Table B: Lower Arm** (1-2 scale)
- Table C: Activity Score** (1-12 scale)
- Table D: Posture Score** (1-12 scale)
- Table E: Coupling Score** (1-3 scale)
- Table F: REBA Score** (1-12 scale)

Steps include: Step 1: Neck, Trunk and Leg Analysis; Step 2: Locate Neck Position; Step 3: Locate Trunk Position; Step 4: Add Force/Load Score; Step 5: Score A; Step 6: Score B; Step 7: Locate Upper Arm Position; Step 8: Locate Lower Arm Position; Step 9: Locate Wrist Position; Step 10: Look-up Posture Score in Table B; Step 11: Add Coupling Score; Step 12: Score B; Step 13: Activity Score.

Gambar 5 REBA Employee Assessment Worksheet

Menurut [9], REBA dikembangkan dengan beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Menganalisis postur tubuh dengan mempertimbangkan risiko musculoskeletal dari aktivitas kerja.
2. Memberikan kode pada bagian tubuh berdasarkan jenis gerakan.

3. Menilai dampak aktivitas otot dari postur statis, dinamis, cepat berubah, atau tidak stabil.
4. Mengurangi ketergantungan pada kekuatan otot tangan sebagai tumpuan beban.
5. Menyediakan sistem penilaian berbasis tingkat kepentingan risiko.
6. Mengurangi kebutuhan penggunaan peralatan tambahan dalam proses evaluasi.

Pada Tabel 2 merupakan tingkatan risiko REBA dengan lima tingkat tindakan dan risiko yang memiliki skor 1-15:

Tabel 2 Tingkatan Penilaian REBA

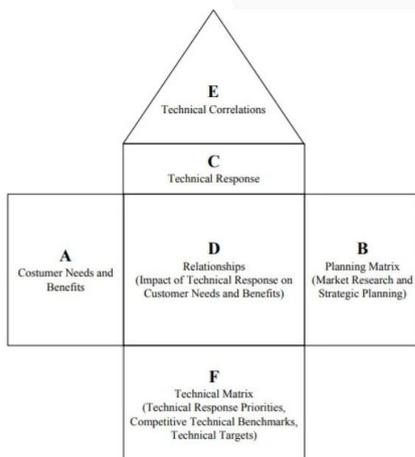
REBA Score	Action Level	Risk Level	Action
1	0	Abaikan	Tidak ada tindakan
2-3	1	Rendah	Diperlukan tindakan
4-7	2	Sedang	Diperlukan tindakan dan analisis lebih lanjut
8-10	3	Tinggi	Diperlukan tindakan dalam waktu singkat
11-15	4	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan segera

I. Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) adalah metodologi yang digunakan untuk mempermudah proses perancangan produk dengan cara menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam spesifikasi teknis yang dibutuhkan dalam pengembangan produk [10]. Tujuan dari metode ini adalah untuk menyederhanakan dan meningkatkan efisiensi dalam proses pengembangan produk agar lebih sesuai dengan harapan pengguna.

J. House of Quality (HoQ)

House of Quality (HoQ) merupakan matriks utama dalam metode *Quality Function Deployment (QFD)* yang digunakan untuk mengolah dan menerjemahkan kebutuhan pelanggan menjadi spesifikasi teknis produk. Tujuan dari HoQ adalah menjembatani hasil benchmarking dengan target spesifikasi produk yang diinginkan, sehingga kebutuhan konsumen dapat terintegrasi dalam proses perancangan. Dalam konteks ini,



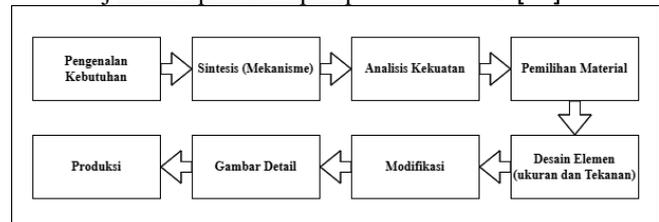
Gambar 6 House of Quality (HoQ)

HoQ berperan sebagai alat analisis dan dokumentasi untuk merumuskan solusi desain berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi. Struktur HoQ ditunjukkan pada Gambar 6, dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Tahapan A
Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang berkaitan dengan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan penggunaan produk.
2. Tahapan B
Menentukan strategi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan agar pengembangan produk dapat dilakukan secara optimal.
3. Tahapan C
Mendeskrripsikan spesifikasi teknis produk, seperti pemilihan material, dimensi komponen, dan penyesuaian proses manufaktur.
4. Tahapan D
Menggabungkan Matriks A dan C, serta menganalisis hubungan antara keduanya menggunakan simbol tertentu untuk menunjukkan tingkat keterkaitan.
5. Tahapan E
Mengoptimalkan desain produk dengan menghubungkan antar atribut teknis untuk meningkatkan performa secara keseluruhan.
6. Tahapan F
Menetapkan bobot kelayakan terhadap masing-masing spesifikasi agar sesuai dengan kebutuhan pengguna dan prioritas desain.

K. Prosedur Mesin

Berdasarkan buku yang berjudul *Text Book of Machine Design*, secara umum terdapat prosedur dalam mendesain mesin dijelaskan pada tahapan pada Gambar 7 [11].

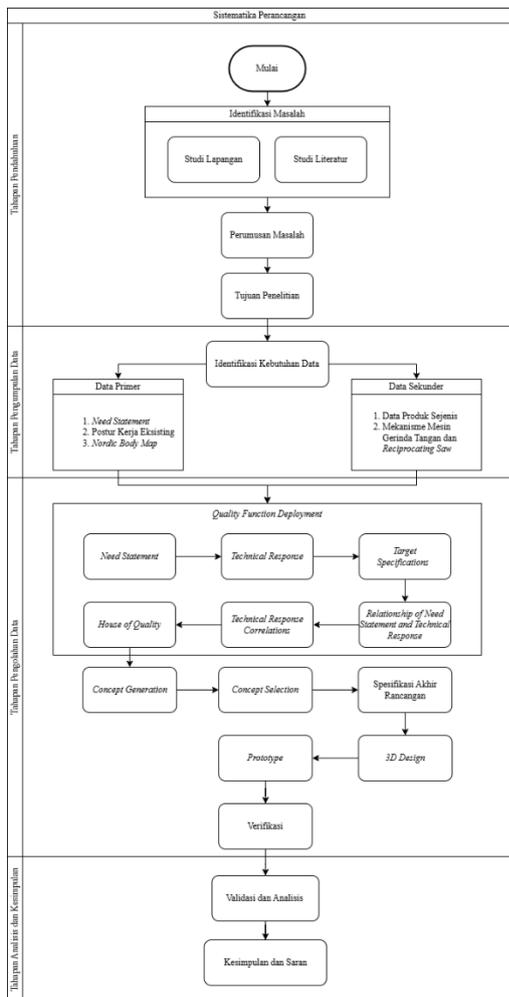


Gambar 7 Prosedur Desain Mesin

1. Identifikasi kebutuhan
2. Sintesis (Mekanisme)
3. Analisis Kekuatan
4. Pemilihan Material
5. Desain Elemen
6. Modifikasi
7. Gambar Detail
8. Produksi

III. METODE

Sistematika perancangan adalah tahapan terstruktur dalam menyusun proses penelitian yang bertujuan untuk menemukan solusi atas suatu permasalahan secara terperinci dan logis. Proses ini mencakup identifikasi masalah, perumusan tujuan, hingga pengembangan solusi melalui pendekatan teknis dan analitis. Pada Gambar 8 ditampilkan rincian alur sistem perancangan yang akan digunakan dalam studi ini sebagai panduan dalam pelaksanaan penelitian secara menyeluruh.



Gambar 8 Sistematika Perancangan

A. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, dilakukan pengumpulan data sebagai aspek pendukung dalam proses perancangan yang menjadi dasar analisis penelitian. Data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan serta wawancara dengan pihak-pihak terkait yang terlibat dalam objek penelitian. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari berbagai sumber yang relevan dan tersedia. Rincian pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengumpulan Data

Kebutuhan Data	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data
Postur Kerja Eksisting	Data Primer	Observasi
Need Statement		Wawancara
Nordic Body Map		Kuesioner
Data Produk Sejenis	Data Sekunder	Studi Literatur
Mekanisme Mesin Gerinda Tangan Reciprocating Saw		

Data yang diperoleh melalui observasi dan wawancara dikumpulkan secara langsung oleh penulis dengan mendatangi dan berinteraksi dengan pihak RPH Ciroyom. Sementara itu, data kuesioner disusun oleh penulis dan disebarakan kepada para pekerja pemotongan daging sapi di RPH Ciroyom guna memperoleh informasi terkait kondisi kerja dan keluhan musculoskeletal secara lebih terstruktur.

B. Tahap Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dilakukan dengan menguraikan data yang telah diperoleh menjadi dasar perancangan produk menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Proses ini mencakup identifikasi kebutuhan ergonomi, penentuan spesifikasi yang sesuai, serta penerapan *House of Quality* (HoQ) untuk menghubungkan kebutuhan pengguna dengan aspek teknis perancangan. Tahap akhir adalah analisis desain produk yang mencakup evaluasi spesifikasi teknis dan verifikasi untuk memastikan kesesuaian produk terhadap kebutuhan yang telah ditetapkan.

C. Technical Response

Technical response merupakan proses penerjemahan need statement (pernyataan kebutuhan) menjadi metrik yang menggambarkan spesifikasi teknis produk dengan parameter yang dapat diukur [1]. Metrik ini berfungsi sebagai dasar untuk menilai sejauh mana desain produk mampu memenuhi kebutuhan pengguna. Rincian dari *technical response* yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Technical Response

No	Variabel	Need Statement	Technical Response	Unit
1	V1	Produk menggunakan sumber energi listrik	Jenis Sumber Daya	Watt
2	V2	Produk menggunakan sistem kontrol kecepatan putaran	Kecepatan Rotasi Mesin	rpm
3	V3	Produk ekonomis	Biaya Manufaktur	Rp
4	V4	Produk memiliki ketajaman tinggi	Jenis Material Area Pemotong	list
	V8	Produk menggunakan material food-grade		
5	V5	Produk memiliki durabilitas tinggi	Usia Penggunaan	Tahun
6	V6	Produk ergonomis	Skor REBA	Level
7	V9	Produk bersifat portabel	Sistem Cordless	Volt
8	V7	Produk mudah dibersihkan	Jumlah Komponen Produk	unit
	V10	Produk mudah diperbaiki		

D. Target Specifications

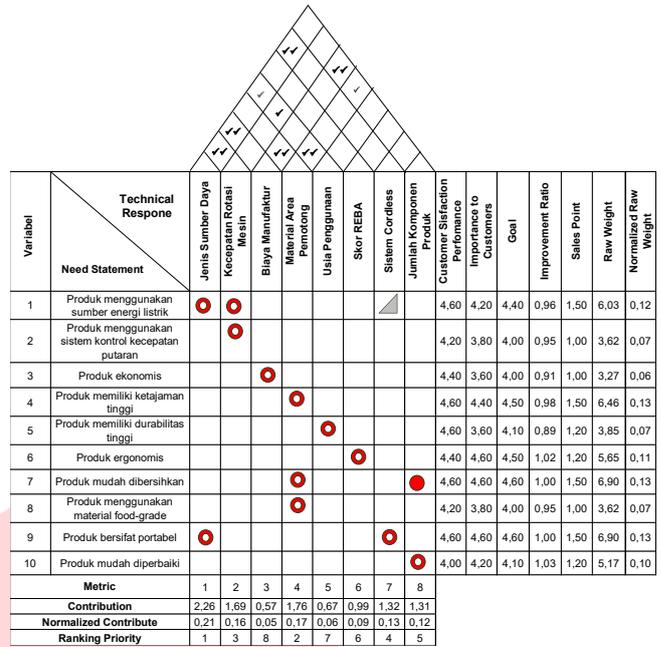
Spesifikasi target adalah tahap penentuan kriteria produk yang harus dipenuhi agar sesuai dengan kebutuhan pelanggan [1]. Tahap ini membantu peneliti mendeskripsikan produk yang memiliki potensi pasar tinggi. Selain itu, *competitive benchmarking* digunakan untuk membandingkan performa dengan produk kompetitor guna memastikan desain mendekati nilai ideal pada technical response. Rinciannya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Competitive Benchmarking

No	Technical Response	Unit	Nilai	Alasan
1	Jenis Sumber Daya	Watt	> 110 Watt	Rata-rata energi listrik yang digunakan mesin pemotong tulang sapi sekitar 0,11 kWh [12]
2	Kecepatan Rotasi Mesin	rpm	>1400 rpm	Mesin pemotong tulang sapi membutuhkan mesin listrik dengan minimal 1400 rpm [12]
3	Biaya Manufaktur	Rp	>Rp1000.000	https://tk.tokopedia.com/ZSkXu4mba/ Berdasarkan harga mesin serupa yang terjual dipasaran sekitar Rp1000.000
4	Material Area Pemotong	list	Stainless steel 304, 316, atau 430	https://metalscut4u.com/blog/post/what-is-food-grade-stainless-steel.html Bagi produsen makanan disarankan menggunakan material food-grade stainless steel 316 tahan karat terhadap bahan kimia atau stainless steel 430 dengan harga yang relatif lebih murah
5	Usia Penggunaan	Tahun	≤ 4	https://jdih.kemenkeu.go.id/api/download/46cededa-86ae-4cc9-93e5-b6bef8892074/2023pmkcuangan072.pdf : jenis usaha industri makanan dan minuman pada kelompok 1 https://www.pajak.go.id/id/penyusutan-dan-amortisasi : masa penyusutan harta berwujud pada kelompok 1 yaitu 4 tahun
6	Skor REBA	Level	≤ 2	Berdasarkan tingkatan REBA yang memiliki risiko dalam kategori sedang hingga kecil 2, 1 dan 0
7	Sistem Cordless	Volt	> 220	Besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk melakukan pemotongan tulang sapi minimal 220 V [12]
8	Jumlah Komponen Produk	Unit	>1	Jumlah komponen bervariasi tergantung pada desain dan spesifikasi produk

E. House of Quality

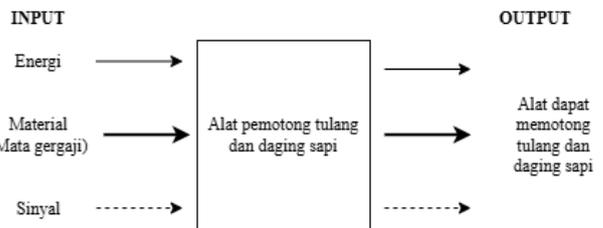
Gambar 9 menampilkan struktur House of Quality (HoQ) yang mencakup beberapa komponen utama, yaitu *need statement*, *planning matrix*, *technical response*, *product specifications*, *relationship*, *technical response priorities*, dan *technical correlations*. Dalam hal ini, *planning matrix* berfungsi untuk menghitung nilai *normalized raw weight*, yang digunakan untuk menentukan kontribusi relatif dari setiap technical response terhadap pemenuhan kebutuhan pelanggan.



Gambar 9 House of Quality

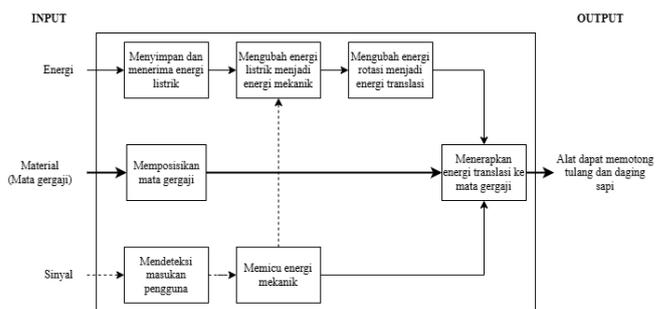
F. Concept Generation

Concept generation adalah proses mengembangkan daftar *need statement* dan spesifikasi awal menjadi konsep yang lebih ideal untuk mendukung pengembangan produk [1]. Proses ini dilakukan melalui dekomposisi permasalahan berdasarkan *need statement*, guna mempermudah identifikasi solusi desain. Dekomposisi tersebut divisualisasikan dalam bentuk *black box*, yang menggambarkan sistem secara keseluruhan dengan input berupa energi, material, dan sinyal, serta output yang diharapkan. Ilustrasi *black box* ini ditampilkan pada Gambar 10.



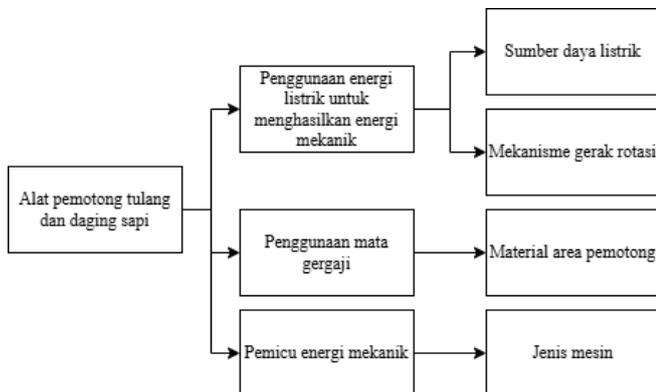
Gambar 10 Black Box

Selanjutnya, *black box* diuraikan menjadi beberapa subfungsi dengan mengimplementasikan konsep yang dapat merepresentasikan keseluruhan fungsi produk. Pendekatan ini membantu dalam memahami setiap bagian fungsi secara lebih rinci. Hasil pemecahan subfungsi dari alat *carcass* sapi ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Subfungsi Black Box

Setelah subfungsi pada *black box* ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan dekomposisi fungsi untuk mendeskripsikan konsep secara lebih spesifik dan terperinci. Proses ini bertujuan untuk menguraikan setiap subfungsi menjadi elemen-elemen fungsional yang mendukung perancangan produk. Hasil dekomposisi fungsi dari alat *carcass* sapi ditampilkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12 Dekomposisi Fungsi

Untuk menyelesaikan submasalah pada produk, dilakukan pencarian solusi secara internal dan eksternal guna menghasilkan konsep pengembangan yang sesuai dengan need statement. Pendekatan ini membantu mengeksplorasi ide dari dalam maupun luar proses perancangan. Hasil identifikasi solusi secara internal dan eksternal tersebut diuraikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Search internally & externally

Problem	Option 1	Option 2	Option 3
Sumber Daya Listrik	 Baterai	 Kabel	
Mekanisme Gerak Rotasi	 Slider Crank Mechanism	 Scotch Yoke Mechanism	 Cam and Follower Mechanism
Material Area pemotong	 Stainless steel 304	 Stainless steel 316	 Stainless steel 430
Problem	Option 1	Option 2	Option 3
Jenis Mesin	 Bor	 Gerinda	

Selanjutnya, hasil pencarian konsep secara internal dan eksternal dikembangkan menjadi beberapa alternatif konsep produk. Pengembangan ini dilakukan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi desain yang sesuai dengan need

statement. Hasil eksplorasi konsep tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Eksplorasi Konsep

Konsep	Sumber Daya Listrik	Mekanisme Gerak Rotasi	Material Area Pemotong	Jenis Mesin
A	 Baterai	 Scotch Yoke Mechanism	 Stainless Steel 316	 Bor
B	 Kabel	 Slider Crank Mechanism	 Stainless Steel 430	 Bor
C	 Baterai	 Cam and Follower Mechanism	 Stainless Steel 304	 Gerinda

G. Concept Selection

Pada tahap *concept selection*, dilakukan pengurangan jumlah konsep secara efisien untuk memaksimalkan kualitas konsep yang layak dikembangkan lebih lanjut [1]. Proses ini mempertimbangkan kebutuhan pelanggan dan tim pengembangan, dimulai dengan penyusunan *selection criteria* yang relevan. Tahap berikutnya adalah *concept screening*, yang dilakukan dengan membandingkan lima konsep terhadap produk eksisting berupa golok kapak (lihat Gambar IV.11), yang digunakan di RPH Ciroyom. Penilaian dilakukan menggunakan simbol (+) untuk konsep yang lebih baik, (0) untuk setara, dan (-) untuk lebih buruk dibanding produk eksisting, hasilnya ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Concept Screening

Selection Criteria	Concepts					Reference
	A	B	C	D	E	
Keandalan Produk	+	+	+	+	+	0
Kemudahan Penggunaan	0	0	0	+	+	0
Fitur Produk	+	0	+	0	+	0
Daya Tahan	0	+	-	0	+	0
Biaya Produksi	-	-	-	-	-	0
Mudah dipindahkan	+	-	+	-	+	0
Kemudahan Produksi	0	0	0	0	0	0
Sum +^cS	3	2	3	2	5	
Sum 0^cS	3	3	2	3	1	
Sum -^cS	1	2	2	2	1	
Net score	2	0	1	0	4	
Rank	2	4	3	4	1	
Continue?	Yes	No	Yes	No	Yes	

Berdasarkan penilaian tersebut, tiga konsep dengan *net score* tertinggi—yaitu konsep A, C, dan E—dipilih untuk melanjut ke tahap *concept scoring*. Dalam tahap ini, setiap konsep dinilai lebih rinci menggunakan skala 1–5 terhadap setiap *selection criteria* yang telah diberi bobot berdasarkan tingkat kepentingan dari *need statement* [1]. Nilai akhir ditentukan melalui perhitungan *weighted score*, dengan hasil akhir ditampilkan pada Tabel 9.

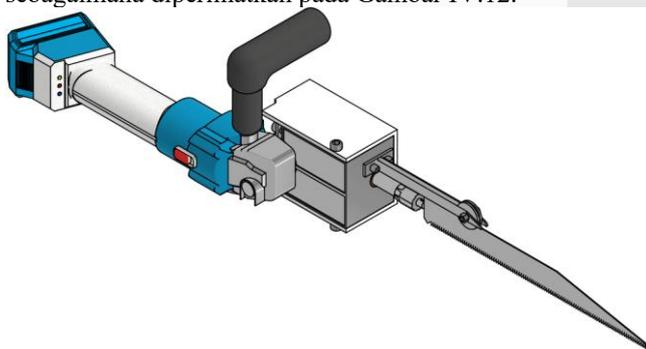
Tabel 9 *Concept Scoring*

Selection Criteria	Weight	Konsep					
		A		C		E	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Keandalan Produk	17%	5	0,87	3	0,52	5	0,87
Kemudahan Penggunaan	30%	4	1,18	4	1,18	4	1,18
Fitur Produk	17%	5	0,87	5	0,87	5	0,87
Daya Tahan	8%	4	0,31	3	0,23	5	0,39
Biaya Produksi	8%	3	0,23	3	0,23	4	0,31
Mudah dipindahkan	10%	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Kemudahan Produksi	10%	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Total Score			4,37		3,84		4,53
Rank			2		3		1
Cotinue?			No		No		Develop

Berdasarkan perhitungan tersebut, konsep E memperoleh total skor tertinggi sebesar 4,53, sehingga dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut dalam perancangan alat *carcass sapi*.

H. Perancangan Hasil Usulan

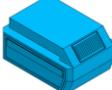
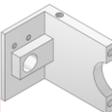
Rancangan desain alat bantu yang diusulkan disusun berdasarkan spesifikasi akhir yang telah ditentukan dalam proses perancangan. Desain ini merupakan hasil akhir dari tahapan pengembangan konsep dan seleksi desain. Berikut ini ditampilkan rancangan alat *carcass sapi* yang telah dimodelkan menggunakan *software* Autodesk Inventor 2025, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar IV.12.



Gambar 13 Hasil Rancangan Alat *carcass Sapi*

Komponen penyusun alat *carcass sapi* terdiri dari 22 *part* yang telah diuraikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Komponen Penyusun Alat *carcass sapi*

No	Part	Jumlah Part	Material	Fungsi
1	 Gerinda Tangan	1	ABS Plastic	Gerinda tangan sebagai penggerak motor untuk mengoperasikan alat potong.
2	 Baterai Gerinda	1	ABS Plastic	Baterai sebagai sumber daya listrik yang digunakan alat potong.
3	 Adaptor 1	1	Stainless steel 304	Adaptor 1 sebagai penahan sekaligus mengcover bagian belakang alat, fungsi utama <i>part</i> ini sebagai <i>slider</i> untuk <i>connecting rod</i> .
4	 Adaptor 2	1	Stainless steel 304	Adaptor 2 sebagai pengunci adaptor 1 bertujuan menjaga stabilitas gerakan pada alat.
5	 Pemutar	1	Alumunium 6061	Pemutar sebagai poros gerakan pemutar pada alat, selain itu <i>part</i> ini terhubung dengan <i>crank</i> .
6	 Bolt Crank	1	Kuningan	<i>Bolt crank</i> sebagai pengunci <i>crank</i> dengan pemutar.
7	 Crank	1	Alumunium 6061	<i>Crank</i> berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan linier.
8	 Connecting Rod	1	Alumunium 6061	<i>Connecting rod</i> bergerak linier sehingga gerakan alat bergerak menjadi maju-mundur.
9	 Allen Bolt M8	4	Besi	Terdapat 2 <i>allen bolt</i> M8 digunakan untuk menghubungkan adaptor 1 dengan adaptor dua, sedangkan 2 <i>allen bolt</i> M8 lain digunakan untuk pengunci adaptor 1 dengan <i>cover</i> .
10	 Penjepit Gergaji	1	Alumunium 6061	Penjepit gergaji sebagai tumpuan untuk menahan gergaji agar terhubung dengan <i>connecting rod</i> .
11	 Penahan Penjepit	1	Alumunium 6061	Penahan penjepit yang menghubungkan dan mengunci <i>connecting rod</i> dengan penjepit gergaji.
12	 Pen	1	Besi	Pin tangan sebagai pengunci untuk menghubungkan

				<i>crank</i> dengan <i>connecting rod</i> .
13	 Snap Ring E	1	Besi	<i>Snap ring E</i> sebagai pengunci pada baut pen.
14	 Cover	1	ABS Plastic	Cover sebagai penutup mekanisme gerak pada mesin sehingga aman ketika digunakan.
15	 Gergaji	1	Stainless steel 304	Mata gergaji berfungsi sebagai pemotong pada alat.
16	 Pegangan	1	ABS Plastic	Pegangan untuk menjaga kestabilan dan kenyamanan saat penggunaan alat.
17	 Bushing	1	Kuningan	<i>Bushing</i> untuk menjaga <i>connecting rod</i> dari keausan.
18	 Bolt M3	1	Besi	<i>Bolt</i> ini berfungsi untuk mengunci penjepit gergaji dengan mata gergaji.
19	 Mur	1	Besi	Mur sebagai pengunci pemutar dengan <i>crank</i> .
20	 Penyangga Gergaji	1	Stainless steel 304	Penyangga gergaji berfungsi menyangga pergerakan gergaji.
21	 Roda Penyangga	1	Stainless steel 304	Roda penyangga untuk menstabilkan gerakan gergaji
22	 Allen Bolt M6	3	Besi	<i>Allen bolt</i> M6 sebagai pengunci terdapat 2 pada penyangga gergaji dan 1 pada roda penyangga.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 14 Hasil Rancangan Alat

Pengujian prototype dilakukan secara langsung di RPH Ciroyom untuk mengevaluasi kesesuaian rancangan alat usulan dengan kondisi kerja nyata. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh umpan balik dari pengguna terkait efektivitas dan fungsionalitas alat *carcass* sapi. Hasil validasi tersebut, yang mencerminkan pandangan pengguna terhadap keberhasilan rancangan, disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Validasi Hasil Rancangan

Kategori Validasi	Target Validasi	Pemenuhan
Keandalan produk	Produk menggunakan sistem kontrol kecepatan putaran	Produk menggunakan mekanisme <i>slider crank</i> dengan terdapat poros pemutar sebagai energi mekanik yang dihasilkan pertama kali. Jarak pergerakan menggunakan mekanisme <i>slider crank</i> sejauh 10 cm. Jarak tersebut ditentukan berdasarkan jarak poros pemutar ke penyambung <i>connecting rod</i> .
	Produk mudah diperbaiki	Produk memiliki desain modular, sehingga perbaikan produk dapat dilakukan pada <i>part</i> yang rusak dengan tidak mengganti keseluruhan produk
Kemudahan penggunaan	Produk memiliki ketajaman tinggi	Produk menggunakan gergaji sebagai pemotong tulang dan daging
	Produk mudah dibersihkan	Produk dibersihkan hanya menggunakan sabun dan air
	Produk ergonomis	Produk sudah dapat dikatakan ergonomis berdasarkan hasil penurunan skor REBA dan nilai NBM
Fitur produk	Produk menggunakan sumber energi listrik	Produk menggunakan baterai untuk menghasilkan sumber energi listrik yang dapat menggerakkan alat
	Produk menggunakan material <i>food-grade</i>	Produk prototype menggunakan material besi, sehingga belum dapat dikategorikan <i>food-grade</i> , karena tidak menjamin keamanan untuk dapat digunakan langsung ke makanan
Daya tahan	Produk memiliki durabilitas tinggi	Produk <i>prototype</i> memiliki ketahanan tinggi karena menggunakan material logam
Biaya produksi	Produk ekonomis	Harga produk berdasarkan <i>prototype</i> sekitar Rp2200.000, namun jika mengacu pada rancangan desain harga berkisar Rp2.692.500. Sehingga dapat dikategorikan terjangkau jika dibandingkan dengan produk kompetitor
Mudah dipindahkan	Produk bersifat portabel	Produk dikategorikan <i>cordless</i> , sehingga tidak bergantung pada area yang terdapat sumber listrik dan dimensi yang tidak terlalu besar

Berdasarkan hasil validasi yang ditampilkan pada Tabel 11, pengguna merasa puas terhadap keberadaan alat potong tulang dan daging sapi karena mampu membantu proses kerja. Namun, setelah dilakukan uji coba langsung di RPH Ciroyom, rancangan alat usulan masih menunjukkan beberapa kekurangan. Oleh karena itu, pengguna memberikan saran sebagai bentuk umpan balik untuk penyempurnaan desain di tahap berikutnya. Rangkuman umpan balik tersebut disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Umpan Balik Hasil Validasi

Umpan Balik
Disarankan untuk mempertimbangkan kekuatan dan ketahanan penggunaan baterai pada alat
Bentuk dan ukuran desain area potong (gergaji) untuk dapat diperbaiki dengan penambahan dimensi panjang dan ketebalan gergaji

Berdasarkan umpan balik dari pengguna, disarankan agar penggunaan baterai pada alat usulan dipertimbangkan kembali dengan memperhatikan aspek ketahanan dan daya tahan untuk pemakaian jangka panjang. Selain itu, komponen

gergaji juga perlu disempurnakan, khususnya dalam hal bentuk dan dimensi, agar proses pemotongan tulang dapat dilakukan dengan lebih efisien dan nyaman saat digunakan di lapangan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan merancang alat bantu pemotongan tulang dan daging sapi di RPH Ciroyom dengan pendekatan metode *Quality Function Deployment (QFD)*, yang berfokus pada aspek ergonomi dan efisiensi kerja. Berdasarkan hasil perancangan dan analisis, diperoleh tiga kesimpulan utama:

1. Proses identifikasi kebutuhan pengguna telah dilakukan melalui tahapan QFD, yang menghasilkan 10 atribut produk untuk mengatasi ketidakefisienan proses pemotongan serta mengurangi beban kerja operator.
2. Spesifikasi alat dirancang berdasarkan atribut tersebut, mencakup sistem pemotongan mekanis untuk mengurangi gerakan berulang, penggunaan baterai yang sesuai dengan kondisi lingkungan basah, serta desain ergonomis guna meningkatkan kenyamanan kerja.
3. Rancangan alat terbukti mampu menurunkan risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*, ditunjukkan oleh penurunan skor REBA dari 9 (risiko tinggi) menjadi 4 (risiko sedang), serta penurunan skor NBM dari 86–92 (kategori sangat tinggi) menjadi 35–44 (kategori sedang) pada 28 titik tubuh operator. Dengan memperhatikan prinsip ergonomi, alat ini dinilai layak dan efektif untuk digunakan dalam proses pemotongan di RPH Ciroyom.

REFERENSI

- [1] K. T. . Ulrich, S. D. . Eppinger, dan M. C. . Yang, *Product design and development*. McGraw-Hill Education, 2020.
- [2] N. Karanikas dan S. Pazell, "Ergonomic Insights; Successes and Failures of Work Design," 2023. [Daring]. Tersedia pada: www.routledge.com/
- [3] M. Valinejadshoubi, A. Shakibabarough, M. Valinejad Shoubi, A. Shakiba Barough, dan A. Rasouljavaheri, "ERGONOMICS PRINCIPLES AND UTILIZING IT AS A REMEDY FOR PROBABLE WORK RELATED INJURIES IN CONSTRUCTION PROJECTS," *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Mar, vol. 6, no. 1, hlm. 232–245, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/320615446>
- [4] B. R. Da Costa dan E. R. Vieira, "Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies," Maret 2010. doi: 10.1002/ajim.20750.
- [5] L. Joseph, "Causal Relationship Between the Risk Factors and Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Professional Drivers: A Systematic Review," 2021.
- [6] B. S. Levy, D. H. Wegman, S. L. Barron, dan R. K. Sokas, "OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH RECOGNIZING AND PREVENTING DISEASE AND INJURY i," 2005.
- [7] O. Adiyanto, E. Mohamad, R. Jaafar, F. Ma'ruf, M. Faishal, dan A. Anggraeni, "Application of Nordic Body Map and Rapid Upper Limb Assessment for Assessing Work-related Musculoskeletal Disorders: A case study in Small and Medium Enterprises," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 14, no. 4, hlm. 10–19, 2022, doi: 10.30880/ijie.2022.14.04.002.
- [8] Berty Dwi Rahmawati dan Eka Anggraini, "Analisis Postur Kerja Dengan Rapid Entire Body Assessment (REBA) Untuk Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorders," *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, vol. 2, no. 3, hlm. 09–21, Jul 2024, doi: 10.61132/manufaktur.v2i3.441.
- [9] S. Hignett dan L. M. Ergonomist, "Rapid Entire Body Assessment (REBA)," 2000.
- [10] K. Bergquist dan J. Abeysekera, "Industrial Ergonomics Quality Function Deployment(QFD)-A means for developing usable products," 1996.
- [11] R. S. Khurmi dan J. K. Gupta, "Text Book of Machine Design," 2005.
- [12] M. Ikhsan, A. Sunding, P. Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, P. Bosowa, J. Kapasa Raya No, dan K. Tamalanrea Kota Makassar, "DESAIN INOVASI MESIN PEMOTONG TULANG SAPI BERBASIS MOTOR LISTRIK 1 FASA," *Journal Of Electrical Engineering (Joule)*, vol. 5, no. 2, 2024.