

Perancangan Alat Penyaringan Bubur Kedelai Guna Meningkatkan Produktivitas Pada Pabrik Tahu Goreng Bintang Sari Kedelai Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD)

1st Revin Gunawan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

revingunawan@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Agus Kusnayat
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

guskus@telkomuniversity.ac.id

3rd Yusuf Nugroho Doyo Yekti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

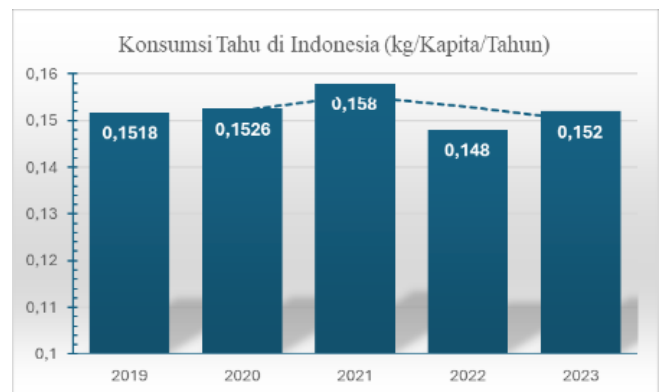
doyoyekti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Pabrik Tahu Goreng Bintang Sari Kedelai menghadapi kendala produktivitas yang disebabkan oleh proses penyaringan bubur kedelai yang masih dilakukan secara manual. Proses kerja konvensional ini tidak hanya memperlambat laju produksi, tetapi juga menimbulkan risiko ergonomi yang tinggi bagi pekerja, yang dibuktikan dengan hasil skor *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) sebesar 7, yang mengindikasikan perlunya tindakan perbaikan segera dan adanya keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat penyaringan bubur kedelai yang ergonomis dan semi-otomatis guna meningkatkan produktivitas serta keselamatan dan kesehatan kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna, yang diidentifikasi melalui wawancara dan observasi, menjadi spesifikasi teknis yang terukur melalui matriks *House of Quality* (HoQ). Hasil penelitian ini adalah sebuah rancangan konseptual alat penyaringan bubur kedelai semi-otomatis yang didesain menggunakan *software Autodesk Inventor* berdasarkan data antropometri pekerja. Alat yang diusulkan ditenagai oleh motor listrik dan dilengkapi pompa sentrifugal untuk meningkatkan efisiensi proses. Validasi desain melalui simulasi menunjukkan adanya perbaikan postur kerja yang signifikan, dengan penurunan skor RULA menjadi 3-4 (risiko sedang), serta diproyeksikan mampu meningkatkan efisiensi waktu proses penyaringan hingga 70%. Dengan demikian, rancangan alat yang dihasilkan mampu menjawab permasalahan utama dengan menawarkan solusi yang tidak hanya berpotensi mempercepat waktu produksi, tetapi juga secara drastis mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan pekerja.

Kata kunci— Penyaringan Bubur Kedelai, Produktivitas, RULA, *Quality Function Deployment*, *Musculoskeletal Disorders*, *Computational Fluid Dynamics*.

I. PENDAHULUAN

Tahu, sebuah produk olahan kedelai, merupakan makanan yang sangat digemari di Indonesia karena kandungan protein nabatinya yang tinggi, tekstur yang lembut, dan rasa netral yang mudah diolah menjadi berbagai masakan. Harganya yang terjangkau menjadikan tahu sebagai salah satu pilihan makanan utama bagi banyak kalangan masyarakat. Produksi tahu bervariasi dari skala rumah tangga hingga industri, dengan berbagai jenis seperti tahu goreng, tahu pong, dan lainnya.



GAMBAR 1
KONSUMSI TAHU DI INDONESIA TAHUN 2023

Tingginya minat masyarakat terhadap tahu tercermin pada data konsumsi nasional. Konsumsi tahu per kapita di Indonesia mencapai puncaknya pada tahun 2021 sebesar 0,158 kg/kapita/tahun. Meskipun sempat mengalami penurunan pada tahun 2022 akibat kenaikan harga kedelai karena faktor eksternal, konsumsi kembali menunjukkan tren peningkatan pada tahun 2023 seiring dengan stabilnya harga kedelai. Permintaan tahu sangat dipengaruhi oleh harga dan ketersediaan bahan baku.

Salah satu produsen yang berperan dalam memenuhi permintaan ini adalah Pabrik Bintang Sari Kedelai (BSK) di Kabupaten Tangerang, Banten, yang mulai beroperasi pada awal tahun 2024. Sebagai pabrik skala menengah, BSK memproduksi tahu goreng untuk pasar lokal dan masih mengandalkan proses produksi manual yang melibatkan sepuluh pekerja. Proses produksi tahu di BSK meliputi perendaman kedelai, penggilingan, perebusan, penyaringan sari kedelai, penggumpalan, pencetakan, pemotongan, hingga penggorengan [1]. Keseluruhan proses ini memakan waktu sekitar 6 jam 43 menit untuk 12 tahapan, termasuk sembilan aktivitas operasi dan dua aktivitas inspeksi.

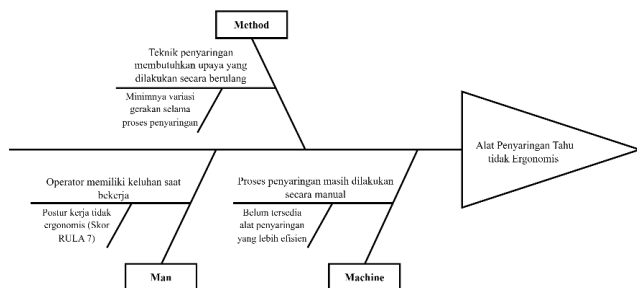
Permasalahan utama teridentifikasi pada tahap penyaringan bubur kedelai, yang masih dilakukan secara tradisional dan merupakan salah satu proses yang paling memakan waktu dan tenaga. Proses penyaringan manual ini membutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk 10 kg bubur kedelai dan menyebabkan pekerja sering mengeluh nyeri pada tubuh bagian atas. Postur kerja yang tidak ergonomis ini, di mana pekerja harus berdiri sambil mengayunkan kain

saring yang digantung, berpotensi tinggi menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Proses perhitungan dengan RULA ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2
PROSES PENYARINGAN BUBUR KEDELAI DENGAN PERHITUNGAN RULA

Untuk mengidentifikasi risiko ini, dilakukan analisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) yang menunjukkan skor 7, mengindikasikan tingkat risiko tinggi dan perlunya tindakan perbaikan segera. Analisis lebih lanjut dengan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) mengkonfirmasi adanya keluhan dominan pada bahu, lengan atas, dan punggung pekerja, dengan total skor antara 68 hingga 70, yang menegaskan perlunya intervensi ergonomis. Faktor-faktor tersebut akan dianalisis dan diidentifikasi dengan menggunakan diagram *fishbone* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3
ANALISIS DIAGRAM FISHBONE

Analisis menggunakan diagram *fishbone* mengidentifikasi tiga faktor utama penyebab masalah: manusia (*man*), metode (*method*), dan mesin (*machine*). Faktor manusia terkait dengan postur kerja yang tidak ergonomis. Faktor metode berkaitan dengan gerakan berulang yang monoton. Sementara itu, faktor mesin menyoroti ketiadaan alat penyaring yang efisien dan ergonomis.

Menanggapi permasalahan ini dan untuk mengantisipasi peningkatan konsumsi tahu di masa depan, pemilik Pabrik Bintang Sari Kedelai berencana untuk beralih ke sistem penyaringan semi-otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat penyaring bubuk kedelai yang ergonomis guna mengatasi risiko *musculoskeletal* dan sekaligus meningkatkan produktivitas pada proses penyaringan. Tujuan utamanya adalah menghasilkan rancangan alat yang mampu menjawab kedua tantangan tersebut dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Penelitian ini dibatasi pada perancangan desain 3D tanpa mencakup pembuatan prototipe

fisik atau analisis biaya produksi. Asumsi yang digunakan adalah kualitas sari pati kedelai tidak akan terpengaruh oleh alat baru dan perhitungan teknis berfokus pada komponen utama seperti dinamo listrik.

II. KAJIAN TEORI

A. Pengembangan Produk

Pengembangan produk adalah sebuah strategi dan rangkaian aktivitas terstruktur yang dilakukan perusahaan untuk merancang, mengelola, dan mengomersialkan suatu produk. Proses ini mencakup segala hal mulai dari penciptaan produk orisinal, penyempurnaan, hingga modifikasi produk yang ada melalui riset dan pengembangan. Proses ini diawali dengan analisis peluang dan identifikasi kebutuhan konsumen di pasar, dilanjutkan dengan perancangan, produksi, hingga distribusi produk. Kerangka kerja ini memastikan bahwa produk yang dihasilkan benar-benar menjawab kebutuhan dan harapan pasar secara efektif [2].

B. Ergonomi

Istilah Ergonomi berasal dari bahasa Latin, yaitu *Ergos* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam). Ergonomi dapat diartikan sebagai upaya menyesuaikan pekerjaan dengan pekerja (*fitting the job to workers*) dan merupakan penerapan teknologi yang bertujuan untuk menyeimbangkan fasilitas yang digunakan dengan kemampuan serta keterbatasan manusia [3]. Penerapan ergonomi di lingkungan kerja bertujuan untuk memastikan pekerja merasa nyaman, yang diharapkan dapat berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas kerja [4].

C. Musculoskeletal Disorders (MSDs)

Musculoskeletal Disorders (MSDs) adalah gangguan yang terjadi pada sistem musculoskeletal, khususnya otot, yang dirasakan dalam berbagai tingkatan, mulai dari keluhan ringan hingga rasa sakit yang berat. Keluhan ini dapat muncul ketika otot bekerja secara berulang dengan intensitas tinggi tanpa istirahat yang cukup. MSDs disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu peregangan otot berlebihan akibat aktivitas berat, aktivitas berulang yang dilakukan secara terus-menerus tanpa jeda, dan sikap kerja yang tidak alami seperti posisi punggung yang terlalu membungkuk [5].

D. Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi atau tingkat keparahan gangguan pada sistem otot dan rangka [6]. Metode ini menggunakan kuesioner berbentuk *checklist* ergonomi yang terstandarisasi untuk menentukan bagian tubuh pekerja yang mengalami rasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan di stasiun kerja tertentu. NBM berfungsi sebagai alat kuesioner sederhana yang dirancang untuk mengidentifikasi risiko ergonomi secara efisien [7].

E. Rappid Upper Limb Assessment (RULA)

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah metode yang dirancang untuk menganalisis dan menghitung postur tubuh bagian atas manusia. Metode yang dikembangkan oleh Lynn McAtamney dan Nigel Corlett pada tahun 1993 ini memungkinkan evaluasi posisi kerja secara cepat dan

sederhana dengan tujuan memperbaiki kondisi kerja serta mencegah terjadinya cedera. Hasil akhir dari perhitungan RULA diklasifikasikan ke dalam *RULA action level*, yaitu standar keselamatan postur tubuh yang digunakan untuk menentukan tindakan yang akan diambil berdasarkan skor yang diperoleh [8].

F. Quality Function Deployment (QFD)

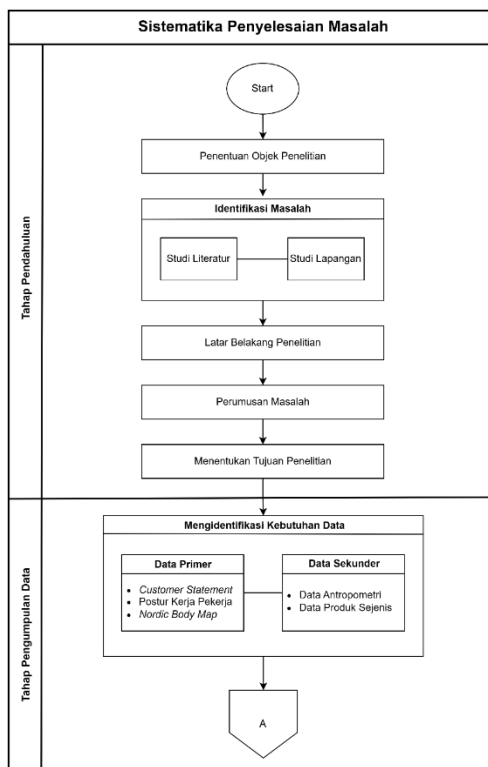
Quality Function Deployment (QFD) adalah metode yang pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan oleh Yoji Akao di Jepang pada tahun 1966. QFD adalah metode yang digunakan untuk mengonversi kebutuhan dan keinginan pengguna menjadi kualitas desain yang sesuai. Metode ini bertujuan untuk mendukung proses perancangan dan pengembangan produk dengan menetapkan spesifikasi yang mencerminkan kebutuhan serta harapan pengguna [9].

G. Matriks House of Quality (HoQ)

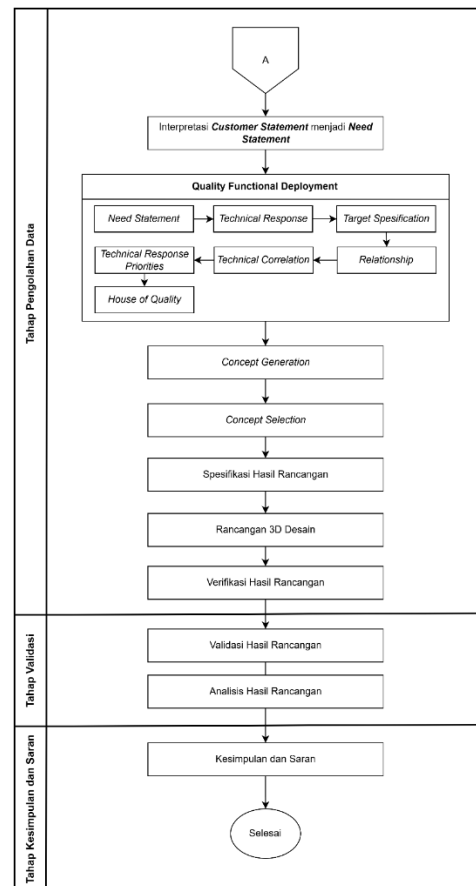
House of Quality (HoQ) merupakan sebuah matriks yang menjadi salah satu alat yang digunakan dalam QFD. Fungsi utama HoQ adalah untuk menghubungkan kebutuhan pengguna dengan spesifikasi teknis produk. Proses ini melibatkan langkah-langkah yang sistematis untuk memastikan setiap kebutuhan pengguna diidentifikasi dan diterjemahkan menjadi respons teknis yang dapat diukur serta diimplementasikan oleh tim pengembang [10].

III. METODE

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang disusun secara sistematis dengan menggunakan diagram alir. Diagram alir sistematis penyelesaian masalah ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



GAMBAR 4
ALUR PENYELESAIAN MASALAH



GAMBAR 5
ALUR PENYELESAIAN MASALAH (LANJUTAN)

Pada tahap awal penelitian, dilakukan studi lapangan dan studi literatur guna memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai kondisi kerja aktual di Pabrik Bintang Sari Kedelai (BSK), Kabupaten Tangerang. Studi lapangan mencakup observasi langsung terhadap proses produksi tahu, khususnya pada tahap penyaringan bubur kedelai, serta wawancara dengan lima pekerja untuk menggali informasi mengenai kendala, durasi kerja, serta kondisi ergonomis mereka. Temuan dari lapangan digunakan untuk mengidentifikasi masalah utama, yaitu fluktuasi produksi dan keluhan *musculoskeletal*, yang selanjutnya dijadikan dasar dalam merumuskan permasalahan dan tujuan penelitian. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, disusun sejumlah alternatif solusi dan dipilih pendekatan paling efektif yang sesuai dengan kebutuhan pekerja dan realitas operasional di pabrik.

Selanjutnya, proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui data primer dan sekunder. Data primer mencakup *Voice of Customer* (VoC) yang diperoleh dari wawancara dengan pekerja, pengamatan postur kerja, hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), serta analisis postur menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Data ini menggambarkan secara detail area tubuh yang mengalami nyeri serta risiko postur tubuh bagian atas selama proses penyaringan tahu secara manual. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari studi literatur yang mencakup data *antropometri* pekerja dan referensi produk sejenis. Data *antropometri* digunakan untuk memastikan rancangan alat sesuai dengan ukuran tubuh pekerja, sedangkan data produk sejenis menjadi acuan dalam

menentukan fitur ergonomis yang dapat diadopsi. Kedua jenis data ini digunakan untuk menyusun kebutuhan teknis serta menjadi dasar dalam tahapan perancangan produk.

Pada tahap pengolahan data, hasil yang telah dikumpulkan diolah menjadi pernyataan kebutuhan (*need statement*) yang kemudian diterjemahkan ke dalam respons teknis menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). *House of Quality* (HoQ) disusun untuk memetakan hubungan antara kebutuhan pengguna dan karakteristik teknis produk, sekaligus memberikan bobot prioritas pada masing-masing kebutuhan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirancang konsep awal alat penyaring bubuk kedelai, yang kemudian dievaluasi melalui metode *concept screening* dan *concept scoring* untuk menentukan konsep terbaik. Setelah itu, konsep yang terpilih dikembangkan menjadi desain rinci dalam bentuk gambar 3D menggunakan Autodesk Inventor, serta dilengkapi spesifikasi teknis produk. Tahapan akhir berupa verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa desain akhir telah sesuai dengan spesifikasi yang dirumuskan dan memenuhi standar ergonomi serta kebutuhan pekerja.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis data yang diperoleh serta interpretasi terhadap temuan yang dihasilkan berdasarkan tujuan penelitian. Setiap hasil dikaitkan secara langsung dengan rumusan masalah dan variabel yang diteliti, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antar variabel serta pola atau kecenderungan yang muncul dari data. Analisis ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji kesesuaian hasil dengan kerangka teori yang telah dibahas sebelumnya.

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Data primer, yang diperoleh melalui wawancara dengan operator penyaring, serta analisis postur menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan keluhan fisik menggunakan *Nordic Body Map* (NBM). Proses perhitungan sudut ditunjukkan pada Gambar 6.



GAMBAR 6
PENGUKURAN EKSISTING SUDUT PADA OPERATOR

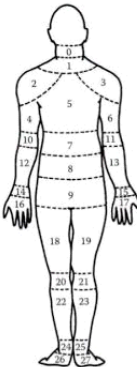
Pada Gambar 6, merupakan posisi kerja operator ketika proses penyaringan secara manual, yang di mana operator berdiri dengan memegang kain saring yang digunakan untuk memisahkan sari pati kedelai dan ampasnya, dari posisi tersebut didapatkan nilai sudut yang ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1
NILAI SUDUT POSTUR KERJA OPERATOR

Bagian Tubuh	Nilai Sudut	Deskripsi Aktivitas
V° (Sudut bagian leher)	20%	Fleksi, kepala sedikit menunduk selama proses penyaringan
W° (Sudut bagian atas punggung)	20%	Fleksi, punggung bagian atas membungkuk untuk menopang aktivitas kerja
X° (Sudut bagian lengan atas)	20%	Abduksi, bahu terangkat untuk mengangkat dan menopang kain saring
Y° (Sudut bagian siku)	100%	Fleksi, melakukan gerakan naik turun secara berulang saat mengayak bubuk kedelai
Z° (Sudut bagian lengan bawah)	15%	Fleksi, menopang bahan kain saring dalam posisi statis, tanpa deviasi atau rotasi yang signifikan

Nilai sudut yang didapatkan pada Tabel 1 dijadikan sebagai acuan untuk menghitung skor menggunakan metode RULA. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil yang menunjukkan skor 7 atau berarti tergolong dengan risiko tinggi.

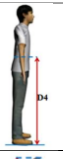
Setelah dilakukan perhitungan skor postur tubuh operator dengan menggunakan metode RULA, langkah berikutnya adalah proses analisis dan perhitungan menggunakan metode NBM yang dilakukan dengan melakukan wawancara kepada dua orang pekerja. Hasil perhitungan dengan metode NBM ditunjukkan pada Gambar 7.

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan						Peta Bagian Tubuh
		Pekerja 1			Pekerja 2			
		TS	AS	SS	TS	AS	SS	
0	Sakit pada atas leher		✓		✓			
1	Sakit pada bawah leher		✓		✓			
2	Sakit pada kiri bahu			✓			✓	
3	Sakit pada kanan bahu			✓			✓	
4	Sakit pada kiri atas lengan			✓			✓	
5	Sakit pada punggung		✓				✓	
6	Sakit pada kanan atas lengan			✓			✓	
7	Sakit pada pinggang	✓				✓		
8	Sakit pada pantat				✓			
9	Sakit pada bagian bawah pantat	✓			✓			
10	Sakit pada kiri siku			✓			✓	
11	Sakit pada kanan siku			✓			✓	
12	Sakit pada kiri lengan bawah			✓			✓	
13	Sakit pada kanan lengan bawah			✓			✓	
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri			✓			✓	
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan			✓			✓	
16	Sakit pada tangan kiri			✓			✓	
17	Sakit pada tangan kanan			✓			✓	
18	Sakit pada paha kiri		✓			✓		
19	Sakit pada paha kanan		✓			✓		
20	Sakit pada lutut kiri	✓					✓	
21	Sakit pada lutut kanan	✓			✓			
22	Sakit pada betis kiri	✓					✓	
23	Sakit pada betis kanan	✓			✓			
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	✓			✓		✓	
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	✓			✓		✓	
26	Sakit pada kaki kiri	✓			✓		✓	
27	Sakit pada kaki kanan			✓			✓	
Jumlah		9	4	9	6	7	6	
Jumlah Skor		68			70			

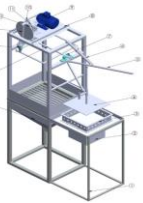
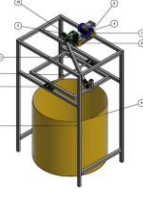
GAMBAR 7
HASIL KUESIONER NBM

Berdasarkan pada Gambar 7, hasil kuesioner *Nordic Body Map* menunjukkan bahwa Pekerja 1 mendapatkan skor 68 dan Pekerja 2 memperoleh skor 70, keduanya termasuk dalam kategori risiko tinggi. Skor ini mengindikasikan bahwa kedua pekerja mengalami keluhan fisik yang cukup serius selama menjalankan tugasnya. Area tubuh yang paling banyak dikeluhkan meliputi leher, punggung, bahu, dan lengan, yang merupakan bagian tubuh yang dominan terlibat dalam aktivitas penyaringan bubuk kedelai secara manual. Temuan ini mencerminkan adanya tekanan berulang dan postur kerja yang kurang ergonomis, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan dan risiko gangguan *musculoskeletal*.

2. Data sekunder, mencakup data *antropometri* pekerja (tinggi, panjang lengan, dll.) dan spesifikasi produk perbandingan dari alat serupa di pasaran, seperti mesin penyaring dan pengepresan bubur kedelai serta alat penyaringan susu kedelai, yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

No	Dimensi Antropometri	Gambar	Bagian	Ukuran Dimensi Tubuh (cm)	Persentil
1	Tinggi Siku (D4)		Tinggi Pengoperasian Alat	104.64	P50
2	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas Dalam Posisi Berdiri (D34)		Tinggi Kain Penyaringan	208.3	P5

GAMBAR 8
DATA ANTROPOMETRI

Produk Sejenis	Gambar Produk	Spesifikasi Produk Sejenis
Mesin Penyaring dan Pengepresan Bubur Kedelai Kapasitas Minimal 10 Kg		a. Fungsi Produk: Menyaring dan mengepres bubur kedelai secara semi-otomatis untuk memisahkan sari kedelai dari ampasnya. b. Dimensi Alat: 65 x 50 x 110 cm c. Material: Baja ringan dan Kain d. Berat Produk: 35 kg e. Fitur Khusus: Menggunakan motor Listrik dengan kecepatan rendah (68,5 rpm) dan sistem engkol untuk pengepresan. f. Sumber: (Suarto & Rohadi, 2022) g. Kelebihan: Alat penyaringan dan proses pengepresan bubur dibuat menjadi satu, sehingga dapat mengefisiensi h. Kekurangan: Penggunaan material baja ringan yang dapat mudah berkarat jika tidak dilapisi
Alat Penyaringan Susu Kedelai		a. Fungsi Produk: Menyaring susu kedelai secara otomatis menggunakan motor listrik untuk meningkatkan efisiensi b. Dimensi Alat: 119 x 90 x 182 cm c. Material: Besi Hollow dan Stainless Steel d. Berat Produk: 50 kg e. Fitur Khusus: Dilengkapi motor listrik 0.5 HP, gearbox 1:60, menjadikan sistem ayun otomatis. f. Sumber: (Murdianto et al., 2023a) g. Kelebihan: Proses lebih cepat, pengoperasian minim tenaga kerja. h. Kekurangan: Berat, Penempatan mesin yang berada langsung di atas kain penyaringan berisiko tidak higienis.

GAMBAR 9
DATA PERBANDINGAN PRODUK SEJENIS

B. Perumusan Kebutuhan (*Need Statement*)

Informasi yang diperoleh melalui wawancara dengan operator pabrik digunakan sebagai dasar dalam merumuskan *need statement*, yaitu pernyataan yang merangkum harapan, keinginan, dan kebutuhan pengguna terhadap alat yang akan dikembangkan. Proses ini penting untuk menjembatani kondisi nyata di lapangan dengan spesifikasi teknis dalam perancangan produk. Dengan memahami bagaimana alat digunakan dalam konteks pekerjaan sehari-hari, pernyataan kebutuhan dapat disusun secara tepat. Penyusunan *need statement* dilakukan dengan bahasa yang jelas, positif, dan tidak bersifat mengarahkan.

Wawancara yang dilakukan dengan dua orang operator penyaring bubur kedelai, yaitu Sahra dan Adi, memberikan gambaran menyeluruh mengenai kendala kerja yang mereka hadapi serta ekspektasi terhadap alat yang akan dirancang.

Dari wawancara dengan Sahra, diketahui bahwa proses penyaringan yang masih manual menimbulkan kelelahan fisik, terutama pada bagian tubuh atas seperti bahu dan punggung. Sahra juga mengeluhkan waktu proses yang cukup lama dan kurangnya efisiensi produksi saat volume kerja meningkat. Hal serupa diungkapkan oleh Adi, yang menyatakan bahwa aktivitas penyaringan manual berisiko menurunkan produktivitas, terutama saat tenaga kerja terbatas dan kelelahan mulai dirasakan. Keduanya menginginkan alat yang lebih ergonomis, tidak sepenuhnya bergantung pada tenaga manusia, dan memiliki kemampuan menyaring lebih cepat namun tetap menjaga kualitas hasil.

Hasil dari wawancara tersebut kemudian dikonversikan ke dalam *need statement*, pernyataan kebutuhan yang bersifat teknis namun tetap berpijak pada harapan penggunaan dirangkum dalam bentuk atribut untuk digunakan pada tahap *Quality Function Deployment* (QFD), serta akan menjadi acuan penting dalam merancang alat penyaring bubur kedelai yang sesuai dengan kondisi kerja dan preferensi operator. Setelah merumuskan kebutuhan pengguna ke dalam *Need Statement*, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi tingkat kepentingan dari masing-masing kebutuhan untuk menetapkan prioritas dalam proses perancangan alat penyaring bubur kedelai. Evaluasi ini dilakukan dengan melibatkan dua operator yang sebelumnya diwawancarai, di mana mereka memberikan penilaian terhadap setiap kebutuhan menggunakan skala *Likert* 1 sampai 5. Skor 1 mengindikasikan bahwa kebutuhan tersebut dianggap sangat tidak penting, sementara skor 5 menunjukkan bahwa kebutuhan tersebut sangat penting dan harus menjadi prioritas utama dalam desain produk. Hasil nilai akhir untuk setiap atribut dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
NEED STATEMENTS & DEGREE OF IMPORTANCE

Atribut Kebutuhan	<i>Need Statement</i>	<i>Degree of Importance</i>
V1	Alat bekerja secara semi-otomatis.	5
V2	Alat mudah digunakan.	5
V3	Alat dirancang ergonomis.	5
V4	Alat mempercepat penyaringan.	4
V5	Alat memiliki daya tahan tinggi.	5
V6	Alat mudah dibersihkan.	3
V7	Alat aman digunakan.	5

Hasil penilaian yang diberikan oleh kedua operator menunjukkan bahwa sebagian besar atribut kebutuhan pengguna memperoleh skor maksimal, yaitu 5 pada skala *Likert*. Temuan ini mengindikasikan bahwa terdapat sejumlah aspek yang dianggap sangat penting dan menjadi prioritas utama dalam perancangan alat penyaring bubur kedelai. Di antaranya adalah kemampuan alat untuk beroperasi secara semi-otomatis, peningkatan kenyamanan kerja bagi operator, ketahanan atau *durabilitas* alat dalam jangka panjang, serta efisiensi waktu dan tenaga dalam proses penyaringan. Sementara itu, meskipun atribut “mudah dibersihkan” tidak memperoleh skor maksimal, nilainya tetap tinggi dan relevan.

C. Analisis dan Identifikasi Karakteristik Teknis (*Technical Response*)

Setiap tanggapan teknis (*technical responses*) pada rancangan alat penyaringan bubur kedelai telah dirumuskan untuk menjawab kebutuhan pengguna secara fungsional dan operasional di lapangan. Setiap atribut kebutuhan, seperti

semi-otomatisasi alat, kemudahan penggunaan, ergonomi, efisiensi waktu, daya tahan, kemudahan pembersihan, dan keselamatan kerja, dikaitkan dengan elemen teknis yang spesifik seperti motor listrik, pompa sentrifugal, *inverter*, dimensi antropometri, jenis material, serta sistem kelistrikan tertutup.

Hubungan antara kebutuhan pengguna dan karakteristik teknis dianalisis melalui pemetaan *relationship* yang menggambarkan seberapa kuat keterkaitan antar elemen tersebut, baik dalam kategori kuat, sedang, maupun lemah. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk menentukan prioritas dari masing-masing respons teknis berdasarkan tingkat kepentingan kebutuhan pengguna (*need statement*) yang dikalikan dengan bobot kekuatan hubungan. Hasil perkalian ini dijumlahkan untuk menghasilkan nilai kepentingan absolut (*absolute importance*), yang menunjukkan seberapa besar kontribusi masing-masing aspek teknis terhadap pemenuhan kebutuhan pengguna. Nilai ini menjadi dasar dalam menentukan fokus utama dalam proses perancangan, di mana semakin tinggi *absolute importance* suatu elemen, maka semakin tinggi pula prioritasnya untuk dioptimalkan dalam desain akhir alat. Proses ini memastikan bahwa rancangan yang dikembangkan tidak hanya tepat guna, tetapi juga efisien dan sesuai dengan karakteristik pengguna di lingkungan industri skala menengah. Hasil perhitungan karakteristik teknis tersebut dituangkan pada Tabel 3.

TABEL 3
HASIL PERHITUNGAN TECHNICAL RESPONSE PRIORITIES

<i>Metric Technical Responses</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Absolute Importance</i>	141	117	124	125	114	114	99	112
<i>Ranking Priority</i>	1	4	3	2	5	5	8	7

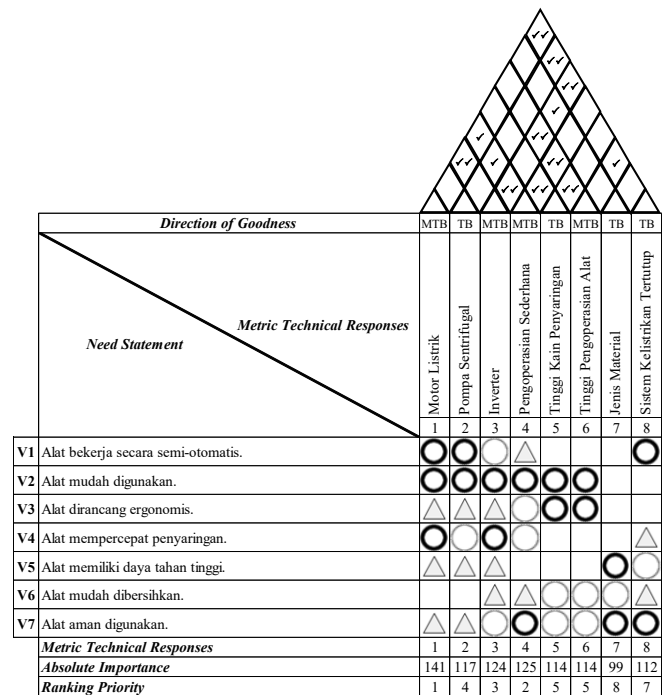
Mengacu pada Tabel 3, hasil analisis kepentingan absolut (*absolute importance*) menunjukkan bahwa tiga elemen teknis dengan prioritas tertinggi adalah penggunaan motor listrik, sistem pengoperasian yang sederhana, serta keberadaan *inverter*. Ketiga elemen ini menegaskan bahwa kemampuan alat untuk beroperasi secara semi-otomatis dan kemudahan dalam penggunaannya merupakan fokus utama dalam perancangan alat penyaringan bubur kedelai. Urutan prioritas ini diperoleh melalui proses *ranking* yang didasarkan pada hasil evaluasi kebutuhan pengguna, dan menjadi acuan penting dalam pengambilan keputusan desain. Dengan demikian, pengembangan konsep teknis alat akan difokuskan pada aspek-aspek yang memiliki nilai prioritas yang sesuai dengan Tabel 4.

TABEL 4
HASIL TECHNICAL RESPONSE RANKING

<i>Ranking</i>	<i>Technical Responses</i>
1	Motor Listrik
2	Pengoperasian Sederhana
3	Inverter
4	Pompa Sentrifugal
5	Tinggi Pengoperasian Alat
6	Tinggi Peletakan Kain
7	Sistem Kelistrikan Tertutup
8	Jenis Material

Seluruh elemen yang telah disusun dan dirancang, selanjutnya digabungkan pada matriks HoQ. Kerangka kerja ini berfungsi sebagai alat utama untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi target-target perancangan yang bersifat teknis dan dapat diukur. Dengan menggunakan

matriks HoQ, dapat dipastikan bahwa tidak ada kebutuhan penting dari pengguna yang terabaikan dan setiap keputusan desain diambil. Matriks HoQ dapat dilihat pada Gambar 10.



GAMBAR 10
MATRIKS HOQ

D. Concept Generation

Tahap pengembangan konsep (*concept generation*) dimulai dari analisis kebutuhan dan spesifikasi teknis. Metode dekomposisi produk digunakan untuk memecah sistem menjadi bagian-bagian sederhana. Proses diawali dengan pendekatan *black box* untuk mengidentifikasi *input-output* alat secara umum, dilanjutkan dengan diagram sub-fungsi dan dekomposisi fungsi yang memetakan aliran energi, material, dan sinyal dalam sistem.

Setiap sub-fungsi dipecah lebih lanjut untuk eksplorasi solusi melalui *brainstorming internal*, yang hasilnya disusun dalam bentuk *morphological chart*. Beberapa komponen teknis penting yang dijadikan fokus eksplorasi konsep meliputi:

1. Motor Listrik – Dinamo 3 Fasa atau 1 Fasa (0.75 HP, 1400 rpm) sebagai penggerak utama.
2. Inverter (VSD) – Keletool (0.75 kW) dan HNC (1.5 kW) untuk mengatur kecepatan motor.
3. Kabel (Tembaga Solid) dan Kabel (Tembaga Serabut).
4. Pompa Sentrifugal – *food grade* dan *non-food grade*.
5. Panel Box – Tiga desain alternatif (lengkung transparan, kotak siku, dan vertikal membulat).
6. Penggantung Kain – Sistem jepit dan ikat.
7. Material Rangka – *Stainless Steel 304* (tahan korosi) dan *Aluminium Anodized 6061* (lebih ringan).

Empat kombinasi konsep desain (A–D) dikembangkan berdasarkan pilihan-pilihan tersebut dan divisualisasikan dalam bentuk sketsa 3D. Masing-masing konsep menekankan kombinasi fitur yang berbeda dari sisi bahan, sistem penggerak, desain ergonomis, dan efisiensi alat.

1. Konsep A mengutamakan *food safety* dengan penggunaan *stainless steel*, *cover akrilik*, dan pompa *food grade*.

- Konsep B lebih ringan dan ekonomis dengan material aluminium dan pompa *non-food grade*.
- Konsep C menggabungkan kekuatan *stainless steel* dengan desain ergonomis dan pompa higienis.
- Konsep D memprioritaskan kemudahan penggunaan dan efisiensi biaya.

Empat kombinasi konsep desain (A–D) ditunjukkan secara rinci pada Tabel 5.

TABEL 5
RANCANGAN KELOMPOK DESAIN KONSEP

Konsep	Sketsa Rancangan Tiga Dimensi	Penjelasan Konsep
A		Konsep A menggunakan rangka <i>Stainless Steel 304</i> yang tahan korosi dan aman untuk pangan, dengan cover akrilik transparan untuk visibilitas proses. Penggerak utamanya adalah Dinamo 3 Fasa, dan Inverter Keletool VSD – 1 HP sebagai pengatur kecepatan. Bubur kedelai dialirkan melalui pompa berstandar <i>food grade</i> dengan daya 0.5 HP, dan tipe kabel tembaga solid digunakan sebagai sistem kelistrikan. Kain penyaring jenis sifon dijepit agar mudah dilepas-pasang, dan panel box dirancang melengkung dengan cover transparan.
B		Konsep B menggunakan rangka <i>Aluminium Anodized 6061</i> dan <i>polycarbonate</i> sebagai cover. Penggerak utamanya adalah Dinamo 1 Fasa yang dikendalikan oleh Inverter HNC VSD – 2 HP. Sistem kelistrikan menggunakan kabel dengan tembaga serabut, dan pompa yang digunakan adalah <i>non-food grade</i> dengan daya 1 HP. Kain penyaring jenis sifon diikat secara manual, dan panel kontrol berbentuk kotak sudut siku.
C		Konsep C menggunakan rangka <i>Stainless Steel 304</i> dengan cover <i>polycarbonate</i> . Dinamo 1 Fasa dikombinasikan dengan Inverter HNC VSD – 2 HP dan kabel tembaga solid. Pompa <i>food grade</i> – 0.5 HP, dan Kain penyaring jenis sifon menggunakan sistem ikat, dan panel kontrol didesain vertikal dengan sudut membulat.
D		Konsep D menggunakan rangka <i>Aluminium Anodized 6061</i> dengan cover akrilik. Penggeraknya berupa Dinamo 1 Fasa dan Inverter Keletool VSD – 1 HP, dengan kabel tembaga serabut, dan pompa <i>non-food grade</i> – 1 HP. Kain penyaring jenis sifon dijepit untuk kemudahan penggunaan, dan panel kontrol dibuat sederhana dengan bentuk kotak sudut siku.

E. Concept Selection

Langkah awal dalam proses pemilihan konsep adalah penetapan kriteria seleksi (*selection criteria*), yang disusun

berdasarkan hasil identifikasi terhadap kebutuhan pengguna serta batasan-batasan teknis yang ada selama pengembangan. Kriteria yang ditetapkan meliputi aspek ergonomi, kemudahan penggunaan, keandalan, daya tahan, dan keamanan. Setiap aspek ini merepresentasikan kebutuhan spesifik yang telah dirumuskan sebelumnya, seperti perlunya alat yang ergonomis, mudah digunakan dan dibersihkan, memiliki keandalan tinggi, tahan lama, serta aman saat dioperasikan. Setelah kriteria seleksi ditentukan, proses dilanjutkan ke tahap *concept screening*, yakni tahap penyaringan awal terhadap beberapa alternatif konsep yang telah dikembangkan. Dalam tahap ini, masing-masing konsep dibandingkan dengan produk referensi yang telah ada di pasar. Penilaian dilakukan menggunakan simbol: tanda “+” diberikan jika konsep lebih baik dari referensi, “0” jika setara, dan “–” jika dianggap lebih rendah. Simbol-simbol ini kemudian dikonversi menjadi nilai numerik, yaitu +1, 0, dan -1, yang selanjutnya dijumlahkan untuk mendapatkan nilai total atau *net score* dari tiap konsep. Nilai ini menjadi dasar untuk mengevaluasi apakah suatu konsep layak untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya, perlu dikombinasikan dengan konsep lain, atau justru harus dieliminasi. Hasil seleksi pada setiap konsep dijelaskan secara detail pada Tabel 6.

TABEL 6
HASIL CONCEPT SCORING

Selection Criteria	Concept				
	A	B	C	D	Reference
Ergonomi	+	+	+	+	0
Kemudahan Penggunaan	+	+	0	+	0
Keandalan	+	-	+	0	0
Daya Tahan	+	0	+	0	0
Keamanan	+	-	+	-	0
Sum +’s	5	2	4	2	
Sum 0’s	0	1	1	2	
Sum -’s	0	2	0	1	
Net Score	5	0	4	1	
Rank	1	4	2	3	
Continue?	Yes	Combine	Yes	Combine	

Tahap *concept scoring* merupakan lanjutan dari proses pemilihan konsep yang bertujuan untuk mengevaluasi konsep secara lebih objektif dan mendalam dengan memberikan bobot pada setiap kriteria seleksi berdasarkan tingkat kepentingannya. Penilaian dilakukan dengan cara mengalikan skor performa masing-masing konsep terhadap tiap kriteria dengan bobot yang telah ditentukan sebelumnya [11]. Penetapan bobot kriteria dilakukan dengan mempertimbangkan urgensi dan pengaruh setiap aspek terhadap kebutuhan pengguna. Bobot tertinggi diberikan pada kriteria keandalan (30%) karena fungsionalitas alat yang bekerja secara semi-otomatis menjadi kebutuhan utama pengguna. Disusul oleh kemudahan penggunaan (24%) dan ergonomi (22%) yang juga menjadi prioritas dalam pengalaman pengguna. Kriteria lainnya, yaitu daya tahan dan keamanan, masing-masing diberi bobot sebesar 12%. Rincian pembobotan ini ditampilkan dalam Tabel 7.

TABEL 7
SELECTION CRITERIA WEIGHTING

Atribut Kebutuhan	Need Statement	Selection Criteria	Presentase
V3	Alat dirancang ergonomis	Ergonomi	22%
V6	Alat mudah dibersihkan.	Kemudahan	

Atribut Kebutuhan	Need Statement	Selection Criteria	Presentase
V2	Alat mudah digunakan.	Penggunaan	24%
V1	Alat bekerja secara semi-otomatis	Keandalan	30%
V4	Alat mempercepat penyaringan.		
V5	Alat memiliki daya tahan tinggi.	Daya Tahan	12%
V7	Alat aman digunakan.	Keamanan	12%
Total Pembobotan			100%

Selanjutnya, dilakukan penilaian terhadap performa setiap konsep terhadap seluruh kriteria seleksi. Penilaian dilakukan dengan memberikan skor dalam rentang 1 hingga 5, di mana skor 5 menunjukkan performa terbaik dalam memenuhi suatu kriteria. Setiap skor kemudian dikalikan dengan bobot kriteria yang bersangkutan untuk menghasilkan *weighted score* atau nilai tertimbang. Nilai-nilai tertimbang dari masing-masing kriteria kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total skor akhir dari setiap konsep. Rincian hasil perhitungan pembobotan ditunjukkan pada Tabel 8.

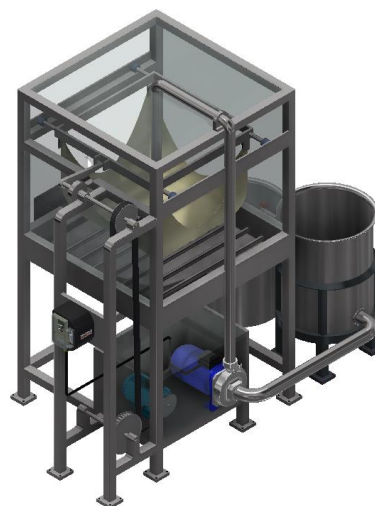
TABEL 8
CONCEPT SCORING

Selection Criteria	Weight	Concept					
		A		B & D		C	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ergonomi	22%	5	1,1	5	1,1	5	1,1
Kemudahan Penggunaan	24%	5	1,2	4	1	4	1
Keandalan	30%	5	1,5	3	1,2	5	1,2
Daya Tahan	12%	4	0,5	3	0,4	4	0,5
Keamanan	12%	5	0,6	3	0,4	5	0,6
Total Score		4,88		3,68		4,64	
Rank		1		3		2	
Continue?		Yes		No		No	

Hasil evaluasi pada Tabel 8 menunjukkan bahwa konsep A memperoleh skor tertinggi sebesar 4,88, diikuti oleh konsep C dengan skor 4,64, dan konsep gabungan B & D dengan skor 3,68. Berdasarkan hasil ini, konsep A menempati peringkat pertama dan diputuskan untuk dilanjutkan ke tahap pengembangan selanjutnya. Sementara itu, konsep C dan B & D dinilai tidak memenuhi kriteria secara optimal dan tidak direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut.

F. Hasil Perancangan

Rancangan alat penyaringan bubur kedelai dibuat berdasarkan spesifikasi akhir, menggunakan *Autodesk Inventor 2025*. Desain ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kenyamanan kerja operator. Hasil rancangan ditampilkan pada Gambar 11.



GAMBAR 11
HASIL RANCANGAN ALAT PENYARINGAN BUBUR KEDELA

Alat penyaringan bubur kedelai ini dirancang untuk bekerja secara semi-otomatis dengan alur kerja yang efisien dan mudah dioperasikan. Proses dimulai dengan menyalakan saklar pompa sentrifugal pada panel kendali, yang akan mengaktifkan pompa untuk menyedot bubur kedelai dari tong perebusan menuju ke dalam kain penyaring. Setelah volume yang cukup tercapai, operator mematikan pompa untuk memulai proses penyaringan. Pada tahap penyaringan, operator mengaktifkan *inverter* untuk mengatur kecepatan motor listrik. Motor ini kemudian menggerakkan sistem transmisi *puli* dan poros yang menghasilkan gerakan ayun maju-mundur pada rangka kain saring, sehingga sari pati kedelai dapat dipisahkan secara optimal dari ampasnya. Selama proses berlangsung, sari pati akan menetes ke dalam wadah penampung di bagian bawah dan diteruskan melalui pipa menuju tong penampungan akhir. Setelah proses ekstraksi selesai, *inverter* dimatikan dan operator membuka penjepit kain saring untuk membuang ampas kedelai melalui corong pembuangan. Tahap terakhir adalah pembersihan dan persiapan ulang, di mana kain saring kembali dipasang dan seluruh alat dibersihkan untuk menjaga kebersihan sebelum digunakan dalam siklus penyaringan sel

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan, dan analisis data, penelitian ini telah berhasil merancang sebuah alat penyaringan bubur kedelai semi-otomatis yang menjawab permasalahan produktivitas dan risiko ergonomi di Pabrik Tahu Goreng Bintang Sari Kedelai. Melalui penerapan metode *Quality Function Deployment* (QFD), kebutuhan pekerja berhasil diterjemahkan menjadi spesifikasi teknis yang terukur untuk menghasilkan rancangan yang solutif. Hasilnya adalah sebuah rancangan yang secara efektif menjawab permasalahan risiko *musculoskeletal* dengan penurunan skor RULA dari 7 (risiko sangat tinggi) menjadi 3-4 (risiko sedang) melalui penerapan desain berdasarkan data antropometri. Penurunan skor ini dicapai karena metode kerja manual yang melibatkan gerakan mengayak berulang dihilangkan dan digantikan dengan postur kerja berdiri tegak saat mengoperasikan panel kontrol. Dari sisi produktivitas, rancangan alat ini diproyeksikan mampu meningkatkan laju penyaringan dari 1 kg/menit menjadi 3,3 kg/menit, atau mencapai peningkatan efisiensi waktu hingga

70% dibandingkan metode manual. Keberhasilan ini dicapai melalui integrasi motor listrik, pompa sentrifugal, dan mekanisme pengayak yang dirancang untuk menggantikan proses kerja manual yang berulang dan membebani fisik pekerja.

REFERENSI

- [1] F. Girsang, F. Yanti, and R. Damanik, "CARA PEMBUATAN TAHU BAGI KALANGAN MASYARAKAT," 2024. doi: <https://doi.org/10.36985/pnw7d049>.
- [2] K. Nur Baiti and E. Kustiyah, "PRODUKTIVITAS KERJA KARYAWAN DITINJAU DARI MOTIVASI, DISIPLIN KERJA DAN LINGKUNGAN KERJA PADA PT. ISKANDAR INDAH PRINTING TEXTILE SURAKARTA," 2020. doi: 10.29040/jie.v4i01.812.
- [3] R. A. Simanjuntak and J. Susetyo, "PENERAPAN ERGONOMI DI LINGKUNGAN KERJA PADA UMKM," 2022, Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: https://www.academia.edu/116864582/PENERAPAN_ERGONOMI_DI_LINGKUNGAN_KERJA_PADA_UMKM?source=swp_share
- [4] Y. Hutabarat, "BUKU_DASAR-DASAR PENGETAHUAN ERGONOMI," 2017.
- [5] Tarwaka, S. HA. Bakri, and L. Sudiajeng, "Perpustakaan Nasional: Katalog dalam terbitan (KDT) Tarwaka," 2004.
- [6] M. Istiqomah, A. Nur Amalia, and F. Sutartiah, "ANALISIS POSTUR KERJA UNTUK MENGURANGI KELUHAN CIDERA OTOT KARYAWAN CV. X MENGGUNAKAN METODE NORDIC BODY MAP DAN REBA," 2023. doi: <https://doi.org/10.25157/jig.v6i2.4080>.
- [7] S. F. Zahra and H. Prastawa, "ANALISIS KELUHAN MUSKULOSKELETAL MENGGUNAKAN METODE NORDIC BODY MAP (Studi Kasus: Pekerja Area Muat PT Charoen Pokphand Indonesia Semarang)," 2023. Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj>
- [8] S. Prasetyo and Y. Yuniati, "Usulan Postur Kerja Berdasarkan Analisis Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) di Stasiun Kerja Quality Control UMKM Kalina Fashion," 2022.
- [9] Y. Akao, *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Taylor & Francis, 2004. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=4-vrwAEACAAJ>
- [10] J. P. Ficalora and L. Cohen, *Quality Function Deployment and Six Sigma: A QFD Handbook*, no. v. 10. in *Quality function deployment and six sigma: a QFD handbook*. Prentice Hall, 2010. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=pl-xPAAACAAJ>
- [11] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. C. Yang, *Product Design and Development*. McGraw Hill Education (India) Private Limited, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=DhE0zwEACA AJ>