

Perancangan Mesin Oven Dengan Metode Reverse Engineering Untuk Mengefisienkan Waktu Proses Pengeringan Keripik Kentang Di Pabrik Keripik Kentang Bbc

1st M Fahmi Salim

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fahmisalimm@student.telkomuniversi-
ty.ac.id

2nd Ilma Mufidah

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ilmamufidah@telkomuniversity.ac.id

3rd Yusuf Nugroho Doyo Yekti

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

doyoyekti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pabrik Keripik Kentang BBC memiliki 12 tahapan dalam pengolahan bahan baku kentang hingga produk jadi. Tahap pengeringan memakan waktu lama dan menggunakan dua cara, penjemuran selama 1-2 hari atau mesin oven selama 6 jam, tergantung pada cuaca. Namun, kendala dalam proses penjemuran dan penggunaan mesin oven, seperti postur pekerja yang buruk, kapasitas tray terbatas, dan sirkulasi panas yang tidak merata, mempengaruhi hasil produksi dan kesulitan memenuhi permintaan tinggi. Metode *reverse engineering* digunakan untuk merancang mesin oven dengan kapasitas penampung yang lebih besar, ukuran *blower* yang tepat, bahan bakar alternatif, dan mekanisme input-output yang mudah. Analisis nilai REBA menunjukkan bahwa mesin oven usulan mengurangi risiko *musculoskeletal disorder* dan meningkatkan efisiensi waktu proses pengeringan sebesar 82.4% berkat kapasitas produksi yang lebih besar. Rancangan ini diharapkan dapat membantu mengatasi kendala produksi dan meningkatkan efisiensi serta kesejahteraan pekerja

Kata kunci— Keripik Kentang, REBA, Reverse Engineering, Mesin Oven, *Musculoskeletal Disorders*

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris merupakan salah satu negara yang banyak memproduksi kentang. Pada tahun 2020, kentang merupakan salah satu hasil komoditas pertanian terbesar yang dihasilkan Indonesia dengan total produksi sebesar 1.282.768 ton kentang. Salah satu UMKM yang memanfaatkan kentang menjadi cemilan keripik kentang ialah Pabrik Keripik Kentang BBC. UMKM ini berlokasi di kec. Pangalengan, Kab. Bandung. Pabrik Keripik Kentang BBC menjual keripik kentang yang dijual di kios-kios makanan disekitar lokasi pabrik, toko oleh-oleh, *rest area* dan tempat wisata yang tersebar di daerah Pangalengan dan Ciwidey.

Pada proses pengolahan bahan baku kentang di Pabrik Keripik Kentang BBC, terdapat 12 tahapan yang harus dilakukan sebelum produk keripik kentang dapat dipasarkan. Salah satu tahapan membutuhkan waktu 1-2 hari atau 6 jam, tahapan tersebut adalah pengeringan irisan kentang. Proses pengeringan ini dilakukan dengan cara menjemur irisan kentang di *Green House* atau menggunakan mesin oven berkapasitas 100kg.

Proses penjemuran dan mesin oven eksisting masih memiliki kendala, seperti postur tubuh pekerja tidak baik dan mesin tidak bekerja optimal. Penggunaan mesin oven eksisting hanya dapat menampung 100kg irisan kentang dalam sekali proses. Hal tersebut tidak dapat memenuhi target produksi harian yang mencapai 200 kg. Selain itu, sirkulasi yang tidak rata menjadi masalah yang menyebabkan penurunan kualitas keripik kentang dan terjadi aktivitas berulang yang harus dilakukan operator. Aktivitas tersebut adalah pergantian posisi *tray* bawah ke atas. Aktivitas tersebut berlangsung tiap 20 menit sekali dalam 6 jam proses pengeringan. Postur pekerja eksisting juga menjadi masalah yang terjadi. Pada penggunaan mesin oven eksisting dilakukan analisis REBA. Hasil analisis menunjukkan jika proses penjemuran berada di level *medium* resiko terkena *musculoskeletal disorder* dan membutuhkan perbaikan.

Dalam perancangan mesin usulan, peneliti menggunakan metode *reverse engineering*. Mesin eksisting digunakan sebagai acuan peneliti dalam merancang mesin usulan. Diharapkan hasil perancangan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi, khususnya permasalahan efisiensi waktu proses pengeringan dan perbaikan postur tubuh pekerja.

II. KAJIAN TEORI.

A. Reverse Engineering

Reverse engineering adalah metode untuk mempelajari bagaimana suatu objek atau peristiwa di masa lalu bekerja dengan menganalisis, mengukur, dan menguji bagian-bagiannya.[1] Ini merupakan proses menemukan kembali petunjuk tentang bagaimana suatu objek dibuat, yang kemudian dapat digunakan untuk membangun kembali objek tersebut atau memahami bagaimana objek bekerjaB. *Reverse Engineering*. [2]

B. Pengembangan Produk

Pengembangan produk merupakan proses yang bertujuan untuk membuat produk baru atau memperbaharui produk yang sudah ada. Kegiatan yang termasuk dalam proses ini meliputi merancang, mengembangkan, dan menguji produk agar sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Tujuan dari pengembangan produk adalah untuk menciptakan produk yang unik dan bernilai tinggi bagi pelanggan, serta sesuai dengan kebutuhan pasar yang terus berubah. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan

efektivitas produksi, serta mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk mengembangkan produk. [3]

C. Ergonomi

Ergonomi adalah pendekatan yang melibatkan berbagai disiplin ilmu dan bertujuan untuk menyelaraskan peralatan, metode, dan lingkungan kerja dengan kemampuan, keahlian, dan keterbatasan manusia. Hal ini dilakukan untuk menciptakan kondisi kerja yang sehat, aman, nyaman, dan efisien guna meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan tenaga kerja. [4]

D. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) merupakan alat analisis postur tubuh yang dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney beserta ahli ergonomi lainnya di Inggris. Metode REBA tersebut melakukan evaluasi terhadap posisi tubuh, kekuatan, aktivitas, dan faktor tambahan yang dapat menyebabkan cedera akibat aktivitas berulang-ulang. Penilaian posisi kerja menggunakan metode ini dilakukan dengan memberikan skor risiko dari satu hingga lima belas, di mana skor tertinggi menunjukkan tingkat risiko yang tinggi atau bahaya dalam melakukan pekerjaan tersebut. Dengan demikian, skor rendah menjamin bahwa pekerjaan yang diteliti bebas dari bahaya ergonomi. [5]

E. *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)

Kesehatan muskuloskeletal berkaitan dengan fungsi sistem alat gerak, yang meliputi otot, tulang, sendi, dan jaringan ikat yang utuh dan berdekatan. Gangguan muskuloskeletal melibatkan lebih dari 150 penyakit/kondisi yang berbeda, yang mempengaruhi sistem tersebut dan ditandai dengan gangguan pada otot, tulang, sendi, dan jaringan ikat yang berdekatan. Gangguan ini dapat menyebabkan keterbatasan sementara atau seumur hidup dalam fungsi dan partisipasi. [6]

F. *Computer Aided Design* (CAD)

Saat ini *software* berbasis *Computer Aided Design* (CAD) dikembangkan oleh banyak perusahaan berupa aplikasi khusus. Alasan *software CAD* dikembangkan ialah untuk memangkas waktu siklus desain serta mengurangi biaya desain dalam suatu pengembangan produk. *Software-software* terkenal yang saat ini digunakan oleh banyak pihak, baik individu ataupun perusahaan ialah seperti *AutoCAD*, *Solidworks*, *Inventor*, dan lain-lain. Tiap *software* tersebut juga memiliki ruang lingkup desainnya sendiri. *AutoCAD* yang ramai digunakan oleh arsitek dan insinyur dalam merancang bangunan dan struktur. [7]

G. Mesin Oven

Mesin oven adalah merupakan seperangkat mesin pengering sebagai pengganti sinar matahari dalam pengeringan suatu produk. Sistem kerja mesin oven pengering ini adalah mengeringkan produk pada suhu yang dikehendaki (suhu bisa diatur secara konstant). Sistem pengering mesin ini dengan menggunakan aliran udara panas dengan kecepatan tinggi, dengan bantuan exhaust blower udara jenuh terhisap dan mengalir keluar. [8]

H. Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari suatu bahan dengan menggunakan panas. Prinsip dasar dari proses pengeringan adalah pertukaran panas dan massa yang terjadi bersamaan. Pengeringan dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan kelembaban antara udara pengering dan bahan yang

dikeringkan, sehingga air dapat berkurang dari bahan tersebut. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengurangi kandungan air pada bahan hingga batas tertentu, sehingga bahan tersebut dapat disimpan dengan aman sampai digunakan kembali. [9]

I. Keripik Kentang

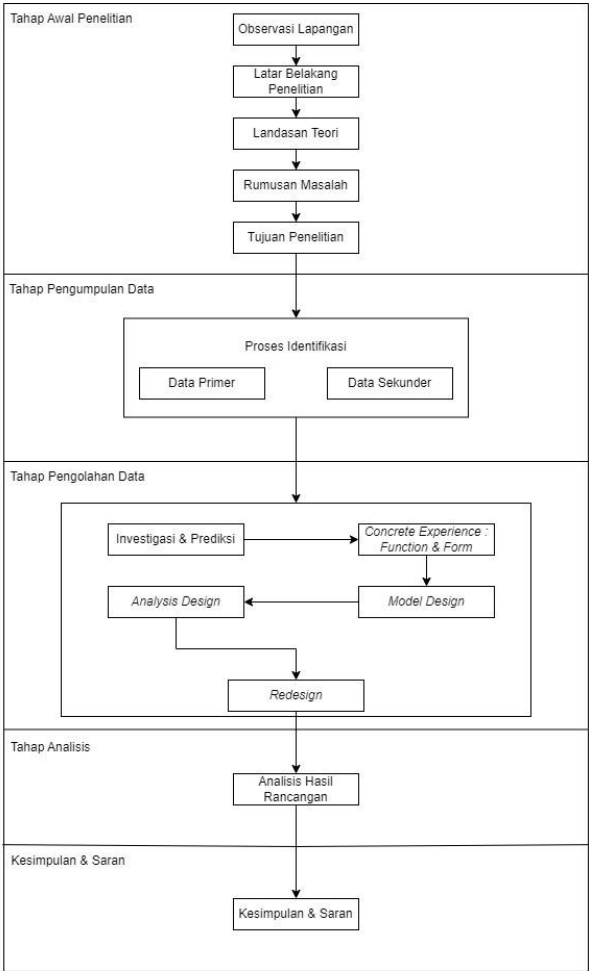
Kentang dapat diolah menjadi berbagai macam produk makanan, di antaranya adalah keripik kentang. Pengolahan kentang menjadi keripik merupakan tahapan pasca panen yang dilakukan untuk mengembangkan diversifikasi produk dan meningkatkan nilai tambah. Di Indonesia, dua jenis produk olahan kentang yang menunjukkan tren semakin populer dalam pola konsumsi masyarakat adalah kentang goreng dan keripik kentang. [10]

J. Kentang

Kentang adalah tanaman yang banyak dibudidayakan dan merupakan komoditas pangan keempat yang paling penting di dunia. Kentang termasuk dalam keluarga *solanaceae* dan genus *Solanum*, dengan 12 kromosom dasar. Kentang digunakan sebagai sayuran dan di industri untuk memproduksi pati, minuman beralkohol, dan produk olahan lainnya seperti *french fries* dan *chips*. [11]

III. METODE

Terdapat beberapa tahapan yang dibagi menjadi 4 bagian. Pada tahapan awal dilakukan studi lapangan untuk mendapatkan gambaran mengenai permasalahan yang terjadi. Kemudian dari gambaran tersebut ditentukan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian. Tahap selanjutnya ialah proses pengumpulan data, data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari kondisi mesin eksisting, postur tubuh pekerja eksisting, waktu penggunaan mesin eksisting, dan *need statement*. Data sekunder terdiri dari data produk sejenis dan antropometri. Data-data tersebut diperoleh melalui observasi, wawancara, dan studi literatur. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan *reverse engineering* yang terdiri dari beberapa tahapan. Setelah memperoleh hasil rancangan, kemudian dilakukan analisis untuk memverifikasi dan validasi hasil rancangan. Verifikasi dilakukan melalui analisis REBA, produktivitas, dan kekuatan material komponen. Sedangkan validasi melibatkan pengguna untuk memberikan *feedback* atas pemenuhan kebutuhan. Pada tahap akhir merupakan tahapan kesimpulan dan saran dari perancangan yang telah dilakukan.



GAMBAR 1
Sistematika Perancangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

1. Kondisi Mesin Eksisting

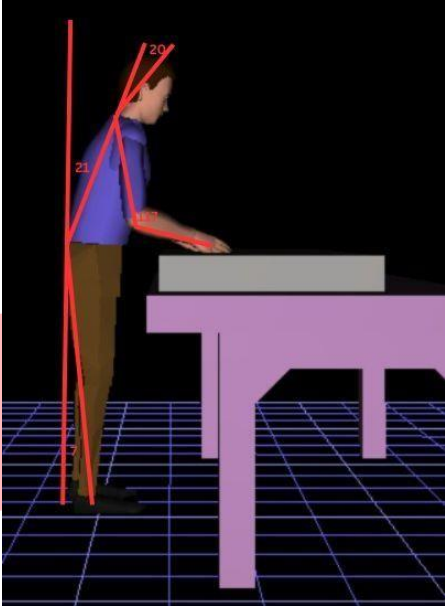
Kondisi mesin eksisting diperoleh melalui observasi secara langsung di Pabrik Keripik Kentang BBC. Kondisi mesin eksisting akan digunakan pada tahapan dekomposisi struktur. Tahapan tersebut bertujuan untuk melihat komponen penyusun mesin eksisting. Berikut merupakan kondisi mesin eksisting di Pabrik KeripikKentang BBC.



GAMBAR 2
Kondisi Mesin Eksisting

2. Postur Pekerja Eksisting

Postur pekerja eksisting diperoleh melalui observasi langsung ke Pabrik Keripik Kentang BBC. Data ini akan digunakan pada penilaian REBA eksisting. Penilaian REBA bertujuan untuk melihat seberapa besar resiko terjadinya kecelakaan kerja pada saat proses penggunaan mesin oven eksisting. Observasi dilakukan pada proses peletakan irisan kentang di *tray*. Berikut merupakan postur tubuh pekerja saat melakukan proses *input* irisan kentang ke *tray*.



GAMBAR 3
Postur Tubuh Pekerja Eksisting

Penilaian REBA dilakukan untuk melihat berapa besar resiko yang dapat terjadi. Hasil penilaian tersebut menunjukkan jika postur tubuh pekerja eksisting berada pada level *medium* dengan nilai akhir sebesar 6.

3. Waktu Penggunaan Mesin Eksisting

Waktu penggunaan mesin eksisting diperoleh melalui observasi. Data ini dibutuhkan untuk melihat seberapa lama waktu dan apa saja yang dilakukan operator. Sehingga dapat dihitung produktivitas penggunaan mesin eksisting. Berikut merupakan waktu penggunaan mesin eksisting.

Table 1
Waktu Penggunaan Mesin Eksisting

No	Proses/Tahapan Penggunaan Mesin	Waktu
1	Menyalakan Mesin Oven	00:00:03
2	Menyalakan Gas LPG	00:00:05
3	Menunggu Suhu Mencapai 40°C	00:00:30
4	Memindahkan Kentang ke dalam Tray (10 Tray)	00:03:10
5	Membuka Pintu Mesin Oven	00:00:04

6	Memasukkan <i>Tray</i> ke dalam Mesin Oven	00:02:32
7	Menutup Pintu Mesin Oven	00:00:04
8	Proses Pengeringan	06:00:00
9	Mematikan Mesin Oven	00:00:03
10	Mematikan gas LPG	00:00:05
11	Membuka Pintu Mesin Oven	00:00:04
12	Mengeluarkan <i>Tray</i> dari Mesin Oven	00:04:25
13	Menutup Pintu Mesin Oven	00:00:04
TOTAL		06:11:05

Penggunaan mesin eksisting membutuhkan waktu selama 6 jam. Dalam 6 jam tersebut terdapat aktivitas berulang tiap 20 menit sekali

TABLE 2
Aktivitas Berulang

Proses Pengeringan	360 menit / 6 Jam									
Pemindahan Posisi <i>Tray</i> (*)	0	10	20*	30	40*	50	60*	...	340*	360

Aktivitas tersebut ialah pengecekan dan penukaran posisi *tray* paling bawah ke atas. Aktivitas tersebut menjadi salah satu permasalahan yang dikeluhkan operator mesin eksisting.

4. Wawancara

Tahapan wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi dari responden. Responden terdiri dari 2 orang yang merupakan operator mesin eksisting. Hasil wawancara kemudian akan dikonversi menjadi sebuah *need statement* yang menggambarkan kebutuhan calon pengguna. *Need statement* tersebut akan menjadi salah satu acuan peneliti dalam merancang mesin usulan. Berikut merupakan *need statement* hasil konversi wawancara.

TABLE 3
Need Statement

No	Need Statement	bl kd di f.
1	Proses pengeringan di media tertutup	
2	Mesin dapat menghasilkan <i>output</i> pengeringan yang merata	
3	Mesin memiliki kapasitas sesuai kebutuhan	
4	Mesin memiliki sumber panas yang lebih besar	

5 Mesin dapat memudahkan proses pengeringan

5. Produk Sejenis

Perancangan kali ini menggunakan produk sejenis yang sudah ada dipasaran. Terdapat 3 produk sejenis yang peneliti gunakan sebagai acuan perancangan. Berikut merupakan produk sejenis yang dimaksud.



GAMBAR 4
Produk Sejenis 1



GAMBAR 5
Produk Sejenis 2



GAMBAR 6
Produk Sejenis 3

Ketiga produk diatas memiliki bentuk dan jenis yang berbeda-beda. Sehingga menghasilkan karakteristik teknis yang berbeda pula. Terdapat mesin yang menggunakan *wer* yang berbeda, kapasitas yang berbeda, dan mponen-komponen lainnya. Data produk sejenis ini unakan pada tahapan *concept selection*.

Data Antropometri

Data antropometri digunakan sebagai acuan perancangan agar hasil rancangan dapat nyaman digunakan oleh pengguna.

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th	SD
D1	Tinggi tubuh	154.6	164.97	175.33	6.3
D2	Tinggi mata	147.79	155.85	163.9	4.9
D3	Tinggi bahu	126.89	136.58	146.28	5.89
D4	Tinggi siku	97.26	102.78	108.3	3.36
D5	Tinggi pinggul	92.71	93.81	94.9	0.67
D6	Tinggi tulang ruas	72.45	73.77	75.08	0.8
D7	Tinggi ujung jari	63.11	75.33	87.54	7.43
D8	Tinggi dalam posisi duduk	71.2	78.11	85.02	4.2
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	62.13	68.24	74.35	3.71
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	56.05	71.95	87.86	9.67
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	28.79	33.85	38.91	3.08
D12	Tebal paha	17.25	19.76	22.27	1.52
D13	Panjang lutut	52.16	52.38	52.59	0.13
D14	Panjang popliteal	31.97	36.06	40.14	2.48
D15	Tinggi lutut	49.42	56.28	63.14	4.17
D16	Tinggi popliteal	40.15	45.34	50.53	3.16
D17	Lebar sisi bahu	41.39	48.21	55.03	4.15
D18	Lebar bahu bagian atas	33.51	34.78	36.05	0.77
D19	Lebar pinggul	34.21	39.59	44.97	3.27
D20	Tebal dada	20.44	22.07	23.71	0.99
D21	Tebal perut	22.16	31.64	41.11	5.76
D22	Panjang lengan atas	36	36	36	0
D23	Panjang lengan bawah	39.23	42.85	46.47	2.2
D24	Panjang rentang tangan ke depan	62.75	66.29	69.83	2.15
D25	Panjang bahu-gengaman tangan ke depan	58.85	63.23	67.61	2.66
D26	Panjang kepala	17.8	17.8	17.8	0
D27	Lebar kepala	18.14	20.05	21.97	1.17
D28	Panjang tangan	18.26	21.16	24.06	1.76
D29	Lebar tangan	11.38	13.55	15.72	1.32

Gambar 7
Data Antropometri

1	Proses pengeringan di media tertutup	Mesin usulan memiliki ruang pengeringan yang tertutup
2	Mesin dapat menghasilkan <i>output</i> pengeringan yang merata	Mesin usulan memiliki sirkulasi panas yang merata
3	Mesin memiliki kapasitas sesuai kebutuhan	Mesin usulan memiliki kapasitas <i>tray</i> yang besar
4	Mesin memiliki sumber panas yang lebih besar	Mesin usulan memiliki wadah pemanas yang lebih besar
5	Mesin dapat memudahkan proses pengeringan	Mesin usulan memiliki mekanisme yang mudah saat meletakkan irisan kentang ke dalam <i>tray</i>

Selanjutnya dilakukan analisis fungsional yang berasal dari atribut produk. Tahapan ini berupa prediksi fungsi dari karakteristik teknis mesin usulan. Berikut merupakan hasil analisis fungsional.

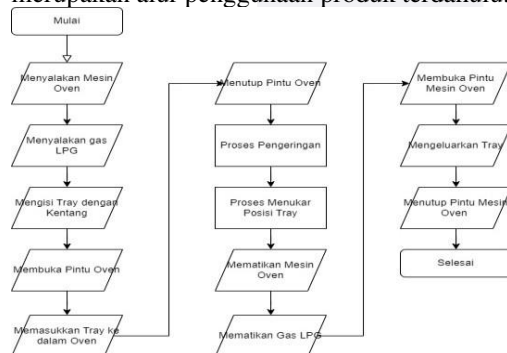
Table 5
Analisis Fungsional

B. Proses Perancangan

1. Investigasi dan Prediksi

i. Penggunaan Produk Terdahulu

Mesin oven eksisting digunakan untuk melakukan proses pengeringan irisan kentang. Proses ini membutuhkan waktu sekitar 6 jam. Berikut merupakan alur penggunaan produk terdahulu.



Gambar 8 Alur Penggunaan Produk Terdahulu

ii. Identifikasi *need statement*

Identifikasi *need statement* dilakukan setelah melakukan tahapan wawancara kepada responden di Pabrik Keripik Kentang BBC. *Need statement* akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan atribut produk serta fitur dan fungsi yang akan diterapkan dan dikembangkan. *Need statement* dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah melakukan identifikasi *need statement*, tahapan selanjutnya adalah menentukan atribut produk yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Berikut merupakan hasil konversi *need statement* menjadi atribut produk.

TABLE 4
Atribut Produk

No	Need Statement	Atribut Produk
----	----------------	----------------

No	Atribut Produk	Prediksi Fungsional	Referensi
1	Mesin usulan memiliki ruang pengeringan yang tertutup	Proses pengeringan terjadi di ruangan yang terisolasi	Wawancara
2	Mesin usulan memiliki sirkulasi panas yang merata	Memiliki <i>blower</i> dengan ukuran lebih besar Desain <i>tray</i> berjenis perforasi	Mesin Eksisting Mesin Eksisting
3	Mesin usulan memiliki kapasitas <i>tray</i> yang besar	<i>Tray</i> dapat menampung ± 200 Kg irisan kentang	Wawancara
4	Mesin usulan memiliki wadah pemanas yang lebih besar	Wadah sebagai tempat pemanas yang lebih besar atau pemanas alternatif lain	Wawancara
5	Mesin usulan memiliki mekanisme yang mudah saat meletakkan irisan kentang ke dalam <i>tray</i>	Nilai REBA ≤ 3 Mekanisme <i>slider</i> dalam proses meletakkan irisan dan <i>input tray</i> ke dalam mesin	[12] Mesin Eksisting

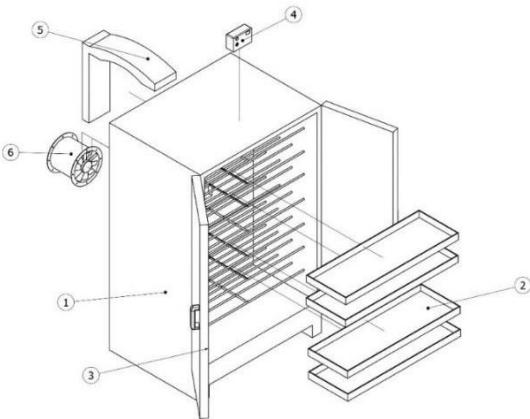
Setelah menentukan prediksi fungsi. Selanjutnya dilakukan tahapan analisis kelemahan produk eksisting. Kelemahan tersebut akan menjadi bahan penilaian tingkat kepentingan dan kepuasan. Penilaian tingkat kepentingan dan kepuasan didasari oleh *need statement* yang sudah diperoleh sebelumnya dan mempertimbangkan kelemahan produk yang sudah diidentifikasi. Tingkat kepentingan dan kepuasan diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh responden. Tingkat kepentingan dan kepuasan terdiri dari bobot nilai terendah (1) hingga nilai tertinggi (4). Tingkat kepentingan dan kepuasan akan digunakan pada tahapan *concept scoring* di *concept selection*. Berikut merupakan penilaian tingkat kepentingan dan kepuasan dari masing-masing *need statement*.

TABLE 6
Tingkat Kepentingan dan Kepuasan

No	Need Statement	Tingkat Kepentingan	Tingkat Kepuasan
1	Proses pengeringan di media tertutup	4	4
2	Mesin dapat menghasilkan <i>output</i> pengeringan yang merata	4	4
3	Mesin memiliki kapasitas sesuai kebutuhan	3.5	3.5
4	Mesin memiliki sumber panas yang lebih besar	2.5	3
5	Mesin dapat memudahkan proses pengeringan	1.5	3

2. Dekomposisi Struktur

Dekomposisi struktur dilakukan untuk memperoleh rincian komponen produk eksisting. Berikut merupakan hasil dekomposisi produk mesin eksisting di Pabrik Keripik Kentang BBC.



GAMBAR 9
Dekomposisi Struktur Mesin Eksisting

Berikut merupakan *Bill of Material* dari komponen penyusun produk eksisting.

TABLE 7
Bill of Material

PART LIST			
Item	Part Name	Quantity	Material
1	Body	1	Stainless Steel
2	Tray	10	Stainless Steel
3	Pintu	2	Alumunium
4	Control Panel	1	Alumunium
5	Cerobong	1	Alumunium
6	Blower	1	Alumunium

Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap hubungan tiap komponen penyusun produk eksisting. Tiap komponen akan dilihat pengaruhnya dengan cara melihat akibat dari hilangnya komponen tersebut. Berikut merupakan hasil pengamatan yang telah dilakukan.

TABLE 8
Pengaruh Pencabutan Komponen

No	Nama Komponen	Pengaruh Pencabutan Komponen	Kesimpulan Fungsi Komponen	Referensi
1	Body	Tidak ada ruang untuk pengeringan	Penampung tray	Mesin eksisting
2	Tray	Irisan kentang akan jatuh dan bertebaran	Penampung irisan kentang	Mesin eksisting
3	Pintu	Udara panas akan menyebar di ruangan	Penahan udara panas	Mesin eksisting
4	Control Panel	Mesin tidak dapat memulai proses pengeringan	Pusat kontrol mesin	[13]
5	Cerobong	Udara panas tidak dapat keluar dan suhu meningkat secara signifikan di dalam mesin	Penyaring Udara	[14]
6	Blower	Udara panas tidak dapat mengalir dengan baik	Penghantar Udara	(Slamet Nugroho, 2012)

3. Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis merupakan tahapan penentuan target perancangan produk usulan. Spesifikasi teknis ditentukan setelah peneliti memperoleh karakteristik teknis. Tujuan dari penentuan karakteristik adalah agar peneliti mengetahui karakteristik teknis minimal yang harus dipenuhi produk usulan. Penentuan karakteristik didasari oleh atribut produk yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah menentukan karakteristik teknis, selanjutnya dapat menentukan target perancangan produk usulan. Berikut merupakan target perancangan produk usulan.

TABLE 9
Spesifikasi Teknis

Atribut Produk	Karakteristik Teknis	Target Rancangan	Referensi
Mesin usulan memiliki ruang pengeringan yang tertutup	Mekanisme pengeringan	Desain Mesin Oven	Wawancara
	Dimensi Mesin	2.5 x 2 x 1.5 m	Mesin Eksisting
Mesin usulan memiliki sirkulasi panas yang merata	Mekanisme penghantaran udara panas	Desain <i>Blower</i>	Wawancara
	Jenis tray	Perforasi	[15]
	Material mesin	<i>Stainless Steel 304</i>	[16]
Mesin usulan memiliki kapasitas tray yang besar	Dimensi tray	2 x 0.5 m	Mesin Eksisting
	Jumlah tray	10	Mesin Eksisting
	Kapasitas maksimum tray	20 kg	Wawancara
Mesin usulan memiliki wadah pemanas yang lebih besar	Dimensi wadah pemanas	1 x 1 m	Wawancara
	Mekanisme pemanasan	Pembakaran kayu bakar	Wawancara
Mesin usulan memiliki mekanisme yang mudah saat meletakkan irisan kentang ke dalam tray	Nilai REBA	≤ 3	[12]
	Mekanisme input tray	Sistem slider	Mesin Eksisting

4. Analisis Morfologi Produk

a. Morphology Chart

Pada tahap ini dilakukan pemilihan konsep dengan bantuan *morphology chart* atau peta morfologi. Terdapat berbagai fungsi yang diperoleh dari karakteristik teknis. Dalam beberapa fungsi tersebut terdapat berbagai macam pilihan komponen yang berasal dari proses *benchmark* pada produk sejenis yang ada di pasaran. Setiap fungsi akan menghasilkan beberapa alternatif kombinasi konsep setelah melalui proses kombinasi tiap fungsinya. Berikut merupakan *morphology chart* pada penelitian ini :

TABLE 10
Morphology Chart

	1	2
Desain mesin <i>Body</i>	 Horizontal	 Vertikal
Sistem Penghantar Udara	 <i>Axial</i>	 <i>Centrifugal</i>
Desain Penampung/Tray	 Perforasi	
Sistem Input dan Output Tray	 <i>Slider</i>	
Sumber Panas	 Kayu Bakar	 Gas

Berikut merupakan alternatif kombinasi konsep yang muncul :

TABLE 11
Kombinasi Konsep

Kombinasi	Desain <i>Body</i> Mesin	Sistem Penghantar Udara	Desain Penampung	Sistem Input dan Output Tray	Sumber Panas
A	Horizontal	<i>Axial</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Kayu Bakar
B	Horizontal	<i>Centrifugal</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Kayu Bakar
C	Horizontal	<i>Axial</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Gas
D	Horizontal	<i>Centrifugal</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Gas
E	Vertical	<i>Axial</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Kayu Bakar
F	Vertical	<i>Centrifugal</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Kayu Bakar
G	Vertical	<i>Axial</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Gas
H	Vertical	<i>Centrifugal</i>	Perforasi	<i>Slider</i>	Gas

b. Concept Selection

Selanjutnya ialah melakukan penyaringan konsep melalui tahapan *concept screening*. Hal ini bertujuan untuk

menyaring jumlah konsep secara singkat. Pada tahapan ini dilakukan penilaian terhadap kombinasi konsep. Penilaian melibatkan pengguna agar rancangan mesin usulan dapat sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penilaian menggunakan simbol yang terdiri dari lebih baik (+), sama dengan (=), dan lebih buruk (-). Dalam penilaian ditentukan sebuah referensi untuk menjadi acuan penilaian. Pada penilaian kali ini, produk eksisting digunakan sebagai referensi. Berikut merupakan *concept screening* yang dilakukan.

TABLE 12
Concept Screening

Kriteria Seleksi	Konsep								
	Eksisting	A	B	C	D	E	F	G	H
Penggunaan mesin oven di proses pengeringan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sirkulasi panas yang merata	0	0	+	0	+	0	+	0	+
Kapasitas bahan baku pengeringan sesuai kebutuhan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bahan bakar sesuai kebutuhan	0	+	+	0	0	+	+	0	0
Mesin mudah digunakan	0	+	+	+	+	+	+	+	+
Jumlah (+)	0	2	3	1	2	2	3	1	2
Jumlah (0)	5	3	2	4	3	3	2	4	3
Jumlah (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nilai Akhir	0	2	3	1	2	2	3	1	2
Peringkat	0	2	1	3	2	3	2	4	3
Lanjutkan?	No	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	No

Berdasarkan tahapan *concept screening*, terpilih 3 konsep kombinasi yang terbaik, yaitu konsep A, B, dan F. Masing-masing konsep memiliki perbedaan di tiap fungsinya. Selanjutnya dilakukan *concept scoring* untuk menilai 3 konsep terpilih secara lebih rinci. Selain itu, bobot tingkat kepentingan yang sudah ditentukan diawal akan digunakan. Berikut merupakan tahapan *concept scoring*.

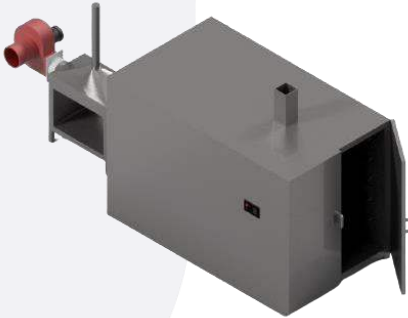
TABLE 13
Concept Scoring

Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep					
		A		B		F	
		Penilaian	Nilai Bobot	Penilaian	Nilai Bobot	Penilaian	Nilai Bobot
Penggunaan mesin oven di proses pengeringan	25.81 %	3	0.774	3	0.774	3	0.774
Sirkulasi panas yang merata	25.81 %	3	0.774	4	1.032	4	1.032
Kapasitas bahan baku pengeringan sesuai kebutuhan	22.58 %	4	0.903	4	0.903	4	0.903
Bahan bakar sesuai kebutuhan	16.13 %	4	0.645	4	0.645	4	0.645
Mesin mudah digunakan	9.68 %	4	0.387	4	0.387	4	0.387
Nilai Akhir		3.484		3.742		3.742	
Peringkat		3		1		2	
Lanjutkan?		No		Yes		No	

Berdasarkan penilaian diatas, diperoleh konsep rancangan akhir yaitu konsep B. Kombinasi konsep selanjutnya akan dikembangkan menjasi rancangan mesin oven usulan.

5. Model Rancangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan mesin oven usulan berdasarkan konsep terpilih. Perancangan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Autodesk Inventor 2022*. Berikut merupakan rancangan akhir mesinoven usulan.



GAMBAR 10
Model Rancangan Mesin Usulan

Berikut merupakan spesifikasi akhir dari mesin oven usulan.

TABLE 14
Spesifikasi Mesin Usulan

Spesifikasi Mesin	
Mekanisme pengeringan	Mesin oven
Dimensi Mesin	300 x 175 x 200 cm
Tipe Blower	Centrifugal
Jenis tray	Perforasi
Material mesin	Stainless Steel 304
Dimensi tray	220 x 70 cm
Jumlah tray	10 pcs
Kapasitas maksimum tray	20 kg
Dimensi wadah pemanas	80 x 100 x 170 cm
Mekanisme pemanasan	Kayu bakar
Mekanisme input tray	Slider

Mesin oven usulan memiliki dimensi sebesar 300 x 175 x 200 cm menggunakan material *stainless steel 304*. Tray penampung irisan kentang terdiri dari 10 pcs, 5 di sisi kiri dan 5 sisi kanan. Pembakaran kayu bakar dilakukan di wadah terpisah yang sudah di sediakan pada bagian belakang mesin oven. Proses penggunaan mesin dimulai dengan pengisian irisan kentang ke *tray* yang ada di dalam mesin. Kemudian melakukan pembakaran kayu bakar.

Mesin dapat dihidupkan melalui *control panel*. *Control panel* berfungsi sebagai indikator suhu di dalam mesin. Setelah itu, *blower* dihidupkan untuk menghantar udara panas melalui saluran yang ada. Lalu pintu mesin oven dapat ditutup agar udara panas tidak keluar dari mesin oven. Dalam proses *input tray*, mesin menggunakan mekanisme *slider* agar operator tidak perlu mengeluarkan *tray* sepenuhnya dan memasukkan irisan kentang di ruangan terpisah. Mekanisme *slider* sederhana dilakukan dengan memberikan penahan *tray* pada *body* mesin agar tidak terjatuh saat proses penarikan *tray* dari dalam mesin

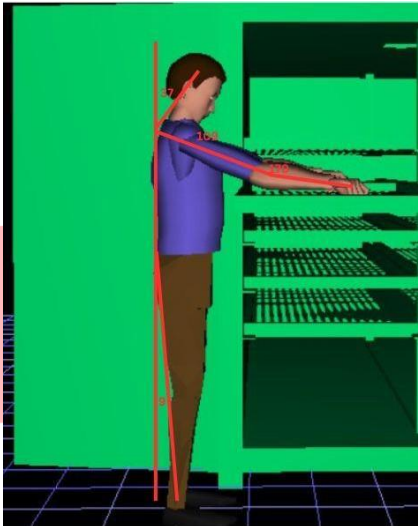
Setelah mendapatkan hasil rancangan akhir, selanjutnya dilakukan proses verifikasi. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan rancangan mesin usulan sudah diperoleh dengan benar. Berikut merupakan verifikasi yang dilakukan.

TABLE 15
Verifikasi Hasil

Need Statement	Karakteristik Teknis	Spesifikasi Rancangan	Kesesuaian
Proses pengeringan di media tertutup	Mekanisme pengeringan	Mesin Oven	Sesuai
	Dimensi Mesin	300 x 175 x 200 cm	Tidak Sesuai
Mesin dapat menghasilkan output pengeringan yang merata	Mekanisme penghantaran udara panas	<i>Blower Centrifugal</i>	Sesuai
	Jenis tray	Perforasi	Sesuai
	Material mesin	<i>Stainless Steel 304</i>	Sesuai
Mesin memiliki kapasitas sesuai kebutuhan	Dimensi tray	220 x 70 cm	Tidak Sesuai
	Jumlah tray	10 pcs	Sesuai
	Kapasitas maksimum tray	20 kg	Sesuai
Mesin memiliki sumber panas yang lebih besar	Dimensi wadah pemanas	80 x 100 x 170 cm	Tidak Sesuai
	Mekanisme pemanasan	Pembakaran kayu bakar	Sesuai
Mesin dapat memudahkan	Nilai REBA	≤ 3	Sesuai
	Mekanisme	<i>Slider</i>	Sesuai

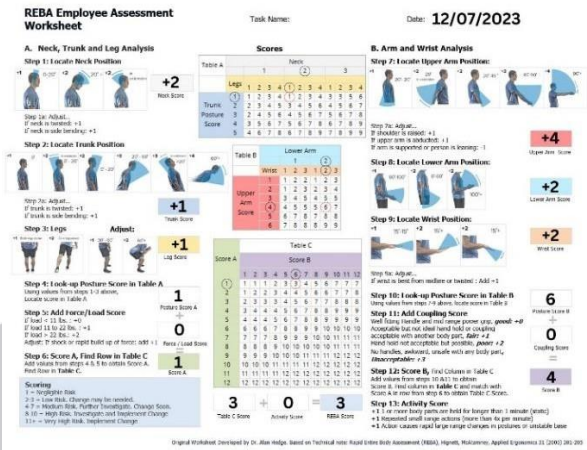
proses pengeringan	input tray		
--------------------	------------	--	--

Pada perhitungan nilai REBA dilakukan untuk memastikan postur tubuh pekerja saat menggunakan mesin oven usulan. Perhitungan dibantu dengan penggunaan *software TECNOMATIX Jack* dikarenakan adanya keterbatasan penelitian yaitu tidak adanya *prototype*. Berikut merupakan postur tubuh pekerja saat menggunakan mesin oven usulan.



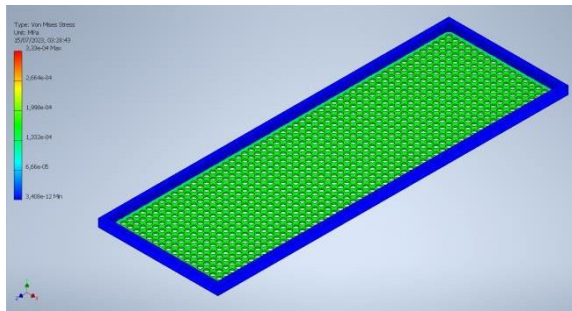
GAMBAR 11 A
nalisis REBA Usulan

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai REBA yang telah dilakukan.



GAMBAR 12
Penilaian REBA Usulan

Hasil penilaian menunjukkan jika penggunaan mesin oven usulan dapat mengurangi resiko terkena *musculoskeletal disorders (MSDs)* yang ditunjukkan dengan nilai sebesar 3 atau level rendah. Selain melakukan perhitungan nilai REBA mesin oven usulan. Peneliti juga melakukan *stress analysis* untuk melihat kekuatan komponen *tray*. *Tray* mesin oven usulan menggunakan material *stainless steel 304*. Hasil *stress analysis* menunjukkan jika komponen *tray* dapat menampung beban hingga 20kg di tiap *tray*nya dengan *variable von mises stress*. Berikut merupakan hasil *stress analysis*.



GAMBAR 13
Stress Analysis

Selanjutnya dilakukan analisis efisiensi waktu proses. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan penggunaan mesin oven usulan dapat meningkatkan efisiensi waktu proses pengeringan. Berikut merupakan hasil analisis efisiensi waktu proses pengeringan:

$$\text{Efisiensi} = \frac{2386}{2880} \times 100\% = 82.4\%$$

Dengan demikian proses pengeringan menggunakan mesin oven usulan dapat meningkatkan efisiensi waktu sebesar 82.4%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis dengan objek penelitian di Pabrik Keripik Kentang BBC, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Permasalahan yang terjadi di Pabrik Keripik Kentang BBC ialah produktivitas. Pada kondisi saat ini, produksi tidak mencapai target yang sudah ditentukan. Hal itu disebabkan karena kinerja mesin oven eksisting belum optimal. Mesin eksisting hanya dapat menampung setengah dari target produksi. Hal tersebut juga disebabkan oleh dimensi mesin yang tidak mencukupi. Selain itu, terjadi permasalahan di sirkulasi udara panas yang tidak baik. Sehingga menyebabkan terjadinya aktivitas berulang dan penurunan kualitas keripik kentang. Permasalahan tersebut diperoleh setelah dilakukan sesi wawancara kepada operator mesin eksisting. Melalui data-data yang diperoleh, peneliti merancang mesin usulan yang dapat memberikan solusi dari permasalahan tersebut. Peneliti merancang mesin usulan dengan dimensi yang besar, sehingga dapat menampung lebih banyak irisan kentang. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis kekuatan komponen. Hasil analisis tersebut menunjukkan jika *tray* penampung yang lebih besar dapat menampung 200 kg irisan kentang. Setelah melakukan analisis kekuatan material, peneliti melakukan analisis efisiensi waktu yang berkaitan dengan waktu proses penggunaan mesin eksisting dan usulan serta unit yang diproduksi. Hasil analisis tersebut menunjukkan jika efisiensi waktu setelah menggunakan mesin usulan meningkat hingga 882.4%. Hal yang paling mempengaruhi peningkatan tersebut ialah kapasitas yang lebih besar jika dibanding mesin eksisting. Dalam mengatasi permasalahan sirkulasi panas, peneliti merancang *blower* dengan ukuran lebih besar serta penggunaan kayu sebagai bahan bakar utama. Penentuan ukuran *blower* dan bahan bakar didasari dari referensi dan hasil wawancara. Selain itu, peneliti juga merancang mekanisme *slider*

saat melakukan pengisian irisan kentang ke dalam *tray* dengan tujuan untuk memudahkan pekerja.

2. Postur tubuh pekerja juga menjadi permasalahan yang terjadi. Pada postur tubuh pekerja saat melakukan proses penggunaan mesin oven eksisting, dilakukan analisis *Rapid Entire Body Assessment* untuk melihat seberapa besar resiko pekerja terkena *musculoskeletal disorder* (MSDs). Hasil analisis tersebut menunjukkan jika postur pekerja eksisting kurang baik dan terdapat gerakan yang berulang. Hal tersebut ditunjukkan melalui nilai akhir perhitungan REBA yaitu sebesar 6 yang berada di level 2 atau *medium* dan perlu dilakukan perbaikan. Setelah mendapatkan rancangan mesin usulan, peneliti melakukan analisis postur pekerja saat menggunakan mesin usulan dengan menggunakan *software TECKNOMATIX Jack*. Hasil analisis menunjukkan jika penggunaan mesin usulan dapat menurunkan resiko terkena *musculoskeletal disorder* (MSDs). menjadi level 1 atau *low* yang ditunjukkan dengan nilai akhir sebesar 3.

REFERENSI

- [1] K. N. Otto and K. L. Wood, "A reverse engineering and redesign methodology for product evolution," in *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference*, American Society of Mechanical Engineers (ASME), 1996. doi: 10.1115/96-DETC/DTM-1523.
- [2] W. Wang, "Reverse Engineering: Technology of Reinvention," 2016.
- [3] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. C. Yang, *Product design and development*. 2019.
- [4] IDP Sutjana, "12021-1-22228-1-10-20150211," *ASPEK ERGONOMI DARI RISIKO PSIKOSOSIAL DI TEMPAT KERJA*, 2015.
- [5] S. Hignett and L. Mcatamney, "Rapid Entire Body Assessment (REBA)," 2000.
- [6] World Health Organization, "Musculoskeletal health," Jul. 14, 2022.
- [7] I. Abdullahi, "Development of an Unmanned Aerial Vehicle Wing from SSDF View project Concept and Fundamentals of Computer Aided Design and Computer Aided Engineering in Mechanical Engineering Design and Development," 2013. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/356162202>
- [8] Subandi, "Subandi: Modifikasi Oven Bekas sebagai Alat Pengering," 2015.
- [9] Sri Rahayoe, "Teknik Pengeringan – Teknik Pengeringan," 2017. <https://teknik-pengeringan.tp.ugm.ac.id/2017/10/28/teknik-pengeringan/> (accessed Dec. 30, 2022).
- [10] J. H. Mandei, A. M. Nuryadi, B. Riset, D. Standardisasi, I. Manado, and H. 08124443392, "PENGARUH CARA PERENDAMAN DAN JENIS KENTANG TERHADAP MUTU KERIPIK KENTANG THE EFFECT OF SUBMERSION AND POTATO TYPE ON THE QUALITY OF POTATO CHIPS," 2017.
- [11] B. J. Reddy, R. Mandal, M. Chakroborty, L. Hijam, and P. Dutta, "A Review on Potato (Solanum

- Tuberosum L.) and its Genetic Diversity,” *International Journal of Genetics*, vol. 10, no. 2, p. 360, Mar. 2018, doi: 10.9735/0975-2862.10.2.360-364.
- [12] S. Hignett and L. M. Ergonomist, “Rapid Entire Body Assessment (REBA),” 2000.
- [13] Rosenberg, “CONTROL PANEL,” 1991
- [14] A. Hakim, “PENGARUH TINGGI CEROBONG LURUS PEMBAKARAN SAMPAH TERHADAP KECEPATAN PEMBAKARAN,” 2021.
- [15] P. Kendall, P. Dipersio, and J. Sofos, “Food and Nutrition Series|Preparation.” [Online]. Available: www.ext.colostate.edu
- [16] C. A. Smith, “Stainless Steel in the Food Processing Industry,” *Anti-Corrosion Methods and Materials*, vol. 31, no. 4, pp. 7–9, Apr. 01, 1984. doi: 10.1108/eb060851.

