

Implementasi Rancang Bangun Alat Penetas Telur Lalat *Black Soldier Fly* dengan Metode Rasional

Nadia Putriliani¹, Inna Fithriyana², Tita Talitha^{3*}

^{1,2,3}*Teknik Industri Universitas Dian Nuswantoro
Jalan Imam Bonjol No. 207, Kota Semarang*

¹putrilianinadia@gmail.com

²inafitriana15@gmail.com

^{3*}tita.talitha@dsn.dinus.ac.id

Implementation of Design and Construction of Black Soldier Fly Egg-Hatching with Rational Method

Dikirimkan : 06, 2024. Diterima : 09, 2024. Dipublikasikan : 09, 2024.

Abstract— *UMKM Rekayasa Produk Organik (REPRO) Maggot located in Dusun Nongko Lanang, Wonolopo, Mijen District, Semarang City is a start-up business that takes advantage of opportunities in maggot cultivation that has been established for approximately one year. In the maggot cultivation process, there is a hatching process for Black Soldier Fly (BSF) eggs which requires a temperature of 28oC-36oC and a humidity of 60%-80%. If the temperature and humidity are unstable, it can affect the length of the egg hatching process. The BSF fly egg hatching process takes 3 days. However, in UMKM REPRO Maggot, the BSF egg hatching process takes 7-8 days. Therefore, a design for a Black Soldier Fly (BSF) egg incubator is needed which is equipped with temperature and humidity control to increase the level of effectiveness and efficiency. This design uses a rational method approach that contains several stages including: 1) clarifying objectives, (2) establishing function, (3) setting requirements, (4) determining characteristics, (5) generating alternatives, (6) evaluating alternatives, and (7) product improvements. The results of the trials that have been carried out obtained an increase in output efficiency of 86% and time effectiveness of 100% in the first trial, while in the second trial, 90% efficiency and 33.33% effectiveness were obtained.*

Keywords— *Rational Method; hatching fly egg; Black Soldier Fly (BSF); Effectiveness; Efficiency*

Abstrak— *UMKM Rekayasa Produk Organik (REPRO) Maggot yang terletak di Dusun Nongko Lanang, Wonolopo, Kecamatan Mijen, Kota Semarang merupakan start-up bisnis yang memanfaatkan peluang dalam budidaya maggot yang sudah berdiri kurang lebih satu tahun. Dalam proses budidaya maggot terdapat proses penetasan telur lalat Black Soldier Fly (BSF) yang memerlukan suhu 28°C-36°C dan kelembaban sebesar 60%-80%. Apabila suhu dan kelembaban tidak stabil maka dapat mempengaruhi lama waktu proses penetasan telur. Proses penetasan telur lalat BSF membutuhkan waktu selama 3 hari. Namun, di UMKM REPRO Maggot proses penetasan telur BSF memerlukan waktu 7-8 hari. Oleh karena itu, diperlukan suatu rancangan alat penetas telur lalat Black Soldier Fly (BSF) yang dilengkapi controlling pada suhu dan kelembaban untuk meningkatkan tingkat efektivitas dan efisiensi. Perancangan ini menggunakan pendekatan metode rasional yang berisi beberapa tahap diantaranya: 1) clarifying objectives, (2) establish function, (3) setting requirement, (4) determining characteristic, (5) generating alternatives, (6) evaluating alternatives, dan (7) product improvements. Hasil uji coba yang telah dilakukan didapatkan peningkatan efiesiesnsi output sebesar 86% dan efektivitas waktu 100% pada uji coba pertama, sedangkan pada uji coba kedua didapatkan efisiensi 90% dan efektivitas 33,33%.*

Kata Kunci— *Metode Rasional; Penetas Telur Lalat; Black Soldier Fly (BSF); Efektivitas; Efisiensi*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan terjadinya penumpukan limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Keberadaan limbah organik dapat mempengaruhi kebersihan, kesehatan, kenyamanan, dan keindahan (estetika) [1]. Teknologi *biokonversi* limbah organik merupakan teknologi yang menjadi solusi dalam menyelesaikan permasalahan pada pengolahan limbah organik [2]. Salah satu teknologi *biokonversi* tersebut dapat menggunakan media pengurai dengan memanfaatkan lalat *Black Soldier Fly* (BSF). [3]

Menurut Muhammad Sulaiman., [4] Hasil budidaya *maggot* dapat maksimal jika tingkat suhu maupun kelembaban yang cocok dan stabil dalam proses budidaya *maggot*, sedangkan suhu dan kelembaban di Indonesia khususnya Jawa Tengah tidak stabil setiap harinya. *Maggot* akan berkembang secara optimal apabila memiliki suhu yang stabil berkisar 30°C-36°C dan kelembaban berkisar 60%-70% [5]. Selain itu, dalam proses budidaya *maggot* terdapat proses penetasan telur. Penetasan telur *Black Soldier Fly* (BSF) memerlukan suhu 28-35°C dan tingkat kelembaban sebesar 60%-80% [6]. Apabila suhu dan kelembaban tidak stabil maka dapat mempengaruhi pertumbuhan *maggot* mulai dari proses penetasan telur sampai proses pertumbuhan *maggot*. [7]

UMKM REPRO *Maggot* yang terletak di Dusun Nongko Lanang, Wonolopo, Kecamatan Mijen, Kota Semarang merupakan *start-up* bisnis yang memanfaatkan peluang dalam budidaya *maggot* yang sudah berdiri kurang lebih satu tahun. Budidaya *maggot* di REPRO ini menghasilkan produk telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF), *fresh maggot*, prepupa, pupa maupun *kasgot* (bekas *maggot*). Berdasarkan pada hasil observasi dan wawancara dengan pengelola UMKM REPRO *Maggot* alat penetasan telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan secara konvensional, dimana belum dilakukan *controlling* terhadap aspek suhu dan kelembaban yang mengakibatkan suhu dan kelembaban pada proses penetasan telur tidak stabil. Hal tersebut mengakibatkan proses penetasan telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) lebih lama.

Penetasan telur *maggot* menjadi larva memerlukan waktu 3 hari, terhitung dari peletakan telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) di media penetasan [8]. Sedangkan, proses penetasan telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) di UMKM REPRO *Maggot* memerlukan waktu 7-8 hari, hal ini dapat mempengaruhi lama waktu proses pembesaran *maggot* selama satu siklus yang akan berdampak pada kebutuhan konsumen yang tidak terpenuhi.

Berdasarkan permasalahan tersebut didapatkan solusi dan usulan rancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dengan memperhatikan tingkat suhu dan kelembaban yang dapat dikontrol oleh pekerja sesuai dengan kebutuhan pada proses penetasan telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF). Dasar dalam rancangan ini menggunakan aspek *antropometri* dari tubuh pekerja. Menurut Nurul Febyyanti., [9] Perancangan produk yang menggunakan aspek *antropometri* dapat menghasilkan rancangan yang ergonomis dan dapat mendukung proses pekerjaan tersebut sehingga memberikan kenyamanan kerja saat melakukan pekerjaan tersebut. Agar mendapatkan hasil rancangan yang maksimal maka, rancangan ini perlu dikembangkan melalui metode rasional yang dikombinasikan dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Menurut M. Anwar, dkk., [10] metode rasional adalah sebuah metode perancangan produk dengan pendekatan yang sistematis, banyak perancangan produk menggunakan metode rasional, hal tersebut dikarenakan dinilai dapat memberikan hasil produk yang memiliki kualitas tinggi. Selain itu, perancangan yang menggunakan metode rasional dapat mengoptimalkan tingkat efisiensi dan produktivitas dalam suatu perusahaan [11]. Maka dari itu, dalam penelitian ini yang menggunakan pendekatan metode rasional diharapkan setiap tahap perancangan berjalan dengan sistematis yang bertujuan untuk menghasilkan rancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) yang efektif dan efisien sehingga dapat maksimalkan proses penetasan tersebut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Subjek Penelitian

Subjek penelitian yaitu UMKM REPRO *Maggot* yang terletak di Kota Semarang yang berfokus pada proses budidaya *maggot* pada bagian penetasan telur lalat BSF.

B. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini yaitu proses penetasan telur lalat BSF pada UMKM REPRO *Maggot*.

C. Tahap Penelitian

Pada tahapan penelitian terdiri dari empat tahap, di antaranya:

1. Observasi Awal, melakukan pengamatan langsung di UMKM REPRO *Maggot* Semarang dan beberapa peternak *maggot* di daerah Semarang pada proses penetasan telur lalat BSF sampai dengan *maggot* menjadi lalat BSF.
2. Studi Literatur, studi literatur merupakan tahap pengumpulan data dengan mengumpulkan, dan

membaca buku, literatur, jurnal yang berkaitan dengan topik pada penelitian.

3. Perumusan Masalah, permasalahan yang terjadi yaitu kurang maksimalnya proses penetasan telur lalat BSF, terutama dalam waktu lama telur lalat BSF menetas menjadi larva.
4. Penentuan Tujuan, tujuan penelitian ini adalah dapat mengimplementasikan perancangan alat penetas telur lalat BSF agar dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi di UMKM REPRO *Maggot* dan alat tersebut sesuai dengan kebutuhan konsumen.

D. Pengumpulan Data

1. Data Primer
Data primer merupakan data yang didapatkan langsung melalui pengamatan pada proses penetasan telur lalat BSF dan wawancara dengan metode kuesioner sejumlah 28 responden peternak *maggot* di Semarang.
2. Data Sekunder
Data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak langsung dalam pengamatan. Berikut data sekunder yang dibutuhkan meliputi: jurnal maupun buku yang berkaitan dengan penelitian.

E. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode rasional adalah sebuah metode yang sering digunakan dalam penelitian terkait dengan perancangan eksperimen. Selain itu, di dalam metode rasional ini membutuhkan suatu simulasi yang dapat menirukan perilaku dalam sebuah sistem yang dilakukan dengan bantuan *software* yang akan digunakan [12]. Metode rasional mempunyai 7 tahapan diantaranya: (1) *clarifying objectives*, (2) *establish function*, (3) *setting requirement*, (4) *determining characteristic* yang menggunakan *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menentukan kebutuhan-kebutuhan konsumen yang akan diterjemahkan dalam karakteristik *engineering*, (5) *generating alternatives*, (6) *evaluating alternatives*, dan (7) *product improvements*. [10]

F. Perancangan Alat

Setelah didapatkan hasil dari penyebaran kuesioner terkait dengan kebutuhan konsumen, dilakukan perancangan alat penetas telur lalat BSF menggunakan *software* Autodesk Inventor.

G. Implementasi Alat

Uji coba alat dilakukan di UMKM REPRO Mijen. Selanjutnya dari hasil uji coba tersebut apakah terdapat perbandingan dari proses penetasan telur lalat BSF menggunakan alat konvensional dengan menggunakan alat rancangan.

Uji coba dilakukan dengan 2 kali percobaan menggunakan baskom ukuran 30 x 24 cm dengan kapasitas 2gr telur lalat BSF tiap baskom pada uji

coba pertama, dan 1gr telur lalat BSF pada uji coba kedua.

H. Evaluasi Efektivitas dan Efisiensi

Pada aspek efektivitas yang menjadi parameter keberhasilannya yaitu pada sisi waktu proses penetasan telur lalat BSF, sedangkan pada aspek efisiensi yang menjadi parameter keberhasilannya yaitu pada jumlah *baby maggot* yang berhasil ditetaskan.

I. Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dari tahap pengolahan data dan implementasi alat maka didapatkan hasil dari tahap tersebut, yang selanjutnya di analisa.

J. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini yaitu dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil implementasi alat penetas telur lalat BSF yang efektif dan efisien sebagai solusi perbaikan pada proses penetasan telur lalat BSF.

III. HASIL PENELITIAN

Pengambilan kuesioner awal berfungsi untuk mengetahui kondisi awal pada proses penetasan telur *maggot* dari penggunaan, dan kenyamanan. Responden pada penelitian ini adalah pekerja di UMKM REPRO *Maggot* dan beberapa peternak *maggot* di Kota Semarang. Berikut hasil dari penyebaran kuesioner dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
REKAP HASIL PENYEBARAN KUESIONER AWAL

Pertanyaan	Hasil Jawaban	Jumlah	Presentase (%)
1	Manual, ada keunggulan	13	46.42
	Manual, tidak ada keunggulan	15	53.58
2	2-3 hari	13	46.42
	4-8 hari	15	53.58
3	Tingkat keberhasilan 50%-85%	15	53.58
	Tingkat keberhasilan 90%-100%	13	46.42
4	Posisi kerja menunduk	3	10.71
	Posisi kerja menunduk, jongkok	9	32.14
	Posisi kerja jongkok, menunduk, berdiri	7	25
	Posisi kerja jongkok, menunduk, duduk	9	32.14
5	Suhu dan kelembaban	10	35.71
	Media penetasan	2	7,14

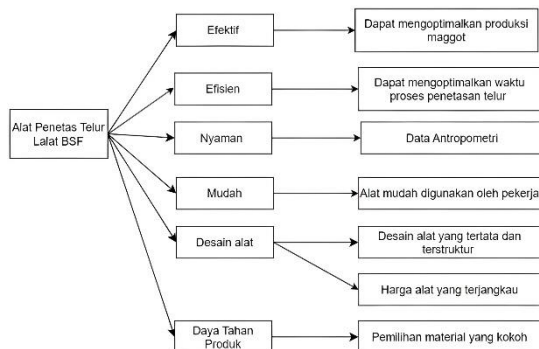
Pertanyaan	Hasil Jawaban	Jumlah	Presentase (%)
6	Serangga, hama	14	50
	Tidak ada kendala	2	7,14
	Dibutuhkan alat penetas telur	26	92,86
	Tidak dibutuhkan alat penetas telur	2	7,14

Hasil data kuesioner yang telah didapatkan tersebut kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode rasional.

A. Metode Rasional

1) Clarifying Objectives

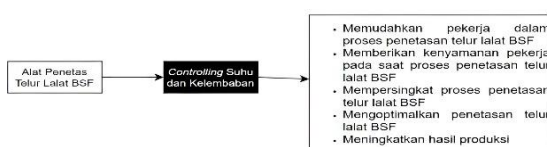
Clarifying objectives (klasifikasi tujuan) bertujuan untuk menentukan tujuan dari perancangan alat, dengan menggunakan metode *objective tree*. Berikut hasil *objective tree* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Objectives tree* perancangan alat penetas telur lalat BSF

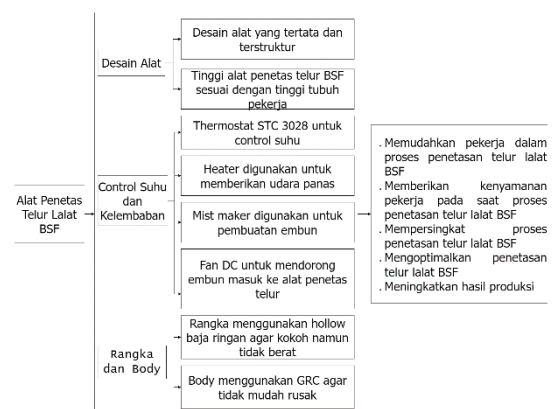
2) Establish Function

Establish function (penetapan fungsi), pada tahap ini menggunakan metode analisis fungsional dengan model *black box* yang dapat memberikan penawaran fungsi alat yang di rancang. Berikut hasil dari *black box* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Black box* penetasan telur lalat BSF

Selanjutnya, pembuatan *transparent box* bertujuan untuk mengembangkan gambaran dari *black box* pada proses pertama tahap *establishing function* dan menjabarkan sub-sub dari fungsi perancangan alat penetas telur lalat BSF. Berikut merupakan *transparent box* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Transparent box* alat penetas telur lalat BSF

3) Setting Requirement

Setting requirement (penyusunan kebutuhan) memiliki tujuan untuk mendapatkan spesifikasi kebutuhan yang akurat yang didapatkan dari kebutuhan dan solusi dari perancangan alat dengan menggunakan metode *performance specification* model [13]. Berikut hasil dari *performance specification* dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II
PERFORMANCE SPESIFICATION PERANCANGAN ALAT
PENETAS TELUR LALAT BSF

Tujuan	Kriteria
Dapat mengoptimalkan proses penetasan telur lalat BSF	Alat dilengkapi sensor suhu dan kelembapan
Mudah digunakan	Mudah dalam menggunakan alat tersebut
Nyaman digunakan	Ukuran alat sesuai tinggi pekerja
Desain alat	Desain alat yang tertata dan terstruktur
Harga terjangkau	Menggunakan material yang umum digunakan
Daya tahan produk	Konstruksi dan material yang digunakan terjangkau

4) Determining Characteristic

Determining characteristic (menetapkan karakteristik) tahap ini memiliki tujuan agar dapat mendapatkan target yang diinginkan dari awal agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Pada tahap ini menggunakan *Quality Function Deployment* (QFD). *Quality Function Deployment* (QFD) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memperhatikan kebutuhan dari konsumen yang nantinya akan diterjemahkan dalam karakteristik engineering [12].

a. Voice of Customers

Tahapan selanjutnya adalah membuat variabel pertanyaan kuesioner yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data berupa tingkat kepentingan konsumen. Variabel yang digunakan dalam pertanyaan ini didapatkan dari daftar kebutuhan pelanggan, dimana telah dilakukan identifikasi kebutuhan pelanggan yang telah

menghasilkan *voice of customer*. Berikut merupakan variabel pertanyaan dalam kuesioner perancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) yang didapatkan dari hasil identifikasi kebutuhan konsumen, dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
VARIABEL PERTANYAAN KUESIONER

No.	Dimensi	Atribut
1.	Efektif dan efisien	Dapat mengoptimalkan proses penetasan telur
2.	Ergonomis	Mempermudah pekerja dalam penggunaan alat Menghasilkan alat yang sesuai dengan tinggi tubuh pekerja
3.	Daya tahan produk	Pemilihan material yang kokoh
4.	Desain alat	Desain alat yang tertata dan terstruktur
5.	Ekonomis	Harga terjangkau

Dalam penentuan tingkat variabel pertanyaan kuesioner pada Tabel III menggunakan skala *likert*. Skala *likert* merupakan pengukuran yang dilakukan dengan memberikan responden sebuah pertanyaan dengan pilihan skor 1 sampai 5. Berikut hasil penyebaran kuesioner tingkat kepentingan konsumen dan kepuasan konsumen dapat dilihat pada Tabel IV dan Tabel V.

TABEL IV
HASIL KUESIONER TINGKAT KEPENTINGAN KONSUMEN

P	SS	S	N	TS	STS	Jumlah Data	Total	Bobot
P1	14	12	2	0	0	28	124	4.43
P2	15	8	5	0	0	28	122	4.36
P3	13	8	6	0	0	28	115	4.11
P4	14	14	0	0	0	28	126	4.50
P5	22	5	1	0	0	28	133	4.75

TABEL V
HASIL KUESIONER TINGKAT KEPUASAN KONSUMEN

P	SS	S	N	TS	STS	Jumlah Data	Total	Bobot
P1	5	10	13	0	0	28	104	3.71
P2	4	17	6	1	0	28	106	3.79
P3	0	12	16	0	0	28	96	3.43
P4	1	13	12	2	0	28	93	3.32
P5	18	6	3	1	0	28	123	4.39

b. House of Quality

Sebelum membuat *House of Quality* perlu menentukan respons teknis alat yang akan dirancang. Respons teknis merupakan salah satu langkah yang dilakukan peneliti untuk menjawab kebutuhan konsumen [14]. Berikut merupakan hasil *brainstorming* peneliti dengan pembudidaya *maggot* dapat dilihat pada Tabel VI.

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan *normalized contributions*. *Normalized contributions* merupakan pembobotan dalam skala 0-1 berupa rasio atau persentase dari tiap respons teknis [15].

Berikut hasil *normalized contributions* dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VI
TECHNICAL RESPONSE

No	Customer Needs	Technical Response
1	Alat penetasan telur lalat BSF dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi	Alat dilengkapi kontrol suhu dan kelembaban
2	Alat penetasan telur lalat BSF nyaman dan mudah digunakan	Ukuran alat sesuai dengan <i>antropometri</i> tubuh pekerja
3	Material yang digunakan pada alat penetasan telur lalat BSF harus kokoh	Menggunakan bahan GRC dan baja <i>holo</i> untuk rangka alat penetasan telur lalat BSF
4	Desain alat penetasan telur lalat BSF tertata dan terstruktur	Desain alat penetasan telur lalat BSF lebih tertata dan terstruktur yang dibuat seperti rak untuk tempat penetasan telur lalat BSF
5	Harga alat penetasan telur lalat BSF terjangkau	Pemilihan material dan komponen yang umum digunakan

TABEL VII
NORMALIZED CONTRIBUTION

Respons Teknis	Kontribusi	Normalized Contribution
Alat dilengkapi kontrol suhu dan kelembaban	1.99	12.94
Ukuran alat sesuai dengan <i>antropometri</i> tubuh pekerja dan mudah untuk digunakan	3	19.51
Menggunakan bahan GRC dan baja <i>holo</i> untuk rangka alat penetasan telur lalat BSF	1.81	11.77
Desain alat penetasan telur lalat BSF tertata dan terstruktur dibuat seperti rak	5.76	37.45
Pemilihan material dan komponen yang umum digunakan	2.82	18.34
Total	15.38	100

Matriks *technical correlation* menunjukkan suatu hubungan antar respons teknis yang telah disusun [16]. Apabila respons teknis pertama mempunyai hubungan positif maka variabel kedua akan mengalami kenaikan begitu juga sebaliknya apabila variabel pertama memiliki hubungan negatif maka variabel kedua akan mengalami penurunan [17]. Berikut *technical correlation* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Technical correlation*

Tahap selanjutnya yaitu penentuan target spesifikasi. Target spesifikasi yaitu dengan menguraikan cara kerja dari alat tersebut berdasarkan kebutuhan pelanggan [18]. Berikut merupakan penentuan target spesifikasi dari alat penetas telur lalat BSF dapat dilihat pada Tabel VIII.

Setelah mengidentifikasi kebutuhan konsumen sampai analisis penentuan target spesifikasi alat telah dilakukan, selanjutnya yaitu menggabungkan langkah-langkah tersebut ke dalam *House of Quality* (HOQ). Dalam *House of Quality* (HOQ) terdapat simbol hubungan matriks. Simbol

hubungan matriks *House of Quality* (HOQ) dapat dilihat pada Tabel IX.

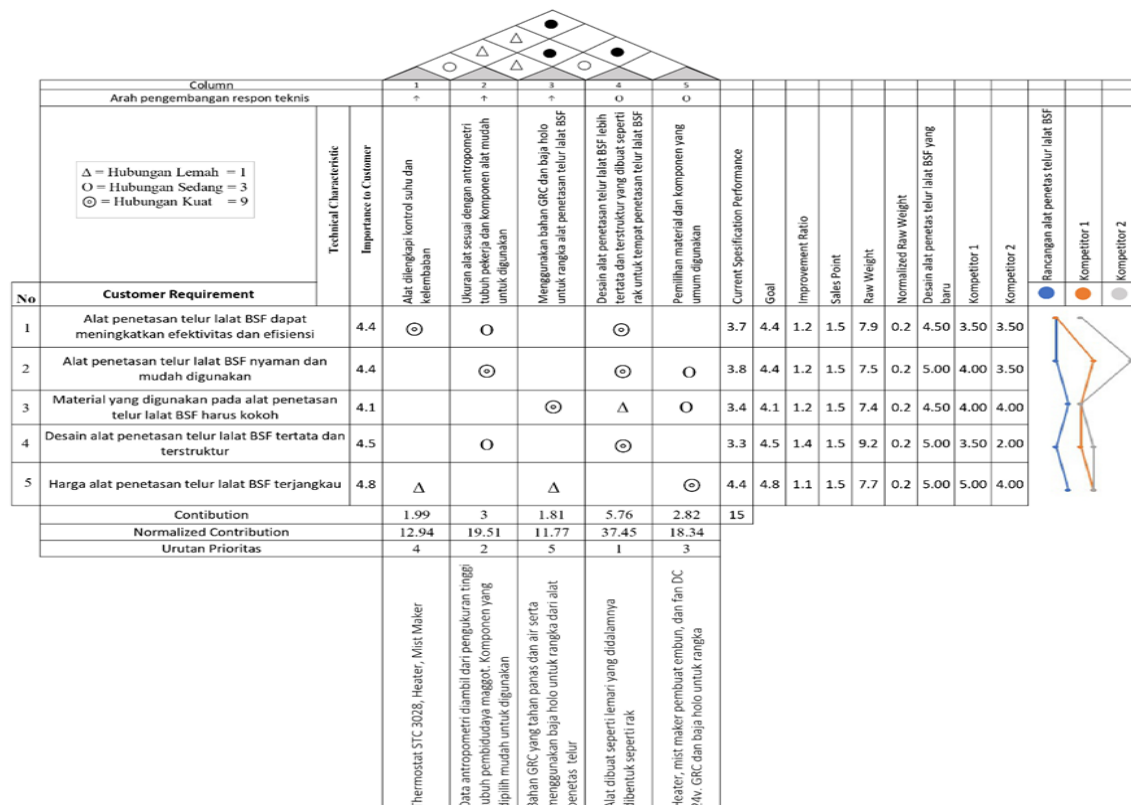
TABEL VIII
TARGET SPESIFIKASI

Respons Teknis	Target Spesifikasi
Alat dilengkapi kontrol suhu dan kelembaban	<i>Thermostat</i> STC 3028
Ukuran alat sesuai dengan <i>antropometri</i> tubuh manusia dan mudah digunakan	Data <i>antropometri</i> diambil dari pengukuran tinggi tubuh pembudidaya <i>maggot</i> dan alat mudah untuk digunakan
Menggunakan bahan GRC dan baja <i>holo</i> untuk rangka alat penetasan telur lalat BSF	Bahan GRC yang tahan panas dan air serta menggunakan baja <i>holo</i> untuk rangka dari alat penetasan telur
Desain alat penetas telur yang tertata dan terstruktur yang dibuat seperti rak	Alat dibuat seperti lemari yang di dalamnya dibentuk seperti rak untuk tempat media tetas
Pemilihan material dan komponen yang umum digunakan	<i>Heater</i> , <i>mist maker</i> pembuat embun, dan <i>fan</i> DC 24v. GRC dan baja <i>holo</i> untuk rangka

TABEL IX
SIMBOL HUBUNGAN MATRIKS

Simbol	Keterangan	Nilai
Δ	Hubungan lemah	1
$\circ$	Hubungan sedang	3
$\odot$	Hubungan kuat	9

Berikut *House of Quality* (HOQ) dari perancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *House of Quality*

c. Analisis Ergonomi

Analisis ergonomi berfungsi untuk memperoleh ukuran sesuai dengan data *antropometri* yang digunakan dalam merancang

alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF). Berikut hasil dari analisis ergonomi perancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dapat dilihat pada Tabel X.

TABEL X
ANALISIS

Kegunaan	Dimensi	Persentil	Alasan Persentil	Nilai (cm)	Nilai Kelonggaran	Alasan Kelonggaran	Ukuran Rancangan (cm)
Tinggi alat	TB	P50	Agar dapat digunakan oleh pengguna dari dimensi TB rendah sampai TB tinggi	164,89	+0,11	Untuk mempermudah perancangan alat	165

ERGONOMI

Keterangan

TB = Tinggi Badan

5) Generating Alternatives

Generating alternatives (pembangkitan alternatif), tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif dari solusi-solusi yang didapatkan menggunakan metode *morpho gical chart*. Berikut hasil *morpho gical chart* dapat dilihat pada Tabel XI.

TABEL XI
MORPHO GICAL CHART

Atribut	Alternatif		Jumlah Alternatif
	1	2	
Alat dilengkapi kontrol suhu dan kelembaban	Thermostat STC3028	Arduino uno dan sensor DHT22	2
Menggunakan material yang kokoh	GRC dan hollow baja ringan	kayu dan papan	2

Berdasarkan data tabel *morpho gy chart* di atas, didapatkan hasil kombinasi alternatif perancangan alat dengan perhitungan kombinasi alternatif = $2 \times 2 = 4$

6) Evaluating Alternatives

Evaluating alternatives (evaluasi alternatif), tahap ini diharapkan mendapatkan alternatif terbaik dari semua solusi-solusi permasalahan yang ada, dengan menggunakan metode *weighted objective* yang memiliki tujuan memberikan perbandingan terhadap nilai-nilai setiap solusi berdasarkan bobot.

a. Screening Alternatif Rancangan

Screening alternatives merupakan penghapusan beberapa alternatif berdasarkan penilaian terhadap kombinasi alternatif pada pembangkitan alternatif-alternatif pada tahapan *generating alternatives*. Berikut ini merupakan *screening* alternatif dapat dilihat pada Tabel XII.

b. Pembobotan Tiap Alternatif

Tahap selanjutnya merupakan pembobotan tiap alternatif. Pembobotan dilakukan berdasarkan nilai dari hasil kuesioner tingkat kepentingan konsumen yang telah diolah pada tahap HOQ yang bertujuan

untuk mendapatkan nilai tertinggi sampai terendah. Berikut hasil dari pembobotan alternatif dapat dilihat pada Tabel XIII.

TABEL XII
SCREENING ALTERNATIF

No	Kebutuhan Konsumen	Alternatif			
		1	2	3	4
1	Alat penetasan telur lalat BSF dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi	+	+	+	+
2	Alat penetasan telur lalat BSF nyaman dan mudah digunakan	+	-	-	+
3	Material yang digunakan pada alat penetasan telur lalat BSF harus kokoh	+	+	0	0
4	Desain alat penetasan telur lalat BSF tertata dan terstruktur	0	0	0	0
5	Harga alat penetasan telur lalat BSF terjangkau	0	0	0	0
Total (+)		3	2	1	2
Total (0)		2	2	3	3
Total (-)		0	1	1	0
Nilai Akhir		3	1	0	2
Lanjutkan?		✓	×	×	✓

TABEL XIII
PEMBOBOTAN OBJEKTIF TIAP KRITERIA

No	Kebutuhan Konsumen	Raw Weight	Normalized Weight
1	Alat penetasan telur lalat BSF dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi	7.93	0.20
2	Alat penetasan telur lalat BSF nyaman dan mudah digunakan	7.52	0.19
3	Material yang digunakan pada alat penetasan telur lalat BSF harus kokoh	7.39	0.19
4	Desain alat penetasan telur lalat BSF tertata dan terstruktur	9.15	0.23
5	Harga alat penetasan telur lalat BSF terjangkau	7.71	0.19
Total		39.7	1.00

c. Penilaian Tiap Kriteria

Tahap selanjutnya adalah penilaian terhadap setiap alternatif yang telah dihasilkan bertujuan untuk memilih salah satu alternatif yang telah disaring. Penilaian dilakukan oleh peternak *maggot* dan peneliti sesuai dengan alternatif yang terpilih.

kelembaban dengan alat penetasan telur secara konvensional. Berikut setup suhu dan kelembaban pada rancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dapat dilihat pada Tabel XV.

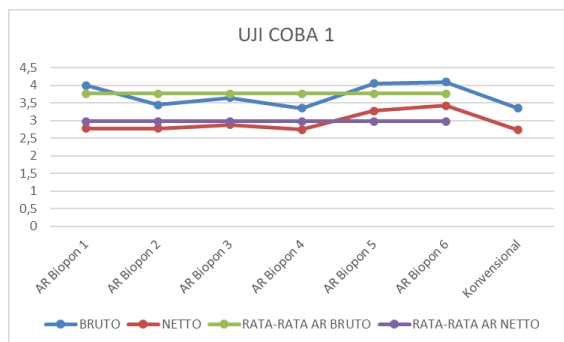


Gambar 8. Realisasi alat

TABEL XV
SETUP SUHU DAN KELEMBABAN

Setup Suhu (°C)	Setup Kelembaban (%)
BKB 27	BKB 76
BAK 32	BAK 80

Berikut hasil uji coba pertama pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hasil Uji Coba 1

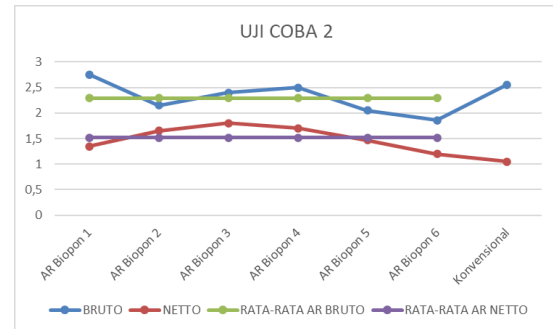
Berikut hasil uji coba kedua pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai efektivitas dan efisiensi dari hasil uji coba menggunakan alat penetas telur lalat BSF dan alat konvensional.

$$\text{Kapabilitas efektif} = \frac{\Sigma \text{objek}}{\Sigma \text{waktu}}$$

$$\text{Product Efficiency} = \frac{\text{Actual output}}{\text{Standard output}} \times 100$$

$$\text{Actual Output} = \text{Netto}$$

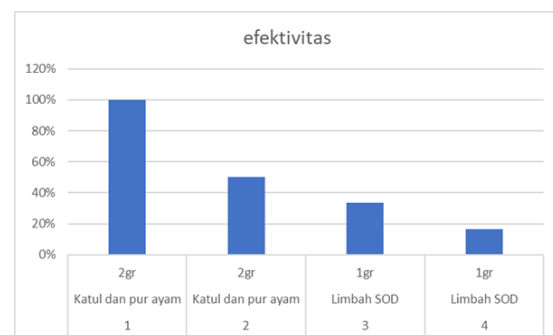


Gambar 10. Grafik Hasil Uji Coba 2

Berikut merupakan hasil dari perhitungan nilai efektivitas hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel XVI dan Gambar 11.

TABEL XVI
PERHITUNGAN EFEKTIVITAS

Uji Coba	Media Tetes	Total Telur	Lama Waktu Tetes (Hari)	Kapasitas Efektif (gr/hari)
U-AR1	Katul dan pur ayam	2gr	2	100%
U-K1		2gr	4	50%
U-AR2	Limbah SOD	1gr	3	33.33%
U-K2		1gr	6	16.66%



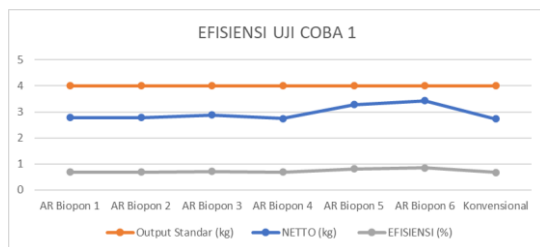
Gambar 11. Grafik Efektivitas Hasil Uji Coba

Dari gambar 11. dapat dilihat bahwa proses penetasan telur lalat BSF yang paling efektif yaitu pada uji coba pertama menggunakan rancangan alat penetas telur lalat BSF dengan media bekatul dan pur ayam memiliki nilai efektivitas sebesar 100% dan untuk nilai efektif yang paling kecil yaitu ada pada uji coba kedua yang menggunakan alat konvensional dengan media SOD (Sisa Olahan Dapur) dengan nilai efektivitas sebesar 16.66%.

Berikut merupakan hasil dari perhitungan nilai efisiensi hasil uji coba 1 dapat dilihat pada Tabel XVII dan Gambar 12.

TABEL XVII
PERHITUNGAN EFISIENSI UJI COBA 1

Biopon	Netto (kg)	Output Standar (kg)	Efisiensi (%)
AR Biopon 1	2.78	4	70
AR Biopon 2	2.78	4	70
AR Biopon 3	2.88	4	72
AR Biopon 4	2.75	4	69
AR Biopon 5	3.28	4	82
AR Biopon 6	3.43	4	86
Konvensional	2.73	4	68



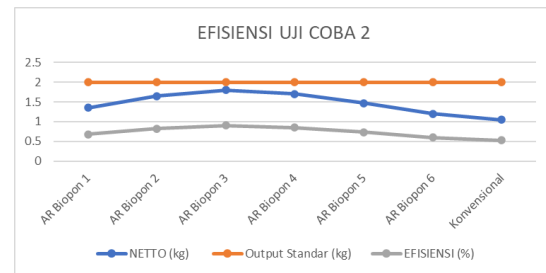
Gambar 12. Grafik Efisiensi Uji Coba 1

Dari gambar 12. dapat dilihat bahwa pada uji coba pertama penetasan telur lalat BSF menggunakan bekatul dan *pur* ayam menghasilkan *fresh maggot* yang paling efisien yaitu menggunakan rancangan alat penetas telur lalat BSF dengan total *fresh maggot* sebanyak 3.43 kg memiliki nilai efisiensi sebesar 86% dan untuk nilai efisiensi yang paling kecil yaitu ada pada uji coba menggunakan alat konvensional dengan total *fresh maggot* sebanyak 2.73kg nilai efisiensi sebesar 68%.

Berikut merupakan hasil dari perhitungan nilai efisiensi hasil uji coba 2 dapat dilihat pada Tabel XVIII dan Gambar 13.

TABEL XVIII
PERHITUNGAN EFISIENSI UJI COBA 2

Biopon	Netto (kg)	Output Standar (kg)	Efisiensi (%)
AR Biopon 1	1.35	2	68
AR Biopon 2	1.65	2	83
AR Biopon 3	1.8	2	90
AR Biopon 4	1.7	2	85
AR Biopon 5	1.47	2	74
AR Biopon 6	1.2	2	60
Konvensional	1.05	2	53



Gambar 13. Grafik Efisiensi Uji Coba 2

Dari gambar 13. dapat dilihat bahwa pada uji coba kedua penetasan telur lalat BSF menggunakan media SOD (Sisa Olahan Dapur) menghasilkan *fresh maggot* yang paling efisien yaitu menggunakan rancangan alat penetas telur lalat BSF dengan total *fresh maggot* sebanyak 1.8 kg memiliki nilai efisiensi sebesar 90% dan untuk nilai efisiensi yang paling kecil yaitu ada pada uji coba menggunakan alat konvensional dengan total *fresh maggot* sebanyak 1.05kg nilai efisiensi sebesar 53%.

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan pada hasil pengolahan data untuk merancang alat penetasan telur yang menggunakan pendekatan metode rasional didapatkan rancangan alat yang menggunakan *thermostat* STC-3028 sebagai kontrol suhu dan kelembaban, tinggi dari alat menggunakan data *antropometri* tubuh pekerja, untuk material menggunakan bahan GRC dan *hollow* baja ringan sebagai rangka alat penetas telur BSF, desain alat penetas telur lalat BSF lebih tertata dan terstruktur yang dibuat seperti rak untuk tempat penetasan telur lalat BSF. Setelah didapatkan hasil dari pengolahan data menggunakan pendekatan metode rasional, selanjutnya dilakukan pembuatan desain alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2023. Tahap selanjutnya yaitu realisasi alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) sesuai dengan desain yang telah dibuat. Kemudian dilakukan uji coba sebanyak 2 kali untuk mengetahui tingkat efektivitas dan efisiensi dari alat tersebut.

Pada implementasi hasil rancangan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) yang dilakukan uji coba sebanyak 2 kali menggunakan alat hasil rancangan dan alat konvensional dengan media yang berbeda. Berdasarkan pada hasil uji coba yaitu, uji coba pertama dengan menggunakan alat penetas telur lalat *Black Soldier Fly* (BSF) serta media bekatul dan *pur* ayam ini dapat mempersingkat proses penetasan menjadi 2 hari dengan tingkat efektivitas sebesar 100% dan tingkat efisiensi tertinggi sebesar 86%. Sedangkan uji coba dengan menggunakan alat konvensional didapatkan tingkat efektivitas sebesar 50% dan tingkat efisiensi

68%. Pada uji coba kedua dengan alat konvensional serta media SOD didapatkan tingkat efektivitas sebesar 33,33% dan tingkat efisiensi tertinggi sebesar 90%. Sedangkan uji coba dengan menggunakan alat konvensional didapatkan tingkat efektivitas sebesar 16,66% dan tingkat efisiensi sebesar 53%.

V. KESIMPULAN

Pada hasil identifikasi kebutuhan konsumen untuk merancang alat penetas telur lalat BSF yang efektif dan efisien dengan pendekatan metode rasional didapatkan hasil rancangan alat penetas telur lalat BSF di antaranya: desain alat penetas telur lalat BSF yang terstruktur dan tertata dibuat seperti lemari yang dilengkapi rak, ukuran alat sesuai dengan *antropometri* tubuh pekerja menggunakan dimensi tinggi tubuh pekerja sehingga mudah dan nyaman digunakan, pemilihan material yang kokoh menggunakan bahan GRC (*glassfiber reinforced concrete*) dan *hollow* baja ringan untuk rangka dari alat tersebut, dan alat dilengkapi kontrol suhu dan kelembaban dengan menggunakan *thermostat* STC-3028.

Pada implementasi hasil rancangan alat penetas telur lalat BSF yang dilakukan uji coba sebanyak 2 kali. Uji coba pertama menggunakan alat penetas telur lalat BSF serta media bekatul dan *pur* ayam, serta 2gr telur lalat BSF memiliki tingkat efektivitas sebesar 100% dan tingkat efisiensi tertinggi sebesar 86%. Sedangkan uji coba menggunakan alat konvensional didapatkan tingkat efektivitas sebesar 50% dan tingkat efisiensi 68%. Pada uji coba kedua dengan alat konvensional serta media SOD, dan telur lalat BSF 1gr didapatkan tingkat efektivitas sebesar 33,33% dan tingkat efisiensi tertinggi sebesar 90%. Sedangkan uji coba dengan menggunakan alat konvensional didapatkan tingkat efektivitas sebesar 16,66% dan tingkat efisiensi sebesar 53%.

Di dalam penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pada alat penetas telur dan mengubah alat tetas konvensional menjadi semi otomatis. Oleh karena itu, aspek ergonomis pada alat bukan menjadi prioritas utama dalam rancangan alat penetas telur lalat BSF ini sehingga pada metode QFD untuk tahap *determining characteristic* pada metode rasional.

Pada penelitian selanjutnya apabila aspek ergonomis menjadi prioritas utama maka dapat melakukan *re-design* dengan menambahkan beberapa dimensi tubuh lainnya.

Hasil penelitian rancangan alat penetas telur lalat BSF ini masih diperlukan suatu *improvement* lebih lanjut dengan menambahkan *Internet of Things* (IoT) agar dapat dilakukan *controlling* dari jauh sehingga memaksimalkan kinerja dari alat tersebut.

Karena keterbatasan penelitian, pada tahap uji coba yang dilakukan sebanyak 2 kali menggunakan jumlah telur yang berbeda. Maka dari itu, untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan media atau jumlah yang sama pada tiap uji coba yang dilakukan.

REFERENSI

- [1] A. P. Utami and A. Hasibuan, "ANALISIS DAMPAK LIMBAH/SAMPAH RUMAH TANGGA TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN HIDUP," *Cross-border*, vol. 6, no. 2, pp. 1107–1112, 2023.
- [2] P. Rukmini, L. R. Rozak, and S. Winarso, "Pengolahan Sampah Organik Untuk Budidaya *Maggot Black Soldier Fly* (BSF)," 2020.
- [3] S. N. Aisyah, P. Ardianto, M. I. Rizki, F. A. Zihni, B. Fasdiakto, and S. M. Riyanti, "TRANSFER TEKNOLOGI *BIOKONVERSI* SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN *BLACK SOLDIER FLY* PADA MASYARAKAT DUSUN GEDANGAN," *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 6, no. 4, p. 2753, Aug. 2022, doi: 10.31764/jmm.v6i4.9053.
- [4] M. Sulaiman, A. A. Karim, Y. Maharani, N. Anisa, and E. S. Gultom, "Pemberdayaan Kelompok Tani Peduli Api Balikpapan Melalui Budidaya *Maggot Black Soldier Fly* Dalam Mengurangi Limbah Organik," *I-Com: Indonesian Community Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 1471–1480, Sep. 2023, doi: 10.33379/icom.v3i3.3138.
- [5] T. W. Muhammad, R. A. Priramadhani, and Istiqomah, "Sistem Monitoring Mutu Lingkungan Hidup Pada Kandang Larva *Black Soldier Fly* Terintegrasi Berbasis Internet Of Things (Iot)," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 240–248, Apr. 2022.
- [6] Y. Putra and A. Ariesmayana, "EFEKTIFITAS PENGURAIAN SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN *MAGGOT* (BSF) DI PASAR RAU TRADE CENTER," Banten, Feb. 2020.
- [7] I. Novianto, M. Hudha, and A. Octora Pristisahida, "Implementasi IoT pada Monitoring Suhu dan Kelembaban Media Budidaya *Maggot* Berbasis Wemos D1 Mini," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 1, no. 9, pp. 3115–3126, 2022.
- [8] L. Monita, S. H. Sutjahjo, A. A. Amin, and M. R. Fahmi, "PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK PERKOTAAN MENGGUNAKAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*)," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 7, no. 3, pp. 227–234, Dec. 2017, doi: 10.29244/jpsl.7.3.227-234.
- [9] N. Febyyanti and J. Purnama, "Rancang Bangun Mesin Pengayak Terasi Bubuk Guna Meningkatkan Output Produksi dengan Pendekatan *Antropometri*," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 2, pp. 838–846, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i2.27413.
- [10] M. Anwar, Jazuli, and R. Setyaningrum, "Perancangan Alat Pemotong Kue Yangko dengan Metode Rasional," *Applied Industrial Engineering Journal*, vol. 01, no. 01, pp. 1–14, 2017, [Online]. Available: <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/aiej/indexv1>
- [11] M. Ulum, R. Setyaningrum, and T. Talitha, "Redesain Alat Pemotong Singkong Menggunakan Metode Rasional Guna Meningkatkan Produktivitas," *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*, vol. 22, no. 1, pp. 52–62, 2020.
- [12] R. Pradiyono and Zairda. C. I. E., "PERANCANGAN ALAT BANTU PEMINDAHAN BRAKE CYLINDER DI DEPARTEMEN SARANA KERETA API PT. PINDAD (PERSERO)," *Infomatek*, vol. 22,

- no. 1, pp. 1–14, Jun. 2020, doi: 10.23969/infomatek.v22i1.2746.
- [13] V. Abisena and S. Martini, “PERANCANGAN MATERIAL HANDLING EQUIPMENT PADA PROSES PENGEMASAN BUAH MANGGIS MENGGUNAKAN METODE PERANCANGAN PRODUK RASIONAL (STUDI KASUS PT. ANDALAS FIDDINI AGROTAMA),” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 9526–9534, 2020.
 - [14] H. Mardhiana, D. Rachmawati, F. D. Winati, and A. Z. Yamani, “Implementation of Quality Function Deployment (QFD) for Decision Making in Improving Integrated Academic Information System,” *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 92–107, Feb. 2022, doi: 10.29407/intensif.v6i1.16790.
 - [15] M. A. Nabila, A. D. Wicaksono, and W. P. Wijayanti, “ARAHAN PENGEMBANGAN AGROWISATA BERDASARKAN ASPEK PENAWARAN DI AGROWISATA PETIK JERUK SELOREJO, KECAMATAN DAU,” vol. 13, no. 2, pp. 207–208, Apr. 2024.
 - [16] C. Wirahata, W. Kosasih, and L. Salomon, “Penerapan Metode Kansei Engineering dan Quality Function Deployment (QFD) dalam Pengembangan Kualitas Produk Pima,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 197–209, 2023.
 - [17] C. Wirahata, W. Kosasih, and L. Salomon, “Penerapan Metode Kansei Engineering dan Quality Function Deployment (QFD) dalam Pengembangan Kualitas Produk Pima,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 197–209, 2023.
 - [18] M. A. N. Wahyudien, Masniar, S. Hahury, and K. Putra, “Rancang Bangun Prototype Alat Pembersih Runway Pada Bandar Udara Ds Dengan Model Kano Dan Metode Quality Function Deployment (QFD),” *Metode Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 34–47, 2023.