



PAPER – OPEN ACCESS

Penerapan Metode Nigel Cross pada Perancangan dan Pengembangan Produk Dual EcoPest Guard

Author : Aldy Audri, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2604
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 8 Issue 1 – 2025 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](#).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Penerapan Metode *Nigel Cross* pada Perancangan dan Pengembangan Produk *Dual EcoPest Guard*

Aldy Audri*, Rahma Putri Zakia, Yohanica Xandra

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl Dr. T. Mansur No.9 Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia
aldiaudri@gmail.com, rahmaputrizakia12345@gmail.com, xandrayohanica@gmail.com

Abstrak

Dual EcoPest Guard merupakan produk inovatif yang dirancang untuk mengatasi permasalahan pengendalian hama secara ramah lingkungan dengan menggabungkan dua sistem utama, yaitu perangkap otomatis dan sensor ultrasonik pengusir hama. Perancangan produk ini dilakukan dengan menggunakan model desain *Nigel Cross* yang terdiri dari tujuh tahapan, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga pengembangan rancangan akhir. Pada tahap awal, dilakukan penyebaran kuesioner berbasis *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan prioritas kebutuhan pengguna dan memahami aspek-aspek penting yang mempengaruhi desain produk. Hasil dari proses ini menunjukkan adanya tiga level klasifikasi tujuan, tiga sub-fungsi utama, tujuh atribut keinginan (*wish*), tiga atribut keharusan (*demand*), dan tujuh karakteristik teknis yang harus dipenuhi oleh produk. Tiga alternatif rancangan dikembangkan, lalu dievaluasi menggunakan metode *Weighted Objective* untuk menentukan rancangan terbaik. Berdasarkan hasil evaluasi, alternatif dari kelompok IVA dipilih karena memiliki performa terbaik dan memenuhi seluruh kriteria teknis. Pada tahap pengembangan akhir, dilakukan rekayasa nilai untuk menekan biaya produksi tanpa mengurangi fungsi produk. Hasilnya, total estimasi biaya komponen *Dual EcoPest Guard* adalah sebesar Rp383.500. Produk ini diharapkan menjadi solusi efektif dan ekonomis dalam mengendalikan hama secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Pengendalian hama ramah lingkungan; perancangan produk; rekayasa nilai; AHP; model *Nigel Cross*.

Abstract

Dual EcoPest Guard is an innovative product designed to address pest control issues in an environmentally friendly manner by combining two main systems: an automatic trap and an ultrasonic pest repeller. The product design follows the *Nigel Cross* design model, which consists of seven stages—from identifying user needs to developing the final product. In the initial stage, a questionnaire using the *Analytical Hierarchy Process* (AHP) was distributed to identify user priorities and determine the most influential aspects of the design. The analysis revealed three levels of goal classification, three main sub-functions, seven "wish" attributes, three "demand" attributes, and seven technical characteristics required for the product. Three design alternatives were generated and then evaluated using the *Weighted Objective* method to determine the best option. Based on the evaluation, the design alternative from group IVA was selected due to its superior performance and ability to meet all technical criteria. In the final stage, value engineering was applied to reduce production costs without compromising product functionality. As a result, the estimated total cost for the *Dual EcoPest Guard* components is Rp383,500. This product is expected to offer an effective, affordable, and sustainable solution for environmentally responsible pest control.

Keywords: Eco-friendly pest control; product design; value engineering; AHP; Nigel Cross model.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri dan urbanisasi yang pesat telah menyebabkan meningkatnya penggunaan pestisida kimia sebagai solusi cepat dalam mengendalikan hama, baik di lingkungan pertanian maupun perumahan. Namun, Ketika pestisida kimia digunakan dalam jangka panjang dapat memberikan dampak negatif kepada lingkungan dan kesehatan manusia, seperti pencemaran tanah, air, dan gangguan sistem pernapasan akibat paparan bahan kimia berbahaya. Salah satu tantangan utama dalam bidang pertanian adalah serangan hama burung yang dapat menyebabkan kerugian panen hingga 30–50%. Pengendalian hama secara manual dinilai kurang efektif, terutama di lahan yang luas dan terbuka [1]. Masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah tingginya ketergantungan pada pestisida kimia serta keterbatasan efektivitas metode manual dalam mengatasi hama, khususnya burung. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi alternatif yang ramah lingkungan, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Sebagai upaya untuk mengatasi masalah tersebut, berbagai inovasi mulai dikembangkan, salah satunya adalah alat pengusir hama otomatis berbasis bahan alami. Bahan seperti kulit jengkol, bawang putih, dan buah bintaro diketahui memiliki kandungan senyawa aktif seperti *tanin*, *flavonoid*, *saponin*, dan *kardinolida* yang bersifat antimikroba dan toksik terhadap hama, namun tetap aman bagi manusia. Penggunaan bahan-bahan alami tersebut tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memanfaatkan limbah pertanian, sehingga turut mendukung prinsip pertanian berkelanjutan [2]. Alat pengusir hama ini juga dirancang menggunakan sistem kerja dua sisi, dilengkapi dengan suara frekuensi tertentu yang aman bagi manusia namun efektif mengusir hama, serta memanfaatkan material bekas sebagai komponen utamanya [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan alat pengusir hama otomatis berbasis bahan alami bernama *Dual EcoPest Guard*, yang tidak hanya efektif dalam mengusir hama secara berkelanjutan, tetapi juga memperhatikan aspek teknis, ekonomis, dan kebutuhan pengguna.

Perancangan produk adalah proses merumuskan sebuah produk dengan mempertimbangkan aspek bentuk, dimensi, dan warna tertentu, yang disusun secara sistematis untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari pengguna [4]. Dalam proses perancangan produk *Dual EcoPest Guard*, digunakan metode pendekatan rasional *Nigel Cross Design Method* yang mencakup tujuh langkah sistematis, yaitu klasifikasi tujuan, penetapan fungsi, identifikasi kebutuhan dan karakteristik, pengembangan serta evaluasi alternatif solusi hingga perbaikan desain [5]. Untuk menjamin produk sesuai dengan harapan pengguna, digunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD) yang fungsinya membantu menerjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam spesifikasi teknis yang terukur [6][7]. QFD menekankan pentingnya mendengar *voice of customer* agar produk yang dikembangkan mampu memberikan kepuasan dari segi fungsi maupun manfaat [8][9].

Selanjutnya, tahap pengembangan rancangan dapat diperkuat dengan pendekatan *value engineering* untuk menyempurnakan desain agar efisien secara fungsi dan biaya [10]. Dalam tahap pengembangan produk, dilakukan simulasi guna menguji kinerja desain sebelum direalisasikan secara fisik. Simulasi ini penting untuk menekan risiko kegagalan dan memastikan efektivitas produk secara optimal [11]. Di samping itu, *flow process chart* juga digunakan sebagai alat visualisasi untuk memetakan keseluruhan proses produksi secara efisien dan terstruktur [12]. Secara keseluruhan, penggunaan metode *Nigel Cross* ditujukan untuk menciptakan produk yang inovatif dan fungsional, sekaligus selaras dengan kebutuhan pengguna serta dapat meningkatkan efisiensi dalam proses perancangan [13]. Dengan mengintegrasikan pendekatan desain yang sistematis dan berbasis kebutuhan pengguna, *Dual EcoPest Guard* dirancang sebagai solusi inovatif dan berkelanjutan dalam pengendalian hama, sekaligus mendukung produktivitas pertanian tanpa membahayakan lingkungan.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ilmiah merupakan proses sistematis yang dilakukan melalui observasi dan penyelidikan terstruktur untuk memperdalam pemahaman, mengevaluasi, serta mengembangkan atau menciptakan pengetahuan baru terkait fenomena, peristiwa, atau fakta tertentu [14]. Dalam penelitian dan pengembangan teknis, desain produk termasuk ke dalam ranah rekayasa desain yang diawali dari ide-ide inovatif sebagai solusi atas permasalahan nyata. Inovasi ini mencerminkan kemampuan dalam menciptakan solusi yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan pasar [15]. Metode *Nigel Cross* dipilih karena menawarkan pendekatan perancangan yang sistematis dan logis melalui tujuh tahapan yang saling terintegrasi. Setiap tahapan menggabungkan aspek fungsional, teknis, dan kebutuhan pengguna untuk menghasilkan desain produk yang tepat guna. Model perancangan *Nigel Cross* memiliki tujuh tahapan proses perancangan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

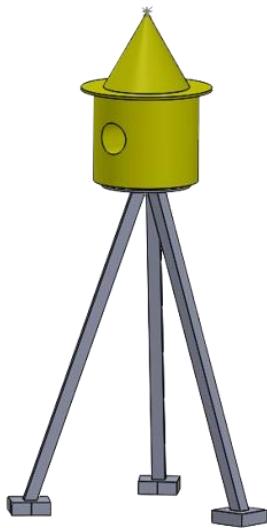
Tabel 1. Tahapan Proses Perancangan Produk dengan Metode *Nigel Cross*

No.	Tahapan	Metode yang Relevan	Tujuan
1.	Klarifikasi Tujuan (<i>Clarifying Object</i>)	Pohon Tujuan (<i>Objectives Trees</i>)	Menjelaskan keterkaitan antara berbagai sub-perancangan serta bagaimana masing-masing tujuan saling berhubungan
2.	Penetapan Fungsi (<i>Establishing Function</i>)	Analisis Fungsional (<i>Function Analysis</i>)	Mengidentifikasi fungsi yang diperlukan serta menetapkan batasan-batasan sistem dalam perancangan produk baru
3.	Penentuan Kebutuhan (<i>Setting Requirement</i>)	Spesifikasi Kinerja (<i>Performances Specification</i>)	Merumuskan spesifikasi kinerja yang sesuai untuk solusi desain yang dibutuhkan
4.	Penentuan Karakteristik (<i>Determining Characteristic</i>)	QFD (<i>Quality Function Development</i>)	Merumuskan tujuan guna menyelaraskan spesifikasi teknis dengan kebutuhan pelanggan
5.	Penentuan Alternatif (<i>Generating Alternatives</i>)	<i>Morphological Chart</i>	Mengidentifikasi berbagai alternatif solusi desain secara menyeluruh dan memperluas eksplorasi terhadap kemungkinan solusi baru
6.	Evaluasi Alternatif (<i>Evaluating Alternatives</i>)	Beban Objektif (<i>Weighted Objectives</i>)	Melakukan perbandingan nilai kegunaan dari berbagai usulan desain alternatif berdasarkan bobot dan kinerja yang telah ditentukan
7.	Komunikasi (<i>Improving Details</i>)	Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>)	Mengoptimalkan atau menjaga nilai produk di mata konsumen, sekaligus menekan biaya produksi bagi pihak produsen

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Spesifikasi Produk Akhir

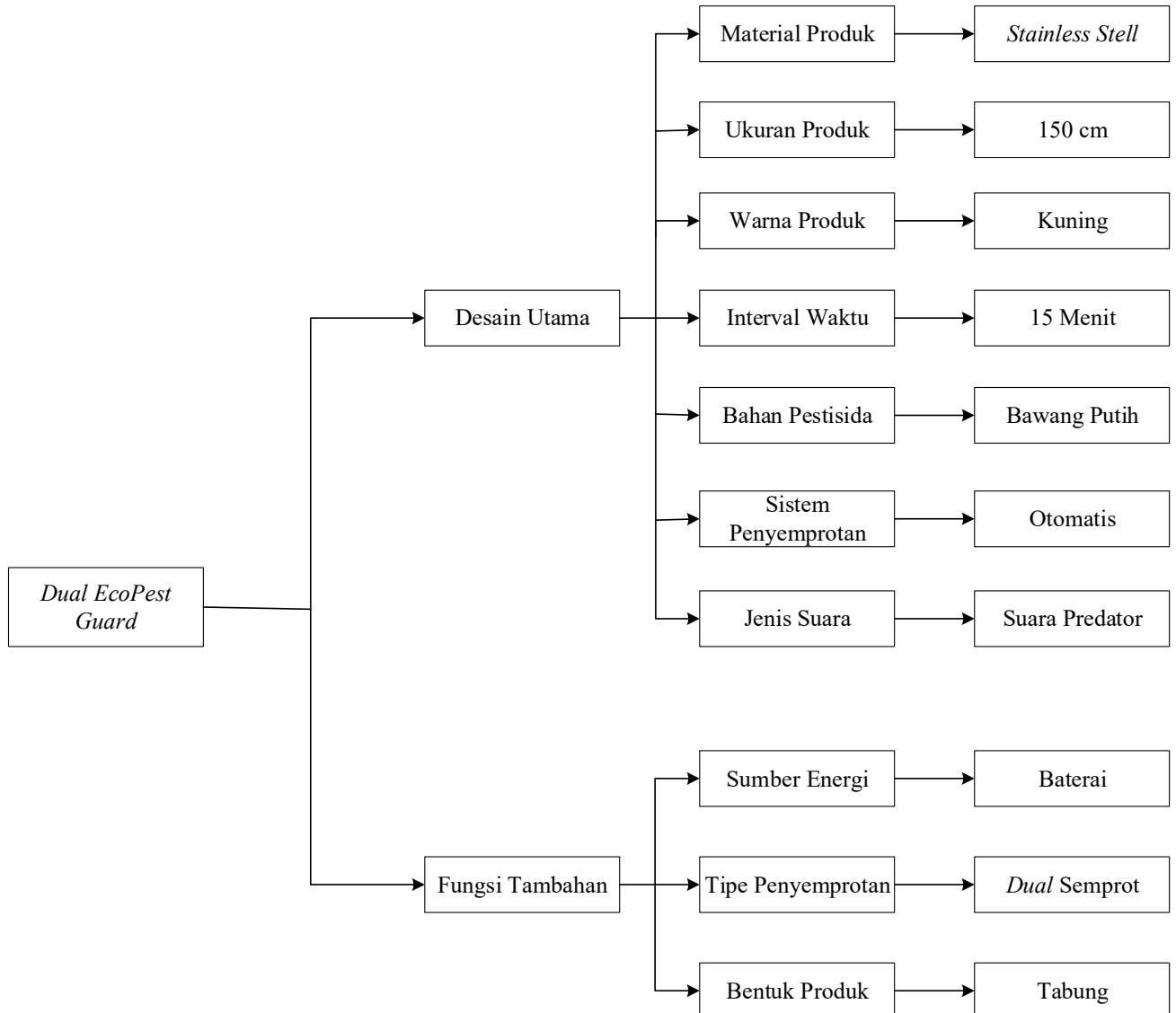
Gambar desain rancangan produk akhir *Dual EcoPest Guard* yang diperoleh dari hasil kuesioner yang sudah disebar ke beberapa responden dan digambar menggunakan *software SolidWorks* dapat dilihat pada Gambar 1.



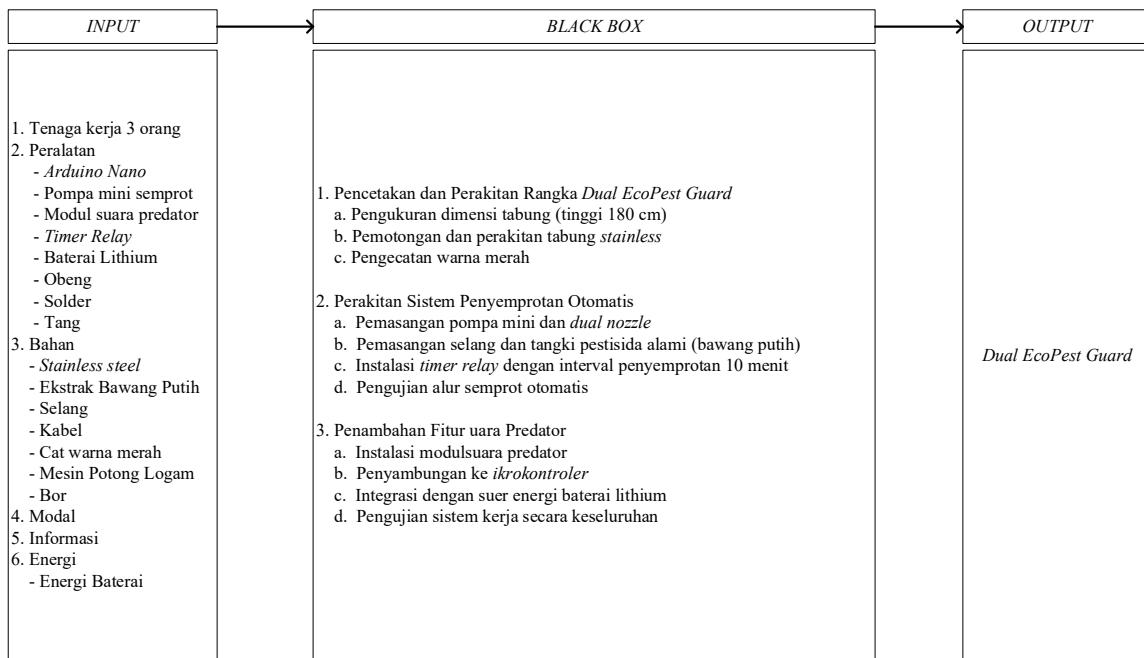
Gambar 1. Rancangan Akhir *Dual EcoPest Guard*

3.2. Problem (*Klasifikasi Tujuan dan Penetapan Fungsi*)

Hasil klarifikasi tujuan (*clarifying objectives*) produk dengan metode pohon tujuan (*objective trees*) dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Pohon Tujuan *Dual EcoPest Guard*

Black box adalah diagram fungsional yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output* suatu produk tanpa menjelaskan proses internalnya. Diagram ini dibuat untuk menyederhanakan pemahaman fungsi dasar produk sebagai dasar pengembangan desain. Hasil penetapan fungsi (*establishing function*) produk *Dual EcoPest Guard* dengan diagram *black box* dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Diagram Blackbox *Dual EcoPest Guard*

3.3. Sub Problem (Penyusunan Kebutuhan dan Penetapan Karakteristik)

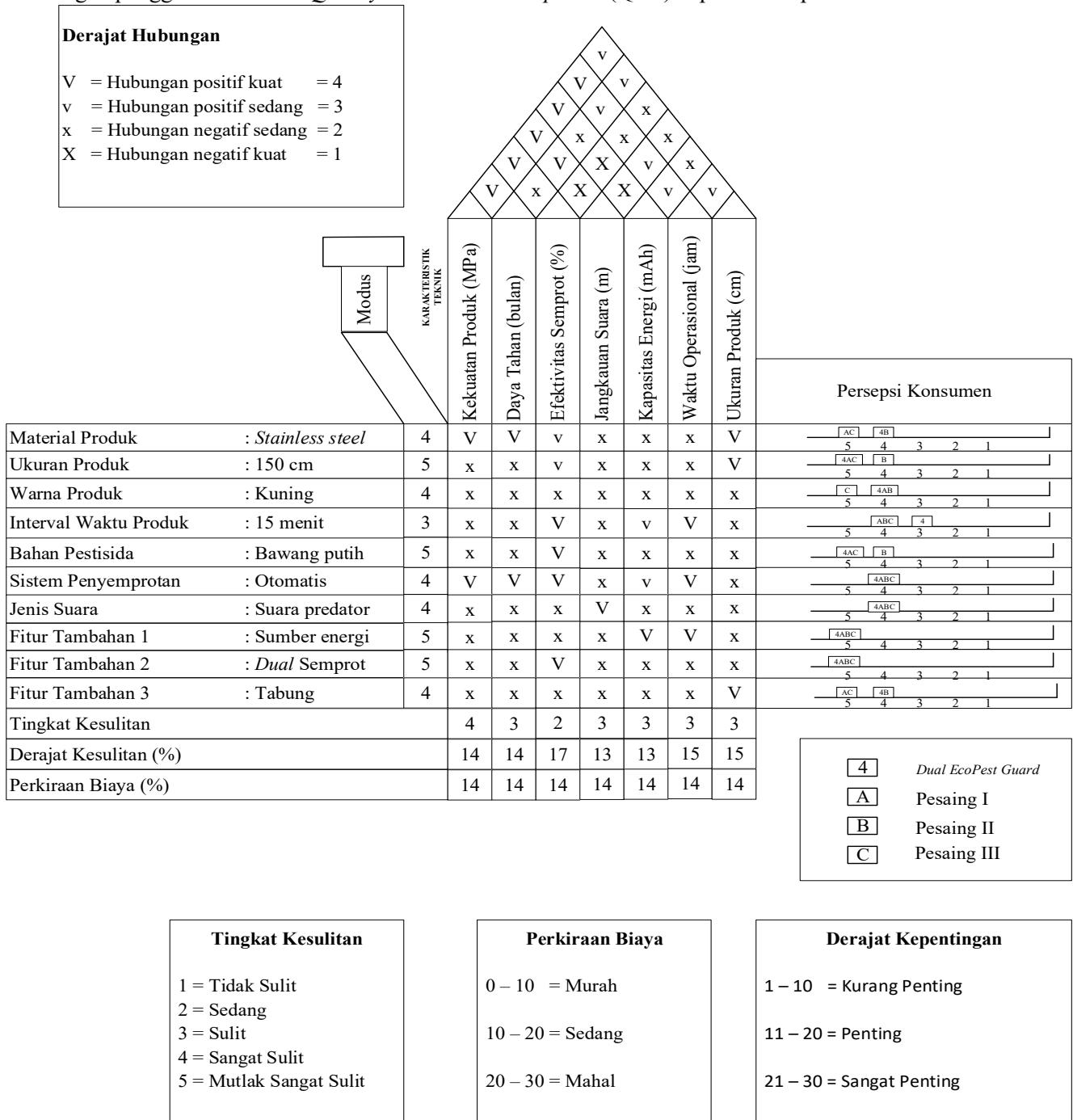
Hasil penyusunan kebutuhan (*setting requirement*) produk *Dual EcoPest Guard* dengan pemberian nilai D (*demand*) atau W (*wish*) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Produk *Dual EcoPest Guard*

No.	Atribut Brainstorming	D atau W	Atribut Kuesioner Terbuka
1	Material <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah <i>stainless steel</i>	W	Material <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah <i>stainless steel</i>
2	Ukuran <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah 180 cm	D	Ukuran <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah 150 cm
3	Warna <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah merah	D	Warna <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah kuning
4	Interval waktu penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah 10 menit	D	Interval waktu penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah 15 menit
5	Bahan pestisida <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah ekstrak bawang putih	W	Bahan pestisida <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah ekstrak bawang putih
6	Sistem penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah otomatis	W	Sistem penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah otomatis
7	Jenis suara <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah suara predator	W	Jenis suara <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah suara predator
8	Sumber energi <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah baterai	W	Sumber energi <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah baterai
9	Tipe penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah <i>dual</i> semprot	W	Tipe penyemprotan <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah <i>dual</i> semprot
10	Bentuk <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah tabung	W	Bentuk <i>Dual EcoPest Guard</i> adalah tabung

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa W (*wish*) berjumlah 7 dan D (*demand*) berjumlah 3 sehingga diperoleh $W > D$, sehingga dapat disimpulkan bahwa produk *Dual* yang akan dibuat telah cukup memenuhi keinginan konsumen.

Hasil penetapan karakteristik (*determining characteristics*) produk *Dual EcoPest Guard* yang dibuat dalam rumah mutu dengan penggunaan metode *Quality Function Development* (QFD) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Quality Function Development (QFD) Dual EcoPest Guard*

3.4. Sub Solusi (Pembangkitan Alternatif dan Evaluasi Alternatif)

Hasil pembangkitan alternatif (*generating alternatives*) produk *Dual EcoPest Guard* dengan menggunakan *Morphological Chart* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Morphological Chart Dual EcoPest Guard*

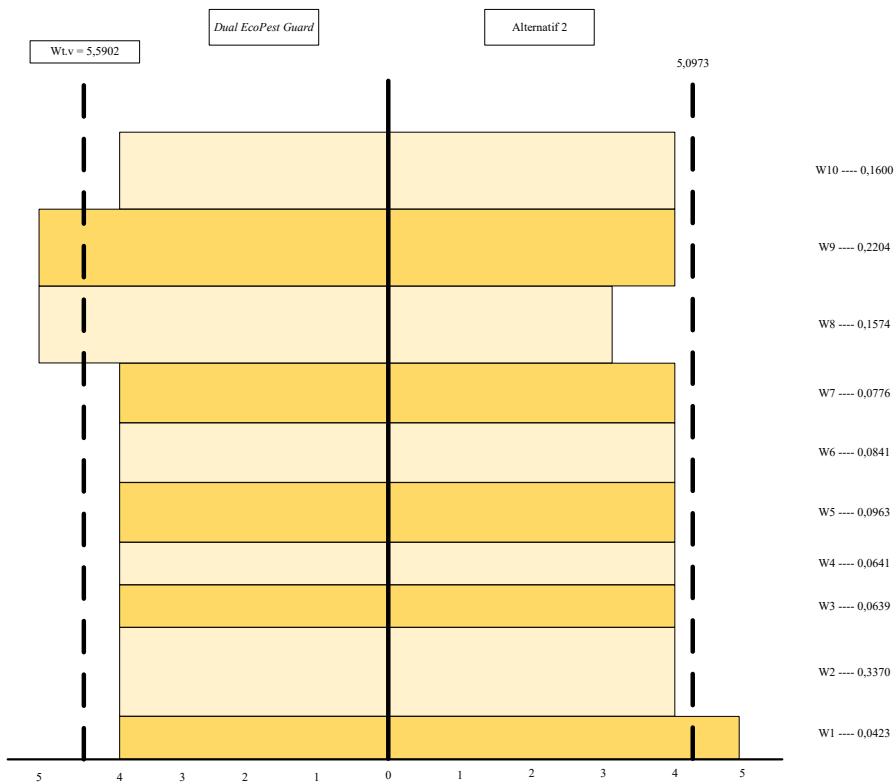
Fungsi	Cara Mencapai Fungsi		
	1	2	3
Material	Plastik	<i>Stainless Steel</i>	Aluminium
Ukuran	180	160	150 cm
Warna	Merah	Kuning	Hijau
Interval Waktu	15 Menit	10 Menit	20 Menit
Bahan Pestisida	Bintaro	Jengkol	Bawang putih
Sistem Penyemprotan	Otomatis	Jarak Dekat	Manual
Jenis Suara	Suara Kaleng	Suara Bising	Suara Predator
Fungsi Tambahan 1	Baterai	Listrik	Panel Surya
Fungsi Tambahan 2	Satu Arah	Tiga Arah	<i>Dual Semprot</i>
Fungsi Tambahan 3	Tabung	Lingkaran	Persegi
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3

Gantt Chart perbandingan alternatif *Dual EcoPest Guard* dan alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari perhitungan luas *gap* antara *Dual EcoPest Guard* dan alternatif 2, diperoleh kesimpulan luas *gap* *Dual EcoPest Guard* (2,1263) lebih kecil dari luas *gap* alternatif 3 (1,3834) sehingga produk yang terpilih adalah produk *Dual EcoPest Guard*.

3.5. Solusi (Pengembangan Perancangan)

Tahap akhir dalam proses perancangan melibatkan penerapan rekayasa nilai, yang bertujuan untuk menambah nilai produk di mata pengguna sekaligus menekan biaya produksi bagi produsen. Perkiraan harga bahan-bahan yang akan digunakan menjadi dasar dalam penetapan harga jual produk akhir. Biaya komponen yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 5. Gantt Chart Perbandingan Alternatif

Tabel 4. Biaya Komponen Produk *Dual EcoPest Guard*

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Jumlah Komponen yang Digunakan	Total Biaya (Rp)
<i>Arduino Nano</i>	60.000 / buah	1 buah	60.000
Pompa Mini Sempot	50.000 / buah	1 buah	50.000
Modul Suara Predator	45.000 / buah	1 buah	45.000
<i>Timer Relay</i>	25.000 / buah	1 buah	25.000
Baterai Lithium	20.000 / buah	1 buah	20.000
Obeng	15.000 / buah	1 buah	15.000
Solder	30.000 / set	1 set	30.000
Tang	25.000 / buah	1 buah	25.000
<i>Stainless Steel</i>	100.000 / lembar	1 lembar	100.000
Ekstrak Bawang Putih	10.000 / botol kecil	2 botol	20.000
Selang	5.000 / meter	2 meter	10.000
Kabel	2.000 / meter	5 meter	10.000
Cat Warna Merah	20.000 / kaleng kecil	1 kaleng	20.000
Mesin Potong Logam	1.500.000 / unit	1 unit (sudah tersedia)	0 (aset)
Bor	500.000 / unit	1 unit (sudah tersedia)	0 (aset)
Total			430.000

Penilaian terhadap alternatif produk *Dual EcoPest Guard* dilakukan dengan menekan biaya melalui pengurangan jumlah komponen serta mengganti komponen dengan versi yang lebih ekonomis, namun tetap mempertahankan spesifikasi dan kualitas yang setara dengan komponen sebelumnya. Hasil Evaluasi Harga Produk *Dual EcoPest Guard* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Harga Komponen Produk *Dual EcoPest Guard*

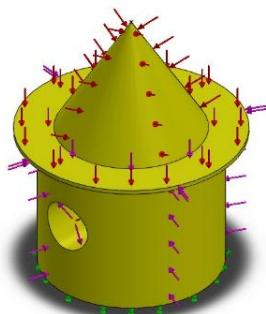
Komponen	Harga Awal (Rp)	Harga Setelah Perbaikan (Rp)
<i>Arduino Nano</i>	60.000 / buah	30.000 / buah
Pompa Mini Semprot	50.000 / buah	35.000 / buah
Modul Suara Predator	45.000 / buah	30.000 / buah
<i>Timer Relay</i>	25.000 / buah	20.000 / buah
Baterai Lithium	20.000 / buah	15.000 / buah
Obeng	15.000 / buah	10.000 / buah
Solder	30.000 / set	25.000 / set
Tang	25.000 / buah	20.000 / buah
<i>Stainless Steel</i>	100.000 / lembar	80.000 / lembar

Tabel 5. Hasil Evaluasi Harga Komponen Produk *Dual EcoPest Guard* (Lanjutan)

Komponen	Harga Awal (Rp)	Harga Setelah Perbaikan (Rp)
Ekstrak Bawang Putih	10.000 / botol kecil	8.000 / botol kecil
Selang	5.000 / meter	3.000 / meter
Kabel	2.000 / meter	1.500 / meter
Cat Warna Merah	20.000 / kaleng kecil	15.000 / kaleng kecil
Total		383.500

3.6. Simulasi Produk dengan Software SolidWorks

Simulasi produk *Dual EcoPest Guard* dilakukan dengan menggunakan software *SolidWorks*. Dari hasil *mass properties* dan *Simulation Xpress* dapat diperoleh kesimpulan bahwa dari hasil *mass properties* diperoleh massa sebesar 382,501 kg dan dari hasil *Simulation Xpress* didapatkan bahwa produk *Dual EcoPest Guard* memiliki *tensile strength* sebesar 3.748,51 N/m². Gambar simulasi menggunakan software *Solidworks* dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Hasil Simulasi Produk *Dual EcoPest Guard*

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan alat pengusir hama otomatis berbasis bahan alami bernama *Dual EcoPest Guard* sebagai solusi pengendalian hama yang efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, serta kebutuhan pengguna. Proses perancangan dilakukan secara sistematis menggunakan pendekatan *Nigel Cross* yang mencakup klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, hingga identifikasi karakteristik teknis melalui metode *Quality Function Deployment* (QFD). Hasil analisis menunjukkan bahwa keinginan konsumen (W) lebih banyak dibandingkan kebutuhan (D), menandakan bahwa desain produk telah mampu memenuhi ekspektasi pengguna. Produk ini mengintegrasikan berbagai karakteristik seperti penggunaan pestisida alami dari limbah pertanian, sistem kerja otomatis berbasis suara dan penyemprotan, serta pemanfaatan material bekas, yang memperkuat nilai keberlanjutannya. Dari sisi ekonomis, penerapan rekayasa nilai berhasil menekan biaya produksi dari Rp430.000 menjadi lebih efisien tanpa menurunkan kualitas, sedangkan simulasi menggunakan *SolidWorks* menunjukkan bahwa produk memiliki kekuatan struktur yang layak dengan massa 382,501 kg dan *tensile strength* 3.748,51 N/m². Dengan demikian, *Dual EcoPest Guard* dinilai layak untuk diproduksi dan dikembangkan sebagai alat pengusir hama yang tidak hanya fungsional dan ekonomis, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

Referensi

- [1] M. Y. Hardiansyah and B. Pertanian, “Pengusir Hama Burung Pemakan Padi Otomatis dalam Menunjang Stabilitas Pangan Nasional,” *Jurnal ABDI*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [2] L. Kecamatan *et al.*, “Penyuluhan Pemanfaatan Limbah Kulit Jengkol Sebagai Pestisida Alami di Desa”, doi: 10.31604/jpm.v6i8.2806-2810.
- [3] M. H. Afif, R. Sanjaya, S. Sauri, and S. M. Prasetyo, “Sistem Perangkat Hama Burung Emprit Atau Pipit Berbasis Sensor PIR Dan IoT,” 2023. [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>
- [4] S. Nurochim and A. N. Rukmana, “Perancangan Produk Waistbag dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD),” *Jurnal Riset Teknik Industri*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [5] S. Zulkifli, A. L. Kakerissa, and A. Tutuhatunewa, “Redesain Masker Sebagai Alat Pelindung Diri Bagi Mahasiswa TI dengan Menggunakan Metode Nigel Cross,” 2021.
- [6] M. A. Alifandi and F. Yuamita, “Perencanaan dan Perancangan Produk Wastafel dan Fitur Sabun Otomatis Dengan Metode Nigel Cross,” *Jurnal Universal Technic*, vol. 2, no. 2, 2023.
- [7] M. A. A. Azhari, C. Sw, and L. Irianti, “Rancangan Produk Sepatu Olahraga Multifungsi Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD),” vol. 3, no. 4, 2015.
- [8] D. L. Trenggonowati, “Metode Pengembangan Produk QFD Untuk Meningkatkan Daya Saing Perusahaan,” 2017.
- [9] A. Lilianti and Safuan, “Optimasi Kualitas Pelayanan dan Jasa: Tinjauan Implementasi Quality Function Deployment,” 2024.
- [10] F. Sulaiman, “Desain Produk : Rancangan Tempat Lilin Multifungsi dengan Pendekatan 7 Langkah Nigel Cross,” 2017.
- [11] H. MZ, I. Pratiwi, T. Tamalika, and I. Husin, “Analisis Sistem Antrian dengan Metode Simulasi,” 2019.
- [12] S. Sibuea, W. P. Hutabarat, and A. C. Sembiring, “Relayout Gudang Produk Jadi PT. Jaya Beton Indonesia Menggunakan Metode Systematic Layout Planning dan Corelap,” 2020.
- [13] S. Oktaviani and Y. Mauluddin, “Perancangan Alat Bantu Pemotong Kerupuk untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi UMKM Samawi,” 2021.
- [14] Y. R. U. Sitanggang, “Penyegaran Tentang Metode Penelitian Ilmiah Untuk Widya Iswara,” 2019.
- [15] S. R. Wiraghani and M. A. Prasnowo, “Perancangan dan Pengembangan Produk Alat Potong Ssol Sandal,” *Teknika : Engineering and Sains Journal*, vol. 1, no. 1, p. 76, 2017.