



PAPER – OPEN ACCESS

Perancangan Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1 dengan Metode Nigel Cross

Author : Mahda Utami, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2628
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



Perancangan Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1 dengan Metode Nigel Cross

Mahda Utami*, Ruth Adelia Ompusunggu, Anisyah Paramita, Eza Fikri Elfryandi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jln. Dr. T. Mansyur No. 9 Padang Bulan, Medan 20222,
Indonesia

mahdautami122@gmail.com, ruthadelia06@gmail.com, anisyahhrp068@gmail.com, ezafikrielfryandi@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat serta meningkatnya mobilitas masyarakat modern mendorong permintaan akan perangkat rumah tangga yang lebih cerdas, otomatis, dan ramah lingkungan. Salah satu kebutuhan utama adalah perangkat pembersih yang tidak hanya efisien tetapi juga mampu menjalankan beberapa fungsi sekaligus secara mandiri. Menanggapi kebutuhan ini, dikembangkan produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* yang mampu menyedot debu, mengepel, dan mengangkat sampah dalam satu perangkat. Proses perancangannya dilakukan secara sistematis dengan menggunakan metode *Nigel Cross*, yang dikenal efektif dalam merancang produk berbasis kebutuhan pengguna. Tahapan dalam perancangan mencakup klarifikasi tujuan menggunakan *Objectives Tree*, penetapan fungsi dengan pendekatan *Black Box System*, identifikasi kebutuhan melalui analisis 5W+1H, dan penentuan karakteristik teknis dengan *Quality Function Deployment* (QFD). Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) diterapkan untuk menentukan prioritas setiap atribut secara sistematis, sementara *Morphological Chart* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengembangkan berbagai alternatif desain. Data diperoleh melalui brainstorming dan kuesioner kepada 37 responden. Hasil menunjukkan bahwa 70% atribut tergolong *wish*, menunjukkan kesesuaian dengan preferensi konsumen. Produk yang dirancang menonjol dalam fitur fungsional, kontrol berbasis aplikasi, serta penggunaan bahan daur ulang. Jika dibandingkan dengan produk sejenis, perangkat ini memiliki keunggulan pada hampir seluruh aspek. Dengan tingkat kesulitan teknis yang moderat dan biaya produksi yang efisien, metode *Nigel Cross* terbukti mampu menghasilkan desain yang inovatif, berkelanjutan, dan kompetitif.

Kata Kunci: AHP; Desain Produk; Inovasi; Nigel Cross, QFD, Vacuum Cleaner Robot.

Abstract

The rapid development of technology and the increasing mobility of modern society are driving the demand for smarter, more automated and environmentally friendly household devices. One of the main needs is a cleaning device that is not only efficient but also able to perform several functions at once independently. In response to this need, a 3 in 1 Robotic Vacuum Cleaner product was developed that is capable of vacuuming, mopping, and lifting garbage in one device. The design process was carried out systematically using the *Nigel Cross* method, which is known to be effective in designing products based on user needs. Stages in the design include clarifying objectives using *Objectives Tree*, determining functions using *Black Box System* approach, identifying needs through 5W+1H analysis, and determining technical characteristics using *Quality Function Deployment* (QFD). The *Analytic Hierarchy Process* (AHP) method was applied to systematically prioritize each attribute, while the *Morphological Chart* was used to identify and develop various design alternatives. Data was obtained through brainstorming and questionnaires to 37 respondents. Results showed that 70% of the attributes were classified as *wish*, indicating conformity with consumer preferences. The designed product stands out in functional features, app-based control, as well as the use of recycled materials. When compared to similar products, the device has advantages in almost all aspects. With a moderate level of technical difficulty

and efficient production costs, the Nigel Cross method proved capable of producing innovative, sustainable and competitive designs.

Keywords: AHP; Product Design; Innovation; Nigel Cross; QFD, Robotic Vacuum Cleaner.

1. Pendahuluan

Vacuum cleaner adalah alat yang memanfaatkan pompa udara untuk mengeluarkan debu dan kotoran dari karpet atau lantai [1]. Salah satu aspek penting adalah kebersihan lantai, namun tugas ini sering dianggap repetitif, melelahkan, dan memakan waktu, terutama dengan meningkatnya kesibukan. Akibatnya, banyak orang kurang memperhatikan kebersihan lingkungan. Padahal, menjaga kebersihan lantai memerlukan upaya berkelanjutan, bukan hanya pada pagi atau sore hari [2]. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengembangan sistem pembersih debu otomatis mulai dilakukan. Salah satu pendekatan yang dapat diambil adalah merancang sistem yang dapat beroperasi secara otomatis maupun manual. Melalui integrasi *Internet of Things* (IoT), pengguna dapat mengontrol perangkat ini dari jarak jauh tanpa perlu melakukan pengawasan langsung [3]. Debu atau serpihan kecil seperti potongan kertas sering kali tidak terlihat pada lantai yang tampak bersih. Kegiatan membersihkan lantai membutuhkan banyak waktu dan tenaga, terutama bagi ibu rumah tangga yang juga memiliki tanggung jawab pekerjaan lainnya. Keadaan ini mendorong lahirnya inovasi berupa robot vacuum cleaner otonom yang bertujuan untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut [4].

Nigel Cross adalah salah satu pendekatan yang dikenal untuk perancangan produk dan perumusan strategi melalui pendekatan rasional. *Nigel Cross* mengembangkan sebuah metode perancangan yang terdiri dari tujuh langkah [5], yang mencakup: (a) Klarifikasi tujuan produk merupakan tahap di mana desain produk ditentukan dengan jelas, di mana tujuan dari desain tersebut dijabarkan secara rinci. (b) Penetapan fungsi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil perancangan dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan permasalahan yang mungkin ada pada produk. (c) Penyusunan kebutuhan dilakukan setelah fungsi produk ditetapkan, dengan tujuan memperinci semua kebutuhan sesuai spesifikasi yang diperlukan selama proses pembuatan produk, agar hasilnya lebih akurat. (d) Penentuan karakteristik bertujuan untuk mendeskripsikan sifat-sifat produk, termasuk ukuran dan aspek estetika. (e) Pembangkitan alternatif mencakup perancangan solusi untuk setiap permasalahan yang ada, sehingga dapat melahirkan berbagai alternatif untuk mencapai penyelesaian yang efektif. (f) Evaluasi alternatif berfungsi untuk memastikan semua kebutuhan konsumen terjawab dengan memilih solusi terbaik dari pilihan yang ada. (g) Rincian perbaikan menitikberatkan pada dua prinsip utama, yaitu meningkatkan nilai produk serta mengurangi biaya selama proses produksi, demi menghasilkan solusi akhir yang efisien dan fungsional [6].

Flowchart adalah representasi visual yang menunjukkan langkah-langkah dan urutan proses yang terlibat dalam sebuah program [7]. Tahap klarifikasi tujuan menggunakan pohon tujuan untuk memastikan desain produk sesuai. Pohon tujuan adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara tujuan dan sub-tujuan [8]. Kemudian, dalam tahap penetapan fungsi, digunakan *Function Analysis* yang menjelaskan sistem *input-output* dalam produksi menggunakan prinsip *blackbox* [9]. Pada tahap penyusunan kebutuhan, diterapkan *Performance Specification Model* untuk merumuskan spesifikasi teknis yang akurat dan sesuai dengan fungsi yang diharapkan [10]. Dalam penyusunan kebutuhan, diterapkan *Performance Specification Model* untuk membuat spesifikasi teknis yang tepat. Untuk menentukan karakteristik produk, digunakan *Quality Function Deployment* (QFD) agar kebutuhan konsumen terwujud dalam spesifikasi produk [11]. Untuk tahap pembangkitan alternatif, digunakan *Morphological Chart* yang menghasilkan berbagai alternatif desain berdasarkan analisis fungsi, dengan mengombinasikan pilihan solusi dari setiap fungsi utama produk [12]. Pada tahap evaluasi alternatif, digunakan metode *Weighted Objectives* untuk membandingkan nilai setiap alternatif berdasarkan bobot tujuan yang berbeda, sehingga dapat dipilih solusi terbaik secara objektif [13]. Terakhir, pada tahap rincian perbaikan, diterapkan *Value Engineering*, yaitu pendekatan tim yang terstruktur dan berfungsi untuk meningkatkan nilai produk dengan mengidentifikasi serta menghilangkan biaya yang tidak perlu tanpa mengurangi kinerja, demi mencapai efisiensi biaya sepanjang siklus hidup produk [14].

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu pendekatan yang efektif untuk mempercepat serta mempermudah proses pengambilan keputusan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penilaian dalam AHP dilakukan menggunakan teknik perbandingan berpasangan, dengan memanfaatkan analisis dari para ahli untuk menetapkan skala prioritas yang sesuai [15]. Dalam proses pengembangan dan perancangan produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* yang memenuhi kebutuhan serta keinginan pelanggan, metode *Quality Function Deployment* (QFD) dapat digunakan. QFD sendiri adalah metode terstruktur yang berperan dalam merencanakan dan mengembangkan produk, memungkinkan identifikasi spesifikasi kebutuhan serta harapan pelanggan. Selain itu, QFD juga membantu menilai sejauh mana produk atau layanan yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan tersebut [16].

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah meningkatnya kesibukan masyarakat yang menyebabkan aktivitas membersihkan lantai terabaikan karena sifatnya yang repetitif, melelahkan, dan memakan waktu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* yang mampu menyedot debu, mengepel, dan mengangkat sampah dalam satu perangkat praktis yang mudah dikendalikan, hemat energi, ramah lingkungan, serta sesuai dengan preferensi pengguna. Rancangan dilakukan melalui pendekatan sistematis dan berbasis data untuk menghasilkan spesifikasi teknis dan fitur yang efisien, fungsional, dan kompetitif.

2. Metodologi Penelitian

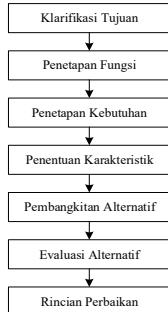
Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode *brainstorming* dan survei pasar. Teknik *brainstorming* dimanfaatkan untuk secara cepat mengumpulkan berbagai gagasan awal dalam sebuah diskusi kelompok. Sebelum survei dilaksanakan, jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus *Slovin*, yang menghasilkan total 37 responden. Survei ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kebutuhan dan preferensi konsumen, dengan langkah-langkah meliputi penyusunan kuesioner, distribusi, pengujian validitas dan reliabilitas, serta penyesuaian rancangan berdasarkan data yang telah terverifikasi [17].

Pada penelitian ini, perancangan produk dilakukan dengan pendekatan metode dari *Nigel Cross* guna mengidentifikasi serta memahami harapan dan kebutuhan pengguna terhadap produk yang dikembangkan. Pendekatan ini mencakup tujuh langkah utama yaitu klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, penetapan kebutuhan, penentuan karakteristik, pembangkitan alternatif, evaluasi alternatif, serta rincian perbaikan. Masing-masing tahapan tersebut memiliki teknik pelaksanaan tersendiri, sebagaimana dijabarkan dalam Tabel 1 [18].

Tabel 1. Tahapan pada *Nigel Cross*

No .	Tahapan dalam Proses Perancangan	Metode yang Relevan	Tujuan
1.	Klarifikasi Tujuan	<i>Objectives Tree</i>	Untuk membantu mengidentifikasi tujuan dan subtujuan serta menggambarkan hubungan hierarkis di antara keduanya dalam bentuk diagram.
2.	Penetapan Fungsi	<i>Function Analysis</i>	Untuk memahami inti permasalahan dari berbagai tingkatan, baik umum maupun rinci.
3.	Penetapan Kebutuhan	<i>Performance Spesification</i>	Untuk menyusun spesifikasi desain secara akurat sebagai dasar dalam proses perancangan.
4.	Penentuan Karakteristik	<i>Quality Function Deployment</i>	Untuk menghubungkan kebutuhan konsumen dengan aspek teknis dan memastikan kesesuaian desain serta produksi.
5.	Pembangkitan Alternatif	<i>Morphological Chart</i>	Untuk menciptakan berbagai pilihan desain sebagai solusi dari masalah perancangan.
6.	Evaluasi Alternatif	<i>Weighted Objectives</i>	Untuk memilih solusi desain terbaik dari berbagai pilihan yang tersedia agar hasil perancangan sesuai dengan keinginan konsumen.
7.	Rincian Perbaikan	<i>Value Engineering</i>	Untuk meningkatkan nilai bagi konsumen, seperti dari segi tampilan dan fungsi, atau untuk menekan biaya bagi produsen.

Langkah-langkah penelitian yang diterapkan dalam *nigel cross* produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* dapat dilihat pada Gambar 1.

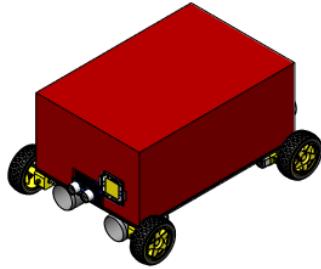


Gambar 1. Langkah-langkah dalam Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Spesifikasi Produk Akhir

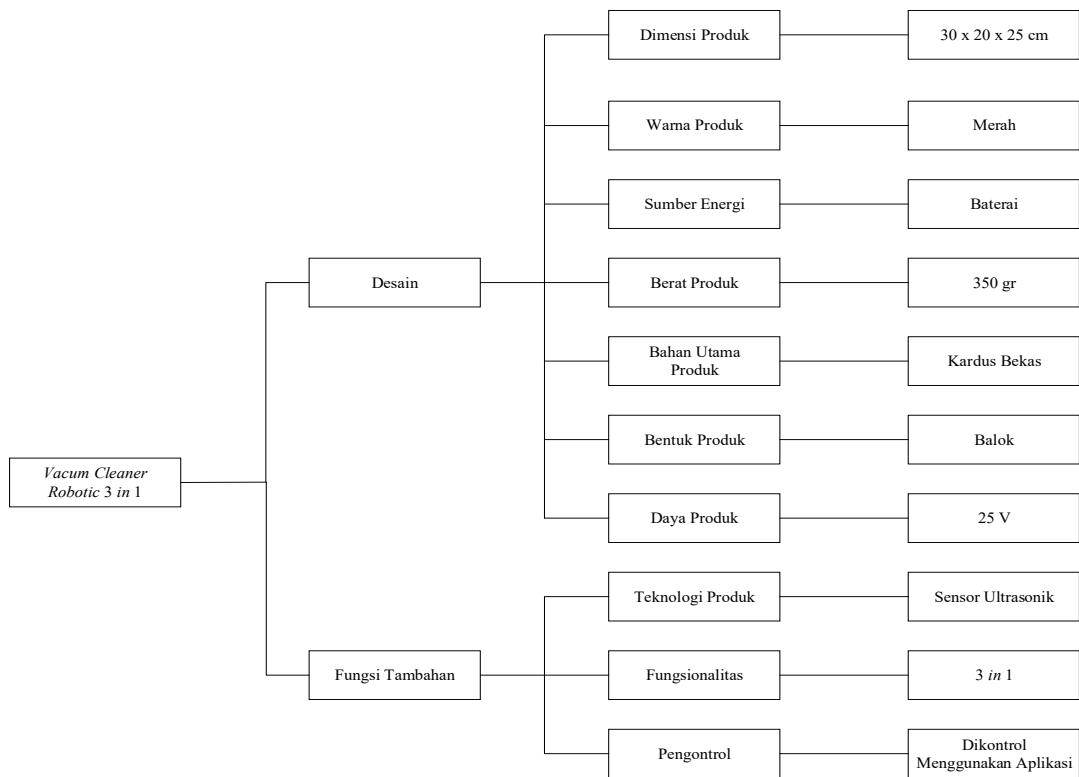
Hasil dari spesifikasi produk akhir yang dibuat oleh Kelompok IX/A dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Akhir Produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1*

3.2. Klarifikasi Tujuan

Pohon tujuan digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan tujuan perancangan produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1*. Struktur hierarkisnya menunjukkan hubungan antara sasaran utama dan elemen desain, seperti dimensi 30 x 20 x 25 cm, warna merah, baterai sebagai sumber energi, berat 350 gram, bahan kardus bekas, bentuk balok, daya 25V, serta fitur sensor ultrasonik, fungsi 3 in 1, dan kontrol aplikasi. Visualisasi tujuan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pohon Tujuan Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1

3.3. Penetapan Fungsi

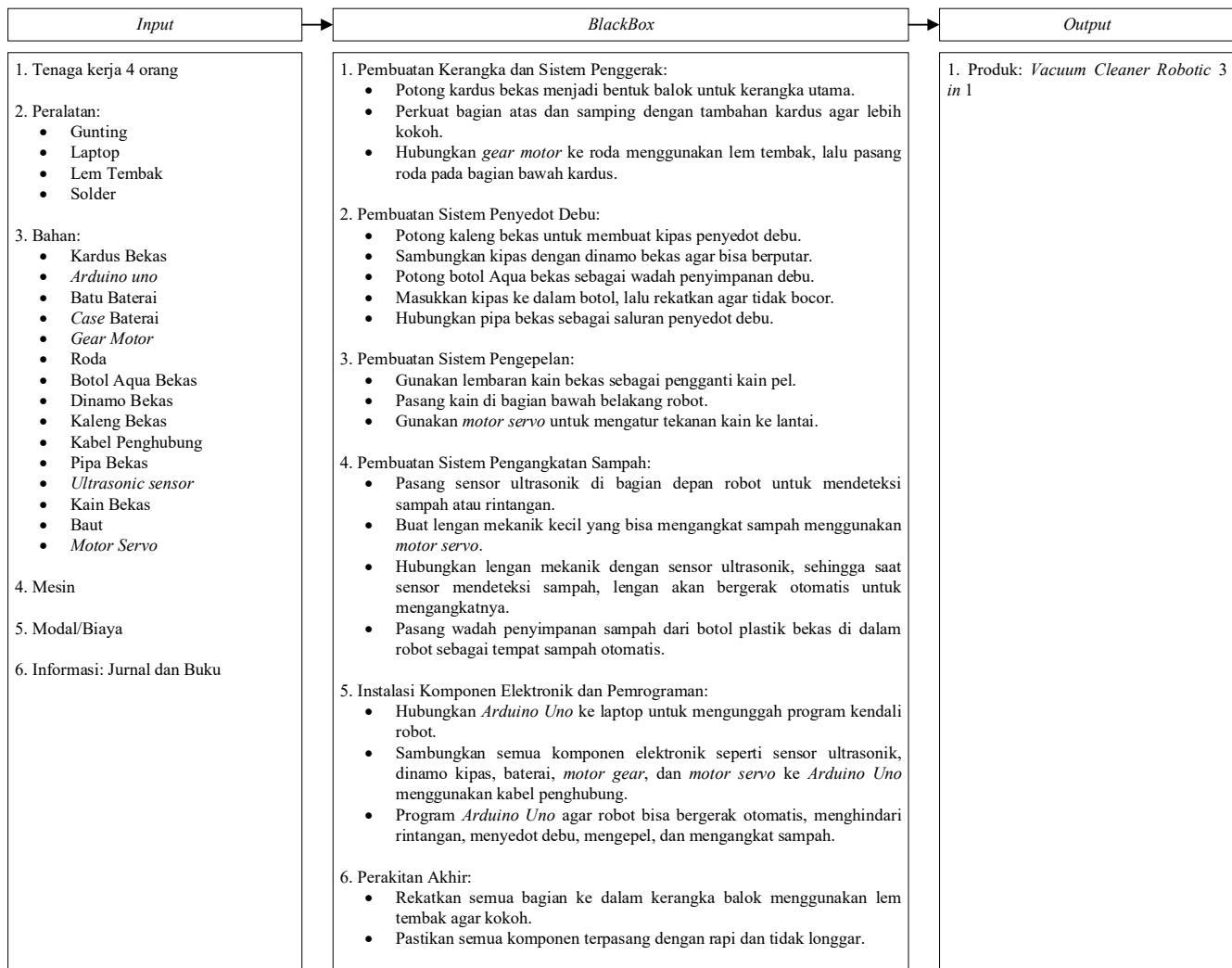
Perancangan produk secara keseluruhan dilakukan melalui transformasi *input-output* menggunakan pendekatan *black box*. Gambaran fungsi dari rancangan tersebut dapat dilihat pada diagram fungsi seperti pada Gambar 4.

3.4. Penetapan Kebutuhan

Penetapan kebutuhan menggunakan klasifikasi *Demand* (D) dari konsumen dan *Wish* (W) dari perancang, untuk memetakan kebutuhan secara terarah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Ditetapkan pada Kuesioner Terbuka

No.	Hasil Brainstorming	D atau W	Kuesioner Terbuka
1.	Produk memiliki dimensi 30 x 20 x 25 cm	W	Produk memiliki dimensi 30 x 20 x 25 cm
2.	Produk berwarna merah dan hitam	D	Produk berwarna merah
3.	Produk memiliki sumber energi yaitu baterai	W	Produk memiliki sumber energi yaitu baterai
4.	Produk memiliki berat 300 gr	D	Produk memiliki berat 350 gr
5.	Produk berbahan utama kardus bekas	W	Produk berbahan utama kardus bekas
6.	Produk berbentuk balok	W	Produk berbentuk balok
7.	Produk memiliki daya 12 V	D	Produk memiliki daya 25 V
8.	Produk memiliki fitur sensor ultrasonik	W	Produk memiliki fitur sensor ultrasonik
9.	Produk memiliki fitur 3 in 1	W	Produk memiliki fitur 3 in 1
10.	Produk dapat dikontrol menggunakan aplikasi	W	Produk dapat dikontrol menggunakan aplikasi



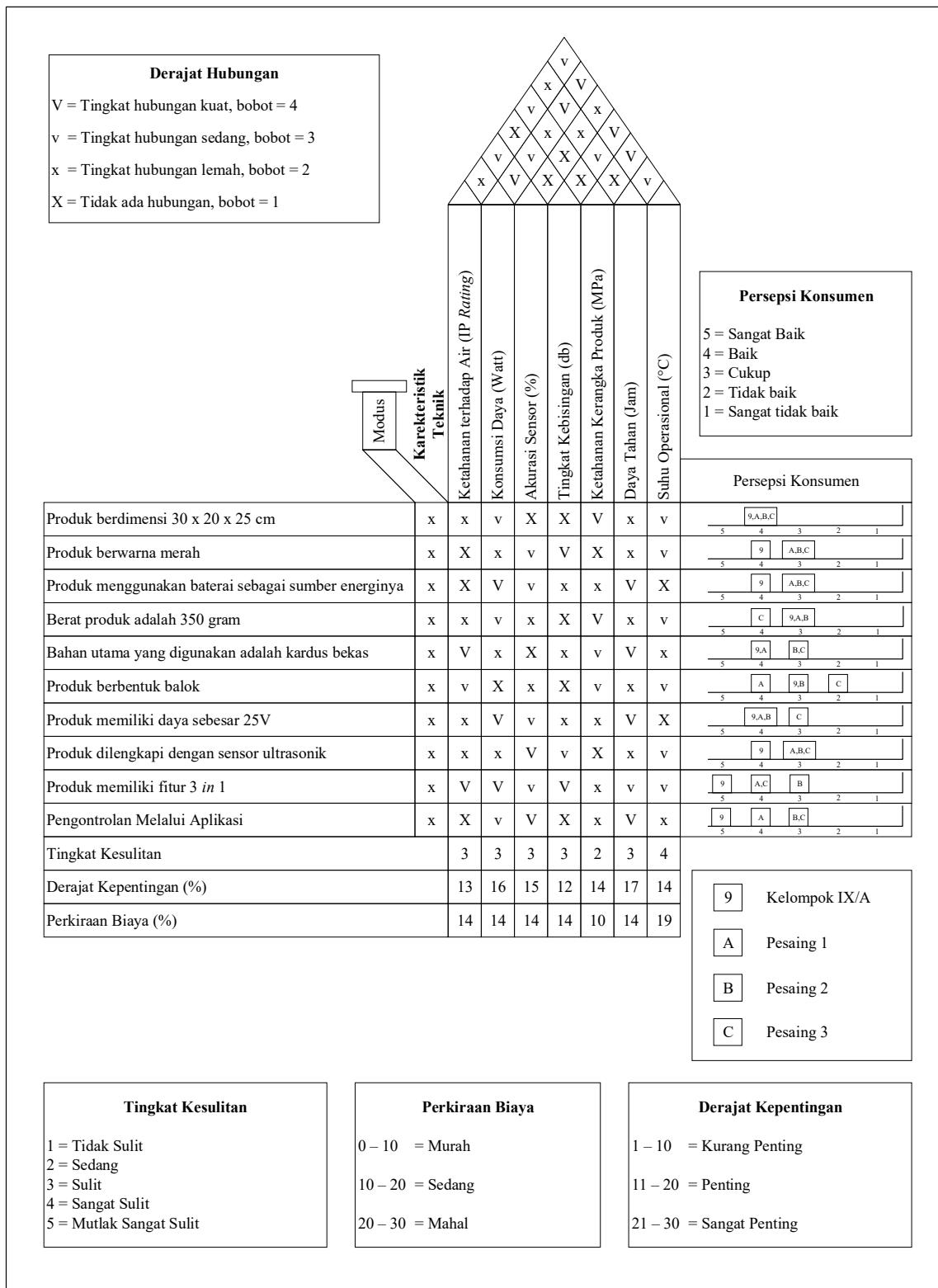
Gambar 4. Diagram Black Box Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1

3.5. Penentuan Karakteristik

Dalam memahami preferensi pelanggan, langkah penting adalah mengidentifikasi fitur-fitur yang relevan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk tujuan ini adalah *Quality Function Deployment* (QFD) dengan pendekatan *House of Quality*. Hasil akhir dari penerapan QFD ini dapat dilihat pada Gambar 5.

3.6. Pembangkitan Alternatif

Alternatif-alternatif produk dikembangkan sebagai solusi untuk desain produk, dan area pencarinya diperluas dengan menggunakan *Morphological Chart* yang ditampilkan pada Tabel 3.



Gambar 5. *Quality Function Development (QFD) Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1*

Tabel 3. Kombinasi Solusi Rancangan Produk Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1

Fungsi	Cara Mencapai Tujuan		
	1	2	3
Dimensi Produk	35 x 20 x 25 cm	30 x 20 x 25 cm	25 x 18 x 20 cm
Warna Produk	Hitam	Putih	Merah
Sumber Energi	Baterai	Listrik	Panel Surya
Berat Produk	250 gr	500 gr	350 gr
Bahan Utama	Plastik Daur Ulang	Kardus bekas	Aluminium
Bentuk Produk	Kubus	Oval	Balok
Daya Produk	20 V	25 V	30 V
Teknologi Produk	Sensor Ultrasonik	Sensor Infrared	Sensor Kamera
Fungsionalitas	Fitur Penyaring HEPA	Fitur Mode Otomatis	Fitur 3 in 1
Produk			
Pengontrol	Remote Control	Aplikasi Mobile	Panel Manual

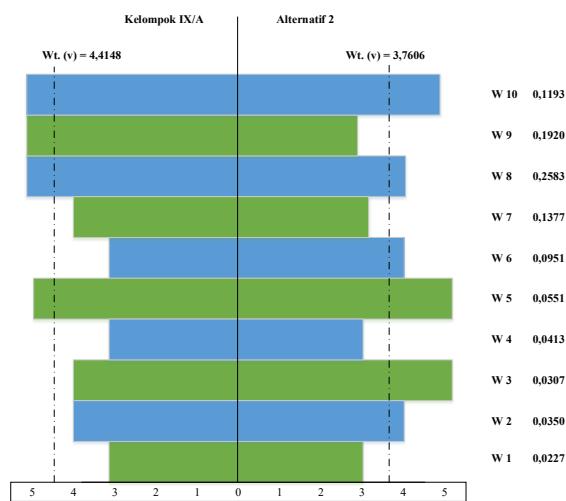
Alternatif 1

Alternatif 2

Alternatif 3

3.7. Evaluasi Alternatif

Perhitungan luas *gap* menunjukkan bahwa kelompok IX/A memiliki nilai *gap* sebesar 0,8282, lebih kecil dibandingkan alternatif 2 yang sebesar 1,2389, sehingga produk dari kelompok IX/A dipilih sebagai solusi terbaik. Berdasarkan analisis *gantt chart*, atribut teknologi produk memiliki bobot tertinggi, sementara atribut warna produk memiliki bobot terendah. Profil nilai perbandingan kelompok IX/A dan alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Profil Nilai Perbandingan Kelompok IX/A dan Alternatif 2

3.8. Rincian Perbaikan

Harga jual produk ditetapkan berdasarkan perkiraan harga tiap komponen produksi, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Harga Tiap Komponen yang Akan Digunakan

Komponen	Harga Komponen	Jumlah Komponen yang Dibutuhkan	Total Harga
Kardus Bekas	Rp. 5.000	5 buah	Rp. 25.000
<i>Arduino Uno</i> R3 SMD ATMEGA328PB-U IC CH340 Mega	Rp. 45.000	1 buah	Rp. 250.000
Batu Baterai	Rp. 3.000	1 buah	Rp. 3.000
Case Baterai	Rp. 7.000	1 buah	Rp. 7.000
Gear Motor	Rp. 97.000	1 buah	Rp. 97.000
Roda	Rp. 5.000	4 buah	Rp. 20.000
Botol Aqua Besar	Rp. 950.00	1 buah	Rp. 950.00
Dinamo Kecil	Rp. 4.500	1 buah	Rp. 4.500
Kaleng Bekas	Rp. 2.500	1 buah	Rp. 2.500
Kabel penghubung	Rp. 33.000	1 buah	Rp. 33.000
Pipa Bekas	Rp. 5.000	1 meter	Rp. 5.000
Ultrasonic Sensor	Rp. 15.000	1 buah	Rp. 15.000
Kain Bekas	Rp. 15.000	1 meter	Rp. 15.000
Baut	Rp. 2.000	6 buah	Rp. 12.000
Motor Servo	Rp. 14.000	1 buah	Rp. 14.000
Total			Rp. 503.950

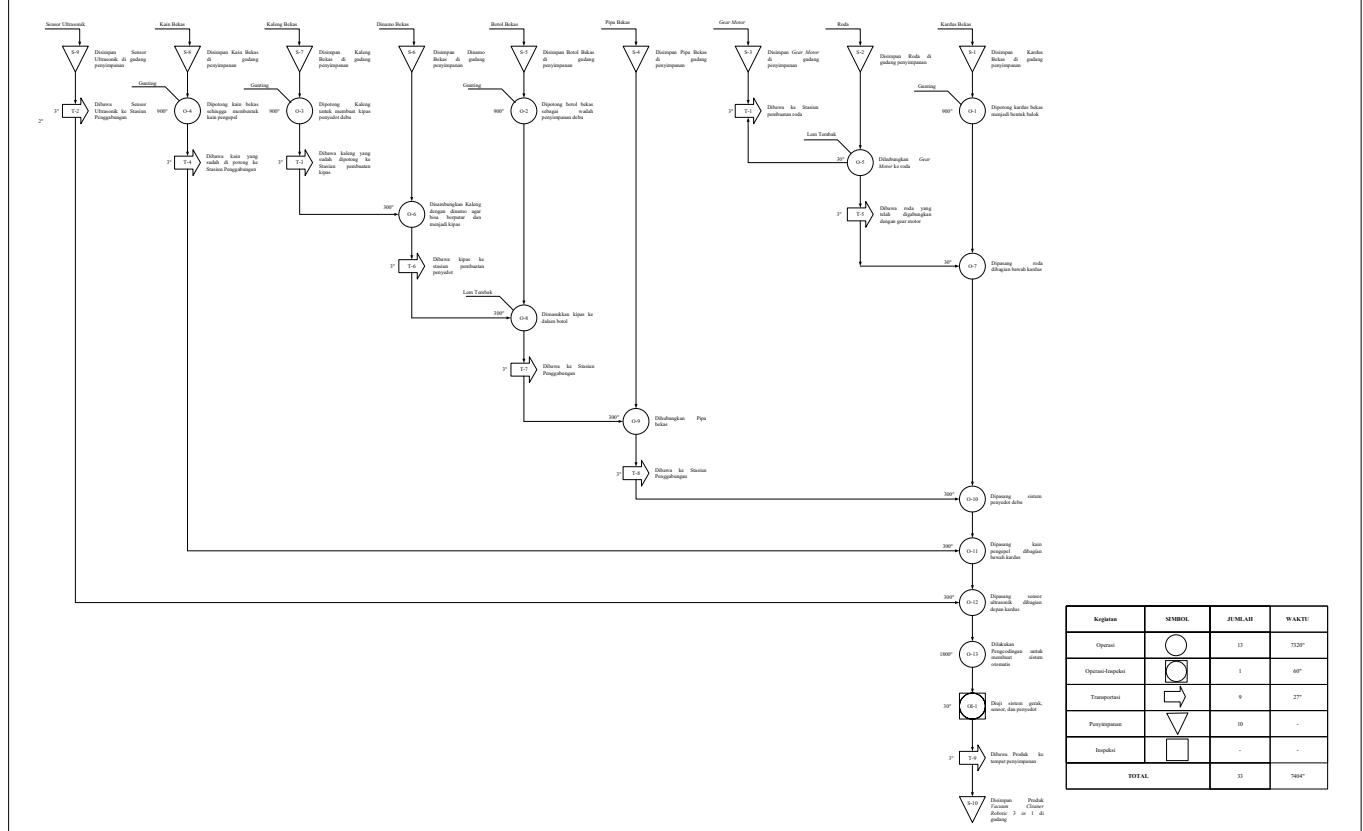
Hasil evaluasi melalui rekayasa nilai menunjukkan penghematan biaya dengan mengganti komponen *Arduino Uno* R3 CH340G Atmega 328 Motheboard dengan *Arduino Uno* R3 SMD ATMEGA328PB-U IC CH340 Mega. Rincian evaluasi harga ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Evaluasi Penurunan Harga

Komponen	Harga Komponen	Jumlah Komponen yang Dibutuhkan	Total Harga
Kardus Bekas	Rp. 5.000	5 buah	Rp. 25.000
<i>Arduino Uno</i> R3 SMD ATMEGA328PB-U IC CH340 Mega	Rp. 45.000	1 buah	Rp. 45.000
Batu Baterai	Rp. 3.000	1 buah	Rp. 3.000
Case Baterai	Rp. 7.000	1 buah	Rp. 7.000
Gear Motor	Rp. 97.000	1 buah	Rp. 97.000
Roda	Rp. 5.000	4 buah	Rp. 20.000
Botol Aqua Besar	Rp. 950.00	1 buah	Rp. 950.00
Dinamo Kecil	Rp. 4.500	1 buah	Rp. 4.500
Kaleng Bekas	Rp. 2.500	1 buah	Rp. 2.500
Kabel penghubung	Rp. 33.000	1 buah	Rp. 33.000
Pipa Bekas	Rp. 5.000	1 meter	Rp. 5.000
Ultrasonic Sensor	Rp. 15.000	1 buah	Rp. 15.000
Kain Bekas	Rp. 15.000	1 meter	Rp. 15.000
Baut	Rp. 2.000	6 buah	Rp. 12.000
Motor Servo	Rp. 14.000	1 buah	Rp. 14.000
Total			Rp. 298.950

3.9. Flow Process Chart (FPC)

Flow Process Chart (FPC) untuk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* mencakup seluruh tahapan produksi. Kelompok IX/A mencatat 33 komponen, terdiri dari 13 operasi, 1 inspeksi-operasi, 9 transportasi, dan 10 penyimpanan. Flow Process Chart (FPC) *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* Kelompok IX/A dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Flow Process Chart (FPC) *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* Kelompok IX/A

3.10. Simulasi Produk dengan Menggunakan Software SolidWorks

Simulasi produk dengan *SolidWorks* dilakukan untuk menganalisis kekuatan desain menggunakan *Simulation Xpress Analysis Wizard*. Alat ini membantu mengurangi kesalahan desain dan mengevaluasi kualitas komponen. Keakuratan analisis dipengaruhi oleh material, batasan, dan beban. Hasil *mass properties* menunjukkan massa 0,389994 kg, volume 0,000299996 m³, weight 3,82194 N, dan *tensile strength* 4,07e+07 N/m² pada produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* Kelompok IX/A.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan penerapan metode *Nigel Cross* dalam perancangan produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1*, disimpulkan bahwa proses perancangan telah menghasilkan produk yang inovatif, fungsional, serta sesuai kebutuhan dan preferensi konsumen. Perancangan dilakukan melalui tujuh langkah utama dalam metode *Nigel Cross*, yaitu: (1) klarifikasi tujuan untuk merumuskan sasaran desain melalui *Objectives Tree*, (2) penetapan fungsi menggunakan pendekatan *Black Box System* yang memetakan *input* dan *output* sistem, (3) penyusunan kebutuhan berdasarkan analisis 5W+1H serta perbandingan data kuesioner, (4) penetapan karakteristik dengan menggunakan *Quality Function Deployment (QFD)* untuk menghubungkan kebutuhan konsumen dengan spesifikasi teknis yang

relevan, (5) pembangkitan alternatif melalui *Morphological Chart* untuk mengeksplorasi variasi solusi desain, (6) evaluasi alternatif dengan mempertimbangkan kelayakan dan preferensi teknis, serta (7) rincian perbaikan desain sebagai penyempurnaan berdasarkan hasil analisis komprehensif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 70% atribut desain tergolong dalam kategori *wish*, yang berarti mayoritas spesifikasi telah sesuai keinginan konsumen. Perhitungan luas *gap* menunjukkan bahwa kelompok IX/A memiliki nilai *gap* sebesar 0,8282, lebih kecil dibandingkan alternatif 2 yang sebesar 1,2389, sehingga produk kelompok IX/A dipilih sebagai solusi terbaik. Simulasi produk dengan *SolidWorks* dilakukan untuk menganalisis kekuatan desain menggunakan *Simulation Xpress Analysis Wizard*. Hasil *mass properties* menunjukkan massa 0,389994 kg, volume 0,000299996 m³, weight 3,82194 N, dan *tensile strength* 4,07e+07 N/m² pada produk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* Kelompok IX/A. *Flow Process Chart* (FPC) untuk *Vacuum Cleaner Robotic 3 in 1* mencakup seluruh tahapan produksi. Kelompok IX/A mencatat 33 komponen, terdiri dari 13 operasi, 1 inspeksi-operasi, 9 transportasi, dan 10 penyimpanan. Dari sisi biaya, dilakukan strategi pengurangan biaya produksi dengan mengganti komponen *Arduino Uno R3 CH340G Atmega 328 Motheboard* dengan *Arduino Uno R3 SMD ATMEGA328PB-U IC CH340 Mega*. Strategi ini berhasil menurunkan harga dari Rp 503.950,00 menjadi Rp 298.950,00. tanpa mengurangi kualitas produk. Dengan tingkat kesulitan teknis sedang hingga sulit, serta harga akhir yang kompetitif, metode *Nigel Cross* terbukti efektif dalam menghasilkan desain produk yang aplikatif, ramah lingkungan, dan sesuai kebutuhan pasar. Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat ditambahkan fitur kendali suara layaknya perangkat *smart home*, sehingga pengguna dapat mengoperasikannya hanya dengan perintah suara. Penggunaan daya juga sebaiknya dioptimalkan agar lebih hemat energi. Fitur tambahan seperti pel basah otomatis, penyaring udara (HEPA), atau sensor debu dapat menjadi nilai tambah.

Referensi

- [1] Nurlaili, B. Veronika, O. Cantika, and D. Mustika, "Daya Hisap Vacum Cleaner Sederhana," *GRAVITASI Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [2] G. Varian Seniman, C. Mahendra, and P. Samuel Prihatmajaya, *Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Lantai Otomatis Menggunakan Sensor Debu dan Ultrasonik*, vol. 4, no. 1. 2024.
- [3] N. L. K. I. Anggasemara, I. M. A. D. Suarjaya, and I. P. A. Bayupati, "Rancang Bangun Penyedot Debu Berbasis Internet of Things," *Walisongo Journal of Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 1–14, Jun. 2023.
- [4] A. Kosim and D. Damayanti, "Rancang Bangun Sistem Robot Vacum Cleaner Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal FORTECH*, vol. 5, no. 2, pp. 72–79, Sep. 2024.
- [5] J. Arta Lubis, A. Yosafat Marbun, R. W. Ningsih, V. Devi, and Y. C. Tarihoran, "Perancangan Produk Kursi Olahraga dan Terapi pada Wanita Hamil menggunakan Metode Nigel Cross," *TALEN TA Conference Series: Energy and Engineering*, no. 1, 2024.
- [6] N. S. Adilah, R. Gingting, A. Farhan, and H. Z. F. Cut, "Perancangan Produk Selimut Kesehatan 3 in 1 dengan Menggunakan Metode Nigel Cross," *TALEN TA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.32734/ee.v5i2.1635.
- [7] A. Zalukhu, S. Purba, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *Jurnal Teknologi Informasi dan Industri*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [8] V. Frans, D. A. Ressan, V. I. Lordian, H. E. Khoman, and D. A. Pasya, "Perbaikan Rancangan Produk Smart Gas Leak Detector Dengan Metode Nigel Cross," *TALEN TA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [9] R. W. Purbaya, R. Setyaningrum, and T. Talitha, "Perancangan Meja Pengemasan Makanan Ringan dengan Metode Rasional untuk Mengurangi Waktu Siklus dan Meminimalisir Resiko Cedera pada Proses Produksi Di UKM Berkah Polaman," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 11, no. 2, 2021.
- [10] E. R. Nainggolan, M. Magdalena, M. Pasaribu, T. Nainggolan, and L. Silitongan, "Penerapan Metode Nigel cross Dalam Pembuatan Smart Sauna Portable," *TALEN TA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [11] R. S. Wahyuni, E. Nursubiyantoro, and G. Awaliah, "Perancangan dan Pengembangan Produk Helm Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD)," *Jurnal OPSI*, vol. 13, no. 1, p. 6, Jun. 2020.
- [12] C. Sharon and D. Gumulya, "Perancangan Lampu Lantai dengan Inspirasi Gaya desain Memphis di era Tahun 1981 dengan Metode Morphological Chart," *Jurnal DA MODA*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [13] G. Dharmo, D. Lucitasari, and M. Khannan, "Perancangan Ulang Headset dan Penutup Mata untuk Tidur Menggunakan Metode Nigel Cross," *Jurnal OPSI*, vol. 11, no. 1, 2018.
- [14] A. Amri, F. Fatimah, and K. Inda, "Rancangan Kemasan Camilan Akar Kelapa pada UD. Angsa Dua dengan Menggunakan Metode Value Engineering," *Industrial Engineering Journal*, vol. 10, no. 2, Oct. 2021.

- [15] R. Hendri, M. B. Hartanto, and A. Agustin, “Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Validasi Data Pegawai Polda Dengan Metode AHP Berbasis WEB,” *Jurnal Teknologi dan Informatika (JEDA)*, vol. 4, no. 1, pp. 2745–8911, 2023.
- [16] Saeful Nurochim, N. R. As’ad, and A. N. Rukmana, “Perancangan Produk Waistbag dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD),” *Jurnal Riset Teknik Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, Jul. 2021.
- [17] T. Alda, D. Charin, and N. Tarigan, “Penerapan Metode Nigel Cross Pada Desain Produk Rompi Pemanas Akupuntur (Heating Acupuncture Vest),” *TALEN TA Conference Series*, vol. 5, no. 2, May 2022.
- [18] F. Sulaiman, “Desain Produk : Rancangan Tempat Lilin Multifungsi dengan Pendekatan 7 Langkah Nigel Cross,” *Jurnal Teknovasi*, vol. 04, no. 01, pp. 32–41, 2017.