



PAPER – OPEN ACCESS

Perancangan Walkergy Menggunakan Metode Nigel Cross

Author : Reinhard Cleon Salomo Pasaribu, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2598
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](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Perancangan *Walkergy* Menggunakan Metode *Nigel Cross*

Reinhard Cleon Salomo Pasaribu*, Regina Christine Sembiring, Herbert Erico Khoman

^aProgram Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jln. Dr. T. Mansyur No. 9, Medan 20222, Indonesia

reycleon20@gmail.com, chrissregina19@gmail.com, herbertek2023@gmail.com

Abstrak

Sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil masih secara luas dimanfaatkan hingga kini, terutama untuk pembangkitan listrik dari batu bara. Menurut Badan Pusat Statistik, cadangan batu bara Indonesia diprediksi akan habis dalam 60 tahun ke depan, bahkan bisa lebih cepat habis jika tingkat penggunaannya melebihi dari yang sudah ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukannya energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil. Salah satu metode yang paling mudah untuk memperoleh energi listrik terbarukan adalah dengan memanfaatkan prinsip piezoelektrik. Prinsip piezoelektrik adalah mengubah energi tekan menjadi energi listrik. Untuk menjawab permasalahan ini, kami merancang sebuah ubin piezoelektrik dengan nama *Walkergy*. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan dan pengembangan produk *Walkergy* menggunakan metode *Nigel Cross*. Tahapan proses *Nigel Cross* meliputi *clarifying objectives*, *establishing function*, *setting requirement*, *determining characteristics*, *generating alternatives*, *evaluating alternatives*, dan *improving details*. Hasil akhir yang diperoleh adalah spesifikasi yang sesuai dengan keinginan konsumen yaitu dimensi panjang 30 cm, lebar 30 cm, tinggi 1 cm, warna ubin biru, jumlah sensor piezoelektrik sebanyak 10 buah, tinggi pegas 3 cm, ketahanan pegas maksimal 100 kg, terbuat dari campuran semen putih dan limbah plastik, dilengkapi baterai sebagai media penyimpanan energi listrik cadangan yang dihasilkan ubin, serta dilengkapi dengan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik dengan harga Rp478.000,00.

Kata Kunci: *Nigel Cross*; Piezoelektrik; *Quality Functional Deployment*; *Walkergy*.

Abstract

Non-renewable energy sources such as fossil fuels are still widely utilized today, especially for electricity generation from coal. Based on the Central Bureau of Statistics, Indonesia's coal reserves are predicted to run out in the next 60 years, and could even run out sooner if the rate of use exceeds what has been set. Thus, renewable energy is required to substitute fossil energy.. One of the easiest methods to obtain renewable electrical energy is by utilizing the piezoelectric principle. The piezoelectric principle is to convert compressive energy into electrical energy. To answer this problem, we designed a piezoelectric tile named *Walkergy*. In this research, the design and development of *Walkergy* products were conducted using the *Nigel Cross* method.. The steps of the *Nigel Cross* process *clarifying objectives*, *establishing function*, *setting requirement*, *determining characteristics*, *generating alternatives*, *evaluating alternatives*, and *improving details*. The final outcomes achieved are specifications that match consumer expectations, namely the size of 30 cm long, 30 cm wide, 1 cm high, blue tile color, number of piezoelectric sensors as many as 10 pieces, 3 cm spring height, maximum spring resistance of 100 kg, made of a mixture of white cement and plastic waste, equipped with a battery as a storage medium for backup electrical energy generated by tiles, and equipped with piezoelectric sensors to generate electrical energy at a price of Rp478,000.00.

Keywords: *Nigel Cross*; Piezoelectricity; *Quality Functional Deployment*; *Walkergy*.

1. Pendahuluan

Energi listrik menjadi aspek yang sangat krusial seiring dengan perkembangan teknologi [1]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh CIA di Amerika Serikat pada tabel konsumsi listrik, Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Saat ini, Indonesia berada di posisi ke-21 dalam hal penggunaan listrik terbanyak di dunia [2]. Maka dari itu, pemanfaatan energi baru & terbarukan (EBT) diperlukan sebagai penyelesaian krisis energi pada saat ini guna menurunkan ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan kebutuhan energi yang terus meningkat [3]. Penyelesaian permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan membuat sebuah produk.

Produk ialah segala sesuatu yang dapat disajikan untuk mendorong konsumen agar membeli, menggunakan, atau mengonsumsi produk yang mampu memenuhi keinginan/kebutuhan konsumen [4]. Produk dapat berupa barang atau jasa [5]. Selain itu, produk juga bisa berupa gabungan dari barang dan jasa [6]. Sebuah produk akan dibeli oleh konsumen jika mereka merasa sesuai dengannya, karena produk harus dibuat sejalan dengan keinginan dan kebutuhan [7]. Perancangan dan pengembangan produk mencakup seluruh proses yang berkaitan dengan eksistensi produk, termasuk berbagai aktivitas mulai dari mengidentifikasi keinginan pelanggan hingga membuat produk, menjualnya, dan mengirimkannya [8]. Perancangan dan pengembangan produk merupakan elemen dari proses inovasi [9]. Proses perancangan dan pengembangan produk dapat direalisasikan dengan menerapkan metode *Nigel Cross* [10]. Tujuan dilakukan penelitian ini ialah untuk merancang serta mengembangkan sebuah produk berupa ubin yang dilengkapi sensor piezoelektrik yang bermanfaat dalam menghasilkan energi listrik dari energi tekanan dengan menggunakan metode *Nigel Cross*.

Nigel Cross ialah seorang pakar dalam desain produk dan pengajar di *Open University* di Inggris [11]. Metode *Nigel Cross* menciptakan hubungan komutatif dan hirarkial antar *problem* dan sub *problem* dengan menggabungkan elemen prosedur perancangan dan elemen struktural [12]. Metode *Nigel Cross* memiliki tujuh langkah, yaitu klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, menyusun kebutuhan, menetapkan karakteristik, pembangkitan alternatif, evaluasi alternatif, dan rincian perbaikan [13]. Metode *Nigel Cross* didukung oleh metode *Quality Function Deployment*. *Quality Function Deployment* atau QFD ialah sebuah metodologi yang digunakan untuk mengubah keinginan dan kebutuhan pelanggan menjadi desain suatu produk yang memiliki persyaratan teknis dan karakteristik kualitas [14]. Proses QFD dilakukan dengan membuat satu atau lebih matriks yang dikenal sebagai *House of Quality*. Tahapan dalam melaksanakan QFD adalah mengumpulkan responden melalui kuesioner, menyusun *House of Quality*, dan menganalisis hasil dari *House of Quality* [15].

2. Metode Penelitian

Perancangan *Nigel Cross* menggabungkan aspek program desain dengan elemen struktural desain. Aspek-aspek ini diintegrasikan ke dalam pertukaran dan hubungan hierarkis antara pertanyaan dan sub-pertanyaan. Metode *Nigel Cross* selaras dengan kebutuhan konsumen. Perancangan dengan terbagi atas 7 langkah, yaitu sebagai berikut.

2.1. Clarifying Objectives (Klarifikasi Tujuan)

Klarifikasi tujuan digunakan untuk menetapkan tujuan perancangan dan strategi pemasaran produk. Metode yang digunakan ialah pohon tujuan (*objective trees*) [16].

2.2. Establishing Function (Penetapan Fungsi)

Penetapan fungsi digunakan untuk menentukan fungsi-fungsi yang diperlukan dan lingkup sistem rancangan produk yang baru. Metode yang digunakan ialah analisis fungsi (*analysis function method*) [17].

2.3. Setting Requirement (Penyusunan Kebutuhan)

Penyusunan kebutuhan bertujuan untuk menghasilkan spesifikasi pembuatan yang akurat yang diperlukan bagi desain/perancangan. Metode yang digunakan ialah *performance specification model*.

2.4. Determining Characteristics (Penetapan Karakteristik)

Penetapan karakteristik digunakan untuk menentukan kebutuhan dan keinginan pelanggan dan mentransformasikannya menjadi desain produk spesifik dan rencana proses dalam menghasilkan produk yang memenuhi kebutuhan pelanggan. Metode yang digunakan ialah QFD (*quality function deployment*).

2.5. Generating Alternatives (Pembangkitan Alternatif)

Pembangkitan alternatif bertujuan dalam menghasilkan solusi desain alternatif produk. Metode yang digunakan ialah *morphological chart*.

2.6. Evaluating Alternatives (Evaluasi Alternatif)

Evaluasi alternatif digunakan dalam menentukan alternatif terbaik dari berbagai alternatif lain yang dihasilkan, agar didapatkan rancangan optimal serta mampu memenuhi keinginan konsumen. Metode yang digunakan ialah *weighted objective*.

2.7. Improving Details (Pengembangan Rancangan)

Pengembangan rancangan digunakan untuk mengembangkan produk, meningkatkan tampilannya, mengurangi berat, mengurangi biaya, serta meningkatkan daya tariknya. Metode yang digunakan ialah rekayasa nilai.

Quality function deployment (QFD) ialah metode mengubah kebutuhan dan keinginan pelanggan menjadi rancangan produk yang mempunyai persyaratan-persyaratan teknis serta karakteristik kualitas.

3. Hasil dan Pembahasan

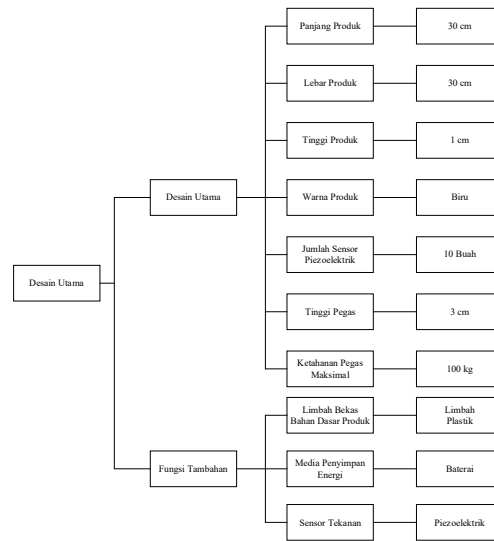
3.1. Spesifikasi Produk Akhir

Spesifikasi produk akhir menurut kuesioner terbuka untuk desain produk *Walkergy* adalah sebagai berikut.

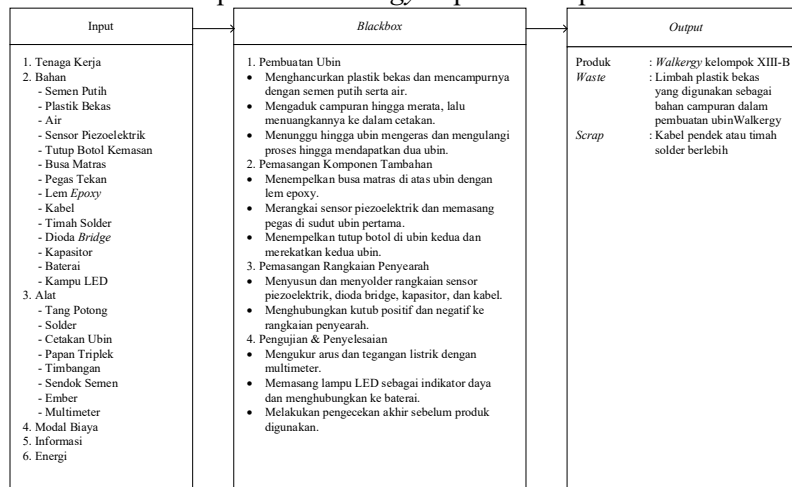
- Panjang ubin 30 cm.
- Lebar ubin 30 cm.
- Tinggi ubin 1 cm.
- Warna ubin biru.
- Jumlah sensor piezoelektrik sebanyak 10 buah.
- Tinggi pegas yang digunakan 3 cm.
- Ketahanan pegas maksimal 100 kg.
- Ubin terbuat dari campuran semen putih dan limbah plastik.
- Menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik cadangan yang dihasilkan dari ubin tersebut.
- Ubin dilengkapi dengan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik.

3.2. Problem

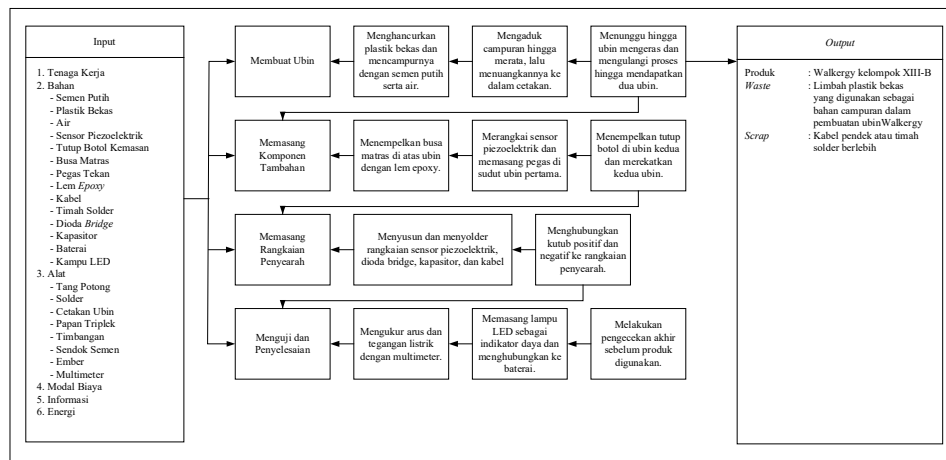
Tahap awal pada proses desain *Nigel Cross* adalah dengan mengklarifikasi tujuan menggunakan metode pohon tujuan. Diagram pohon tujuan perancangan produk *Walkergy* dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Pohon Tujuan Produk *Walkergy*

Tahap kedua pada proses desain *Nigel Cross* adalah dengan menetapkan fungsi. Langkah-langkah dalam menetapkan fungsi adalah dengan menetapkan fungsi keseluruhan rancangan dengan model transformasi, *input*, dan *output* menggunakan *blackbox*. *Blackbox* produk *Walkergy* dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. *Blackbox* Produk *Walkergy*

Tahap ketiga ialah membuat *block diagram* (diagram blok) yang memperlihatkan hubungan antara sub-sub fungsi. Sistem direpresentasikan secara terpisah untuk menghasilkan gambaran yang jelas mengenai *input*, proses, dan *output* yang diperoleh. Diagram blok untuk produk *Walkergy* kelompok XIII-B dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Diagram Blok Produk *Walkergy*

3.3. Sub Problem

Sub *problem* adalah penentuan atribut yang nantinya akan berpengaruh terhadap produk, dikarenakan adanya keinginan yang berbeda-beda dari setiap responden terhadap atribut. Oleh karena itu, dilakukan dua langkah agar *problem* terurai menjadi sub *problem* yaitu klarifikasi tujuan dan penetapan fungsi.

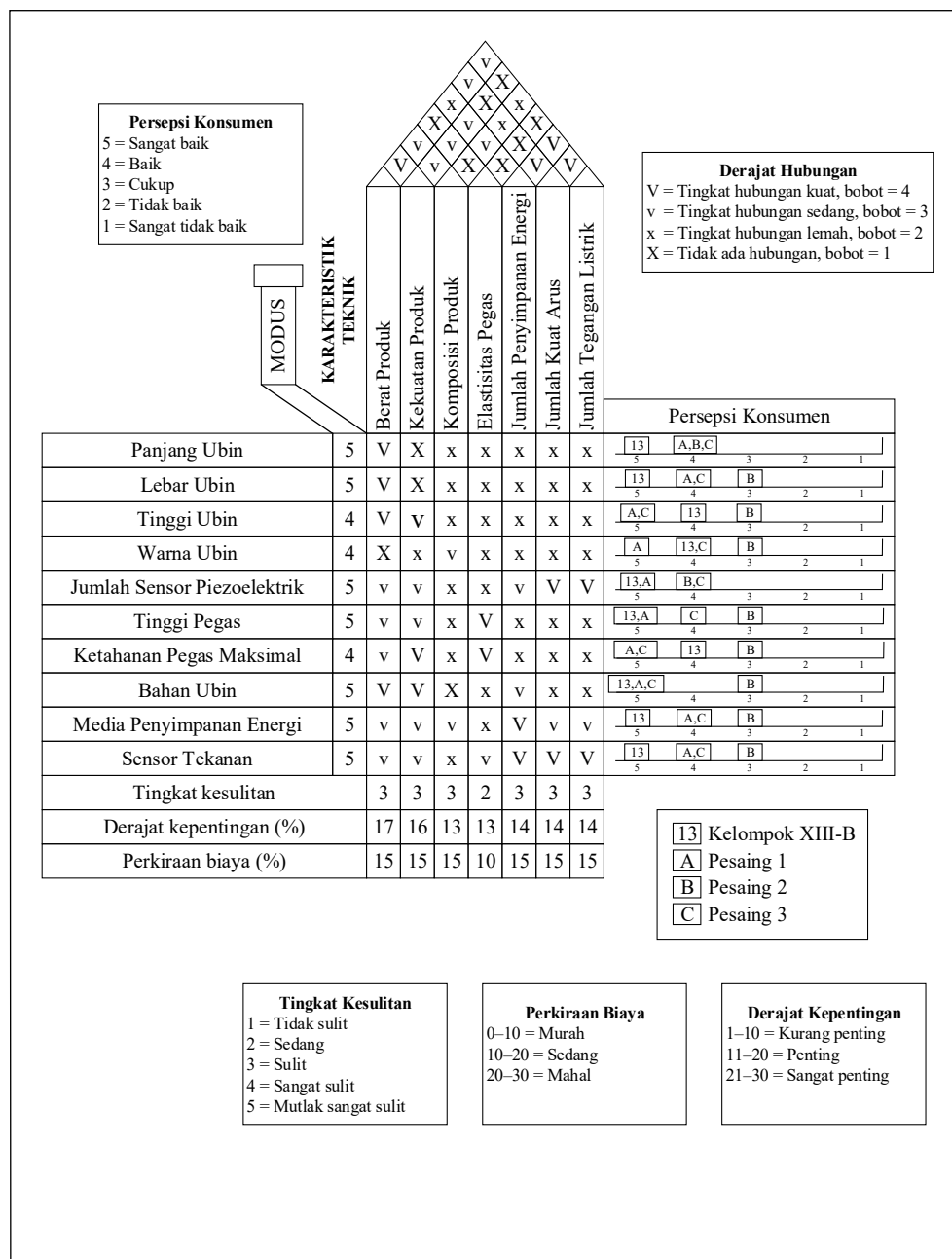
Penyusunan kebutuhan merupakan suatu metode yang membandingkan hasil penetapan atribut berdasarkan hasil rekapitulasi kuesioner. Hasil yang diperoleh lalu dibandingkan dengan pemberian nilai D (*demand*) atau W (*wish*).

Tabel 1. Spesifikasi Produk *Walkergy*

No.	Hasil <i>Brainstorming</i>	D/W	Hasil Kuesioner Terbuka
1.	Panjang ubin 30 cm	W	Panjang ubin 30 cm
2.	Lebar ubin 30 cm	W	Lebar ubin 30 cm
3.	Tinggi ubin 0,7 cm	D	Tinggi ubin 1 cm
4.	Warna ubin putih bercorak hijau	D	Warna ubin biru
5.	Jumlah sensor piezoelektrik 10 buah	W	Jumlah sensor piezoelektrik 10 buah
6.	Tinggi pegas 3 cm	W	Tinggi pegas 3 cm
7.	Ketahanan pegas maksimal 100 kg	W	Ketahanan pegas maksimal 100 kg
8.	Bahan ubin terbuat dari campuran semen putih dan limbah plastik	W	Bahan ubin terbuat dari campuran semen putih dan limbah plastik
9.	Media penyimpanan energi baterai	W	Media penyimpanan energi baterai
10.	Sensor tekanan piezoelektrik	W	Sensor tekanan piezoelektrik

Berdasarkan Tabel 1. diperoleh bahwa W (*wish*) berjumlah 8 dan D (*demand*) berjumlah 2 sehingga W lebih banyak daripada D, yang berarti perancang dapat dikatakan mahir dalam merancang produk karena hasil perancangan sesuai dengan kebutuhan pasar.

Setelah melakukan penetapan karakteristik, hasil keseluruhan digabungkan sebagai tahap akhir metode QFD (*Quality Function Deployment*). QFD merupakan metode untuk meningkatkan kualitas barang/jasa dengan memahami kebutuhan pelanggan dan menghubungkannya dengan ketentuan teknis untuk menghasilkan suatu barang atau jasa yang sesuai. Hasil dari QFD merupakan rumah mutu yang dapat dilihat pada Gambar 4.



3.4. Sub Solusi

Sub solusi berawal dari penyelesaian setiap masalah yang muncul, termasuk masalah penetapan atribut produk *Walkergy* yang dilakukan dengan menggunakan metode *Nigel Cross*, sambil tetap mempertahankan keunggulan yang ada dan meningkatkan kualitas produk. Terdapat dua langkah yang dilakukan agar sub solusi dapat menjadi sebuah solusi, yaitu dengan pembangkitan alternatif (*generating alternative*) dan evaluasi alternatif (*evaluating alternative*).

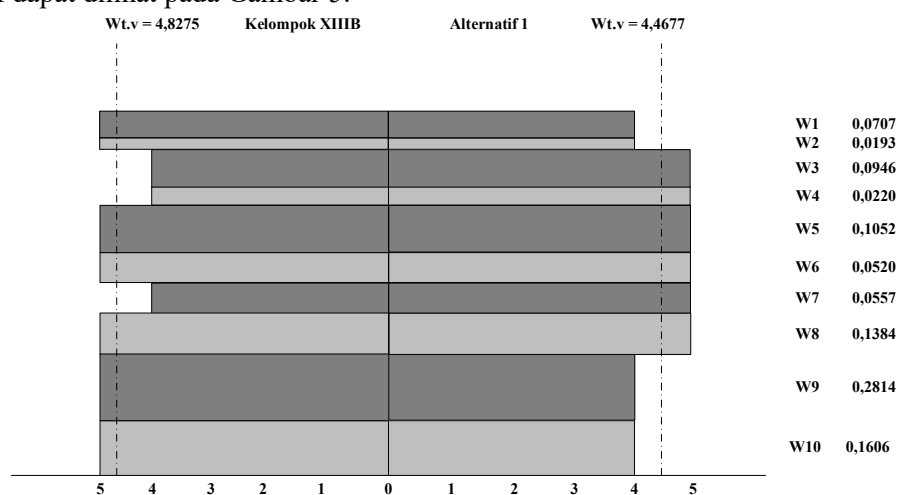
Pembangkitan alternatif adalah metode untuk mengumpulkan alternatif yang dapat digunakan sebanyak mungkin dalam menyelesaikan suatu masalah. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan diagram morfologi. Diagram morfologi (*Morphological chart*) produk *Walkergy* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Morphological Chart Produk Walkergy

Fungsi	Cara Mencapai Fungsi		
	1	2	3
Panjang Produk	30 cm	25 cm	35 cm
Lebar Produk	30 cm	25 cm	35 cm
Tinggi Produk	1 cm	1,5 cm	2 cm
Warna Produk	Biru	Hijau	Hitam
Jumlah Sensor Piezoelektrik Produk	10 buah	8 buah	12 buah
Tinggi Pegas Produk	3 cm	2 cm	4 cm
Ketahanan Pegas Maksimal	100 kg	80 kg	120 kg
Bahan Dasar Produk	Limbah Plastik	Serbuk Kayu	Serat Kaca
Media Penyimpanan Energi Produk	Baterai	Superkapasitor	Flywheel Energy Storage (FES)
Sensor Produk	Sensor Piezoelektrik	Sensor Piesoelektrik + Termistor	Sensor Piezoelektrik + Magnetik
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3

Alternatif-alternatif dari diagram morfologi akan di evaluasi alternatif dengan menganalisis kembali alternatif yang kemudian akan dipilih agar diperoleh alternatif yang terbaik/optimal. Metode yang digunakan ialah analisis bobot tujuan. Perhitungan untuk setiap alternatif dilakukan dengan mengalikan bobot nilai masing-masing atribut produk dengan nilai relatif yang diperoleh sesuai dengan langkah ke-4. Hasil perkalian kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh nilai terbesar, yaitu kelompok XIII-B sebesar 4,8275 yang merupakan solusi terbaik, diikuti alternatif 1 sebesar 4,4677.

Nilai yang paling mendekati kelompok XIII-B adalah alternatif 1, maka alternatif 1 ditetapkan sebagai solusi perancangan. Karakteristik produk Kelompok XIII-B dan alternatif 1 kemudian dibandingkan antara satu dengan lainnya dengan memperlihatkan bobot nilai dan tingkat kepentingannya. Perbandingan bobot antara produk *Walkergy* dengan 3 alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Perbandingan Alternatif Kelompok XIII-B dan Alternatif 1

Melalui perhitungan luas selisih antara kelompok XIII-B dan alternatif 1, diperoleh bahwa luas selisih kelompok XIII-B (0,1426) lebih kecil dari luas selisih alternatif 1 (0,2488), maka produk kelompok XIII-B merupakan produk yang terpilih.

3.5. Solusi

Rekayasa nilai (*Value Engineering*) adalah tahap terakhir yang digunakan dalam memperkuat nilai produk kepada konsumen serta meminimalkan biaya yang digunakan produsen. Harga dari tiap-tiap fungsi tambahan telah diprediksi sebelumnya untuk menetapkan harga jual produk. Harga awal dari komponen-komponen yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Harga Komponen yang Akan Digunakan

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Jumlah Komponen	Total Harga (Rp)
Semen Putih	Rp50.000/kg	2 kg	Rp100.000
Plastik Bekas	-	1 kg	-
Air	-	1 liter	-
Sensor Piezoelektrik	Rp25.000/pcs	10 pcs	Rp250.000
Tutup Botol Kemasan	-	8 pcs	-
Busa Matras	Rp20.000/lembar	1 lembar	Rp20.000
Pegas Tekan	Rp5.000/pcs	4 pcs	Rp20.000
Lem Epoxy	Rp35.000/tube	1 tube	Rp35.000
Kabel	Rp3.000/meter	2 meter	Rp6.000
Timah Solder	Rp15.000/gulungan	1 gulungan	Rp15.000
Dioda Bridge	Rp5.000/pcs	2 pcs	Rp10.000
Kapasitor	Rp2.500/pcs	2 pcs	Rp.5000
Baterai	Rp50.000/pcs	1 pcs	Rp50.000
Lampu LED	Rp3.000/pcs	4 pcs	Rp12.000
Tang Potong	Rp30.000/pcs	1 pcs	Rp30.000
Solder	Rp50.000/pcs	1 pcs	Rp50.000
Cetakan Ubin	Rp40.000/pcs	1 pcs	Rp40.000
Total			Rp643.000

Agar meminimalisir biaya produksi, maka dicari metode yang sesuai untuk mengurangi biaya namun tetap memiliki kualitas yang sama. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeliminasi tang potong dan mencari komponen pengganti dengan harga relatif lebih murah. Hasil evaluasi biaya pembuatan produk *Walkergy* dapat dilihat pada Tabel 4.

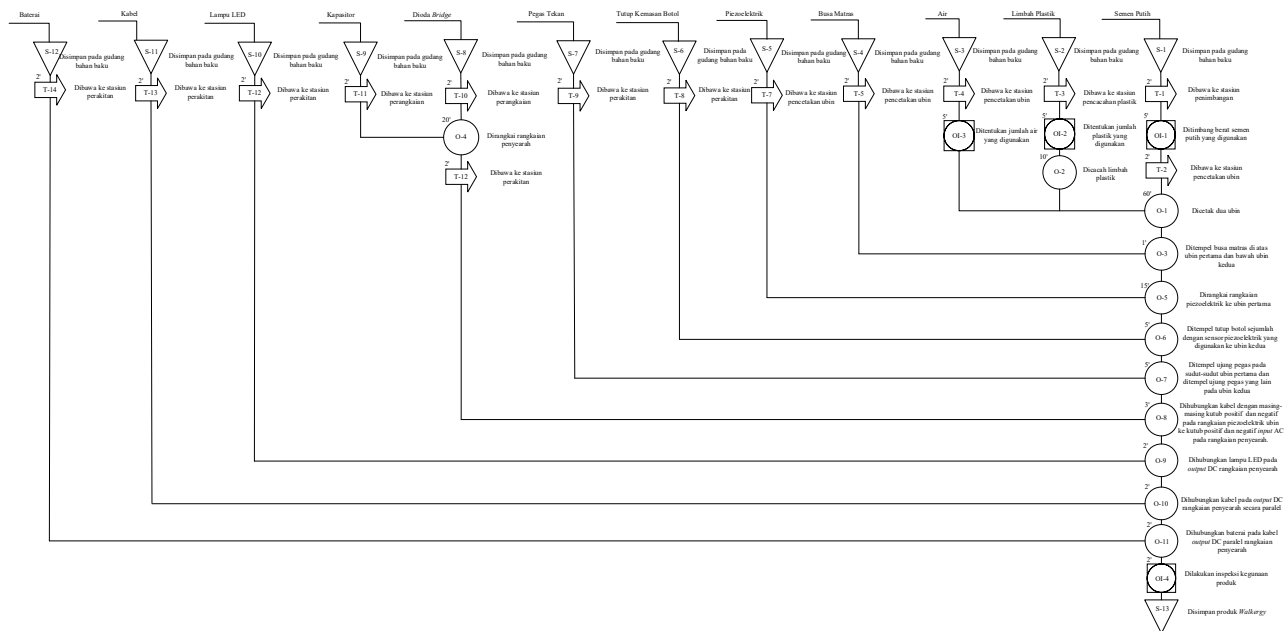
Tabel 4. Hasil Evaluasi Biaya Tiap Komponen

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Jumlah Komponen	Total Harga (Rp)
Semen Putih	Rp40.000/kg	2 kg	Rp80.000
Plastik Bekas	-	1 kg	-
Air	-	1 liter	-
Sensor Piezoelektrik	Rp15.000/pcs	10 pcs	Rp150.000
Tutup Botol Kemasan	-	8 pcs	-
Busa Matras	Rp20.000/lembar	1 lembar	Rp20.000
Pegas Tekan	Rp5.000/pcs	4 pcs	Rp20.000
Lem Epoxy	Rp20.000/tube	1 tube	Rp20.000
Kabel	Rp3.000/meter	2 meter	Rp6.000

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Jumlah Komponen	Total Harga (Rp)
Timah Solder	Rp.15.000/gulungan	1 gulungan	Rp15.000
Dioda <i>Bridge</i>	Rp5.000/pcs	2 pcs	Rp10.000
Kapasitor	Rp2.500/pcs	2 pcs	Rp.5000
Baterai	Rp50.000/pcs	1 pcs	Rp50.000
Lampu LED	Rp3.000/pcs	4 pcs	Rp12.000
Tang Potong	-	1 pcs	-
Solder	Rp50.000/pcs	1 pcs	Rp50.000
Cetakan Ubun	Rp40.000/pcs	1 pcs	Rp40.000
Total			Rp478.000

3.6. Flow Process Chart

Flow Process Chart (peta aliran) adalah sebuah diagram yang menunjukkan urutan dari operasi, pemeriksaan, transportasi, menunggu, dan penyimpanan yang terjadi dalam suatu proses yang sedang dilakukan. *Flow Process Chart* produk *Walkergy* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Flow Process Chart* Produk *Walkergy*

3.7. Simulasi SolidWorks

Simulasi produk dengan aplikasi *SolidWorks* bertujuan untuk mengkaji produk terkait tegangan atau kekuatan produk *Walkergy*. Berdasarkan hasil dari *mass properties* diperoleh massa sebesar 1,8579 kg dan volume sebesar 0,000625 m³. Berdasarkan hasil *SimulationXpress* diperoleh bahwa *Walkergy* memiliki *tensile strength* sebesar 9,5e+07 N/m².

4. Kesimpulan

Perancangan dan pengembangan produk *Walkergy* dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Nigel Cross* yang terdiri dari tujuh tahapan, yaitu klarifikasi tujuan menggunakan metode pohon tujuan, penetapan fungsi menggunakan metode analisis fungsi. Penyusunan kebutuhan merupakan metode yang membandingkan hasil penetapan atribut dari rekapitulasi kuesioner dan dibandingkan dengan pemberian nilai D (*demand*) atau W (*wish*). Tahap penyusunan kebutuhan menunjukkan terdapat *wishes* berjumlah 8 atribut dan *demand* berjumlah 2 atribut. Penetapan karakteristik dilakukan dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang menghasilkan *House of Quality*. Tahap penetapan karakteristik menunjukkan bahwa terdapat 6 karakteristik dengan tingkat kesulitan sulit. Tahap pembangkitan alternatif menggunakan *morphological chart* menghasilkan 3 alternatif produk. Tahap evaluasi alternatif menunjukkan kesimpulan luas selisih kelompok XIII-B (0,1426) lebih kecil dari selisih luas selisih alternatif 1 (0,2488) sehingga produk kelompok XIII-B adalah produk yang terpilih. Tahap terakhir adalah pengembangan rancangan menggunakan metode *value engineering* menunjukkan penurunan nilai pembuatan produk dari harga Rp643.000 menjadi Rp478.000,00.

Referensi

- [1] A. C. Koloay, H. Tumaliang, dan M. Pakiding, “Perencanaan Dan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Bitung,” vol. 7, no. 3, p. 285, 2018.
- [2] S. Renaldy, M. David, and A. E. Pratiwi, “Analisis Penggunaan Daya Listrik untuk Penghematan Energi di Laboratorium Komputer Universitas Surya,” vol. 10, no. 2, p. 71, 2018.
- [3] D. H. Sinaga, R. Rifai, O. Sasue, dan H. D. Hutahaean, “Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan.”, 2021.
- [4] S. Fika, W. Alda, dan D. Naufal, “Analisis Kualitas Operasional Produksi (Survei Terhadap PT Aerofood Indonesia)”.
- [5] S. Rahayu, “Strategi Pemasaran Produk Dalam Meningkatkan Kepuasan Pelanggan,” Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Sosial Budaya, vol. 2, no. 1, pp. 109–113, Jan. 2023.
- [6] E. Hulu, Y. Mendrofa, and S. Kakisina, “Pengaruh Kualitas Produk terhadap Kepuasan Pelanggan pada PT. Indomarco Adi Prima Cabang Medan Stok Point Nias Kota Gunungsitoli,” vol. 6, no. 4, p. 108, 2022.
- [7] N. Sutrisno, D. Lestari, and E. Sirait, “Pengaruh Pengadaan Bahan Baku dan Proses Produksi terhadap Kualitas Produk pada PT. Percetakan Gramedia Kab. Bekasi,” vol. 4, no. 2, p. 192, 2024.
- [8] I. Sulistiawan, H. B. Santoso, dan A. Komari, “Perancangan Produk Kepotongan Rambut Dengan Mempertimbangkan Voice Of Customer Menggunakan Metode Quality Function Deployment,” vol. 2, no. 1, pp. 46–54, 2018.
- [9] A. Rudy, B. Aprina, and E. Supriyadi, “Peningkatan Kualitas Produk Qi Lambung Dengan Perencanaan & Perancangan Produk UMKM Yayasan Miftahul Salamah Indonesia Ciawi Bogor,” vol. 1, no. 1, p. 18, 2021.
- [10] Halim, R. Andifa, O. Sebastian, and N. Wynn, “Perancangan Produk Sikat Gigi Elektrik Biodegradable Menggunakan Metode Nigel Cross,” vol. 7, no. 1, p. 856, 2024.
- [11] C. E. V. Wuisang, “Tinjauan Arsitektur: Bagaimana Merancang Arsitektur dan Menkaji Metode Rancang Arsitek Nigel Cross,” vol. 12, no. 3, 2015,
- [12] T. Alda dan T. Charin, “TALENTA Conference Series: Energy & Engineering Penerapan Metode Nigel Cross Pada Desain Produk Rompi Pemanas Akupunktur (Heating Acupuncture Vest),” 2022.
- [13] G. O. Dharma, D. R. Lucitasari, and M. S. A. Khannan, “Perancangan Ulang Headset dan Penutup Mata untuk Tidur Menggunakan Metode Nigel Cross,” OPSI, vol. 11, no. 1, p. 65, Jun. 2018.
- [14] E. Nurhayati, “Pendekatan Quality Function Deployment (QFD) dalam proses pengembangan desain produk Whiteboard Eraser V2,” Pengetahuan dan Perancangan Produk, vol. 5, no. 2, pp. 75–82, 2022.
- [15] R. Lestari, S. Wardah, and K. Ihwan, “Analisis Pengembangan Pelayanan Jasa TV Kabel Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD),” JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, vol. 7, no. 1, p. 57, May 2020.
- [16] Ginting, Rosnani. 2024. Metode Perancangan Produk (Konsep dan Aplikasi). Medan: USU Press.
- [17] N. Kristin Silitonga, dkk. “Penerapan Metode Nigel Cross Pada Pembuatan Produk Portable Water Purifier” TALENTA. Vol. 7 No. 1, 2024.