



PAPER – **OPEN ACCESS**

Penerapan Metode Nigel Cross pada Perancangan dan Pengembangan Produk Senter GPSolar Warm

Author : Rebecca Samosir, et al
DOI : 10.32734/ee.v9i2.2769
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 9 Issue 2 – 2026 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



Penerapan Metode *Nigel Cross* pada Perancangan dan Pengembangan Produk Senter GPSolar *Warm*

Rebecca Samosir*, Hans Frederick Gratya Sinaga, Desfana Felik Surbakti, Monica Raquella Amabel Simanjuntak, Imelda Nancy Manap Br Simanjuntak

Program Studi Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Jln. Dr. T. Mansyur No. 9 Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

rebeccasamosir1410@gmail.com, hansfrederickgsinaga@gmail.com, surbaktidesfana@gmail.com, monicajtk05@gmail.com, imeldasimanjuntak2005@gmail.com

Abstrak

Kegiatan mendaki gunung menghadirkan berbagai tantangan, seperti kondisi cuaca yang ekstrem, potensi hipotermia, serta keterbatasan dalam sumber daya seperti penerangan. Untuk mengatasi kebutuhan tersebut, diciptakan produk Senter GPSolar *Warm* yang dirancang dengan berbagai fungsi, menggabungkan panel tenaga surya, pemanas tangan, dan fitur GPS. Penelitian ini mengadopsi pendekatan desain yang dikemukakan oleh *Nigel Cross*, yang menekankan pentingnya klarifikasi tujuan dan penetapan fungsi sebagai fondasi dalam proses perancangan. Proses awal desain dimulai dengan klarifikasi tujuan, yang dilakukan melalui distribusi kuesioner terbuka dan tertutup kepada calon pengguna untuk mengidentifikasi kebutuhan secara rinci. Informasi ini digunakan untuk menetapkan spesifikasi produk, termasuk ukuran, jenis bahan, serta fungsi-fungsi utama. Selanjutnya, metode *Black Box* digunakan untuk melakukan penetapan fungsi dengan memetakan sistem *input* dan *output* yang menghubungkan komponen ke fungsi masing-masing. Dengan komponen PTC Thermistor untuk pemanas tangan, GPS mini GF 07, dan speaker bluetooth, produk ini dapat digunakan oleh pendaki, nelayan, tim SAR, dan orang-orang di wilayah yang kurang cahaya. Selain itu, menggunakan limbah plastik sebagai bahan rangka membantu menjaga lingkungan. Untuk memastikan bahwa semua komponen terpasang dengan benar dan berfungsi dengan baik, validasi desain dilakukan menggunakan *software SolidWorks*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Senter GPSolar *Warm* mampu memenuhi kebutuhan pengguna dengan mengutamakan kenyamanan, efisiensi energi, dan daya tahan.

Kata Kunci: *black box*; *clarifying objectives*; *establishing functions*; spesifikasi produk; validasi desain

Abstract

Mountain climbing activities involve various challenges, including extreme weather conditions, the risk of hypothermia, and limited lighting resources. To address these issues, a multifunctional product called the GPSolar Warm flashlight was developed by integrating a solar panel, hand warmer, and GPS features into a single device. This study employed *Nigel Cross's* design methodology, which focuses on objective clarification and function establishment as *Nigel Cross's* design technique, which emphasizes function setup and objective definition as the foundation for product creation, was used in this study. Potential users were given both closed-ended and open-ended questionnaires to complete in order to determine their needs. Product specifications, including size, materials, and essential features, were established using the gathered data. The link between system inputs, outputs, and component functions was then defined using the *Black Box* technique. The product incorporates a PTC thermistor for hand warming, a Mini GF-07 GPS module for location tracking, and a Bluetooth speaker for additional functionality. It is designed for mountain climbers, fishermen, SAR teams, and people living in areas with limited lighting. Recycled plastic waste was used as the frame material to support environmental sustainability. *SolidWorks* validation confirmed proper component integration, and the results showed that GPSolar Warm provides comfort, energy efficiency, durability, and environmental benefits.

Keywords: *black box*; *clarifying objectives*; *design validation*; *establishing functions*; *product specification*

1. Pendahuluan

Kegiatan mendaki gunung menghadapi banyak masalah, termasuk masalah kesehatan seperti hipotermia dan penyakit gunung akut (AMS), serta kekurangan sumber daya, seperti pencahayaan, sumber energi, dan sistem navigasi yang dapat diandalkan [1]. Untuk menyelesaikan masalah ini, Senter GPSolar *Warm* dibuat untuk membuat pendaki lebih aman dan nyaman saat menghadapi berbagai tantangan selama pendakian. Mengembangkan konsep baru yang didasarkan pada teori dan pemahaman dasar yang tepat

dikenal sebagai perancangan. Mempelajari sifat fisik material dan menetapkan karakteristik material memungkinkan perancangan unit yang memenuhi persyaratan dan fitur yang diharapkan [2].

Desain Senter GPSolar *Warm* akan diperiksa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dengan menggunakan teknik *Nigel Cross*, yang dikenal sebagai salah satu pendekatan perancangan produk dan perumusan strategi yang menekankan proses secara rasional dan sistematis [3]. Metode ini terdiri dari tujuh tahapan perancangan produk, yaitu mengklarifikasi tujuan produk, menetapkan fungsi desain, mengidentifikasi kompetitor, dan mengidentifikasi bahan yang tepat untuk produk tersebut [4]. Metode pohon tujuan menempatkan masalah dalam kategori-kategori yang berbeda, mulai dari yang paling umum hingga yang paling khusus. Metode ini digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan pernyataan tujuan secara terstruktur sambil mempertimbangkan berbagai elemen penting perancangan. Setiap masalah memiliki tingkat kepentingan yang berbeda, dan perancang harus mempertimbangkan masing-masing [5]. Pada titik ini, fungsi yang dibutuhkan dan batasan yang harus dipertimbangkan saat merancang sistem produk baru diputuskan. Untuk memahami hubungan antara *input*, proses, dan *output* sistem perancangan, pendekatan model box black juga digunakan untuk melakukan analisis fungsional [6]. Untuk membuat berbagai alternatif desain, teknik diagram morfologi digunakan selama tahap pengembangan ide. Pada tahap ini, perancang membuat beberapa pilihan solusi untuk setiap fungsi utama produk, lalu menggabungkannya untuk menentukan bentuk desain terbaik yang mungkin. Metode ini membantu proses memilih kombinasi desain yang tepat untuk fungsi yang telah ditentukan [7]. Pendekatan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah metode pengambilan keputusan yang didasarkan pada perbandingan antar kriteria kuantitatif dan kualitatif. AHP juga mempertimbangkan perbedaan pandangan serta kemungkinan konflik dalam pengambilan keputusan [8]. Selain itu, teknik penerapan fungsi kualitas (QFD) dapat digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan dan keinginan konsumen ke dalam spesifikasi produk. Teknik QFD mengutamakan kebutuhan pengguna, sehingga kualitas produk dapat dikendalikan agar sesuai dengan harapan pengguna [9].

Diagram proses aliran (FPC) menunjukkan alur kerja dari bahan mentah hingga produk akhir pada tahap produksi. Setiap langkah dalam proses produksi, mulai dari operasi, pemeriksaan, transportasi, keterlambatan, dan penyimpanan, digambarkan dengan jelas pada diagram ini. Untuk membuat alur kerja lebih sistematis dan mudah dipahami, simbol seperti lingkaran untuk proses, panah untuk perpindahan, persegi untuk pemeriksaan, huruf D untuk keterlambatan, dan segitiga terbalik untuk penyimpanan digunakan [10]. Perangkat lunak *SolidWorks* digunakan untuk menyelesaikan desain produk secara keseluruhan. Program ini sangat membantu dalam menggambarkan rancangan teknik yang rinci untuk produk, mesin, cetakan, atau mold, dan konstruksi [11]. Oleh karena itu, pendekatan desain yang menggunakan metode *Nigel Cross* tidak hanya berfokus pada proses perancangan yang rasional tetapi juga mengintegrasikan strategi pemasaran yang tepat. Masing-masing dari ketujuh tahapan dalam pendekatan ini menggunakan pendekatan unik, tetapi tujuan gabungan mereka adalah untuk menghasilkan produk yang benar-benar memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan [12].

2. Metode Penelitian

Dalam pembuatan suatu produk, proses perancangan harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum produksi dapat dimulai. Oleh karena itu, diperlukan metode tertentu untuk memulai proses perancangan. Ada 7 tahapan dalam proses perancangan dengan *Nigel Cross* sebagai berikut [13].

Tabel 1. Tahapan dalam Proses Perancangan dengan *Nigel Cross*

No	Tahap Proses Perancangan	Metode yang Relevan	Tujuan
1	Klasifikasi tujuan (<i>Classification objectives</i>)	Pohon Atribut (<i>Objectives Trees</i>)	Untuk menjelaskan tujuan sub-perancangan dan hubungannya satu sama lain
2	Penetapan Kebutuhan (<i>Establishing Function</i>)	<i>Function Analysis</i>	Untuk menentukan fungsi-fungsi yang diperlukan dan batas-batas sistem rancangan produk baru
3	Penetapan Karakteristik (<i>Requirement Setting</i>)	<i>Wish and Demand</i>	Untuk membuat spesifikasi produksi yang tepat yang diperlukan untuk desain
4	Penentuan Karakteristik (<i>Identifying Characteristics</i>)	<i>Quality Functional Deployment</i> (QFD)	Untuk menentukan tujuan yang akan dicapai oleh fitur teknik produk sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen
5	Penentuan Alternatif (<i>Generating Alternatives</i>)	<i>Morphological Chart</i>	Untuk menetapkan serangkaian solusi perancangan produk yang lengkap dan memperluas pencarian solusi baru yang potensial
6	Evaluasi Alternatif (<i>Evaluating Alternatives</i>)	<i>Weighted Objective, Gantt Chart</i>	Untuk membandingkan manfaat dari berbagai desain produk berdasarkan kinerja relatif terhadap bobot tujuan yang ditetapkan
7	Rincian Perbaikan (<i>Improving Details</i>)	Rekayasa Nilai	Untuk menghasilkan hasil akhir, yaitu desain produk

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Spesifikasi Data Produk Akhir

Berikut adalah tabel spesifikasi data produk akhir yang dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Spesifikasi Data Produk Akhir

No.	Atribut	Modus
1.	Warna	Putih
2.	Ukuran	15 x 17 cm
3.	Sumber Energi	Panel Surya
4.	Model Tombol	<i>Push Button</i>
5.	Material Produk	Limbah Plastik
6.	Fitur Penghangat	Sensor PTC <i>Thermistor</i>
7.	Alat Navigasi	<i>GPS mini GF 07</i>
8.	Fungsi Tambahan 1	<i>Tali Wrist Strap</i>
9.	Fungsi Tambahan 2	<i>Speaker Bluetooth</i>
10.	Fungsi Tambahan 3	Pegangan Senter

Gambar perancangan desain akhir produk Senter GPSolar *Warm* dapat dilihat pada gambar 1.

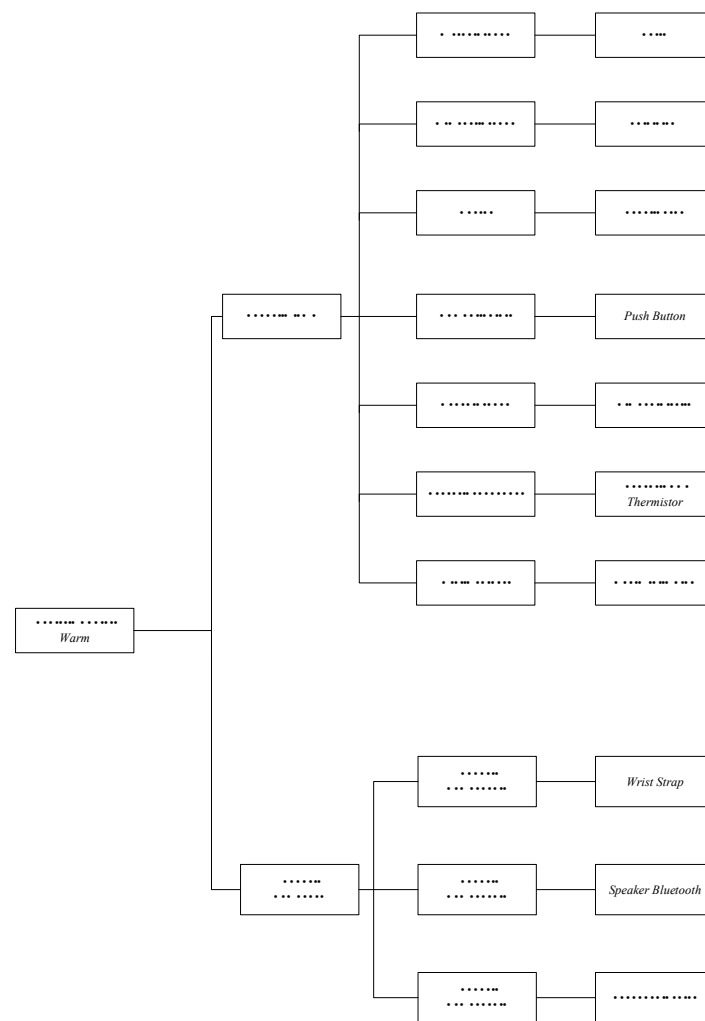


Gambar 1. Desain Akhir Produk Senter GPSolar *Warm*

3.2. Tahapan Nigel Cross

3.2.1. Klarifikasi Tujuan

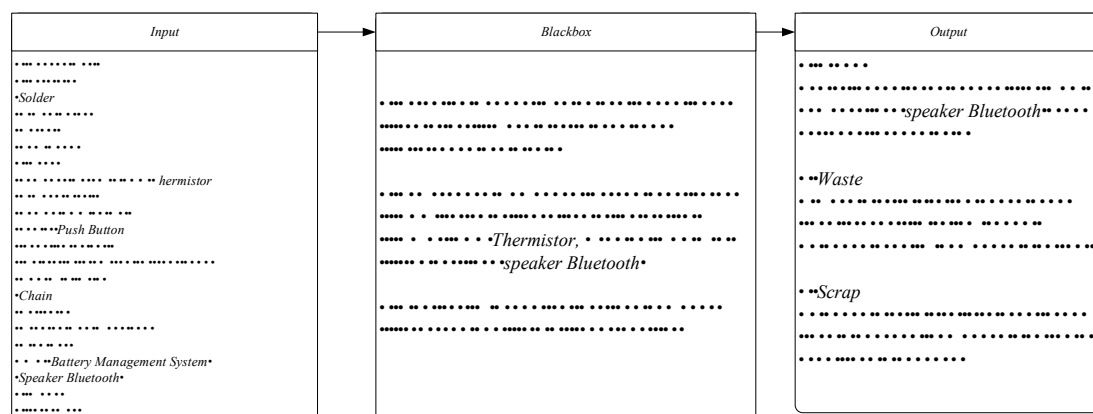
Selama proses perancangan, Anda dapat menggunakan pohon tujuan, juga dikenal sebagai pohon tujuan. Metode ini membantu merumuskan dan menafsirkan tujuan dengan menggambarkan kondisi tujuan yang ingin dicapai berdasarkan berbagai pertimbangan. Beberapa langkah dalam proses pembuatan termasuk menyusun daftar tujuan perancangan, mengurutkannya dari yang paling umum ke yang paling spesifik, dan membuat diagram pohon untuk menunjukkan hubungan hierarkis antar tujuan tersebut [14]. Berikut ini pohon tujuan produk Senter GPSolar *Warm*.



Gambar 2. Diagram Pohon Tujuan Produk Senter GPSolar Warm

3.2.2. Penetapan Fungsi

Sistem pembatas yang mencakup input, output, subfungsi, dan batasan aktivitas produksi dapat dibuat berdasarkan penetapan fungsi [15]. Gambar 3 menunjukkan metode *Black Box* yang digunakan pada produk Senter GPSolar Warm, yang menunjukkan kemampuan sistem secara keseluruhan untuk berkembang dan mengubah masukan menjadi keluaran.



Gambar 3. Ilustrasi Black Box Produk Senter GPSolar Warm

3.2.3. Penetapan Kebutuhan

Penetapan kebutuhan adalah istilah yang mengacu pada kebutuhan pelanggan tentang desain produk. Simbol "D" menunjukkan bahwa permintaan konsumen tidak sesuai dengan hasil rancangan perancang, dan simbol "W" menunjukkan bahwa rancangan perancang memenuhi harapan konsumen [16].

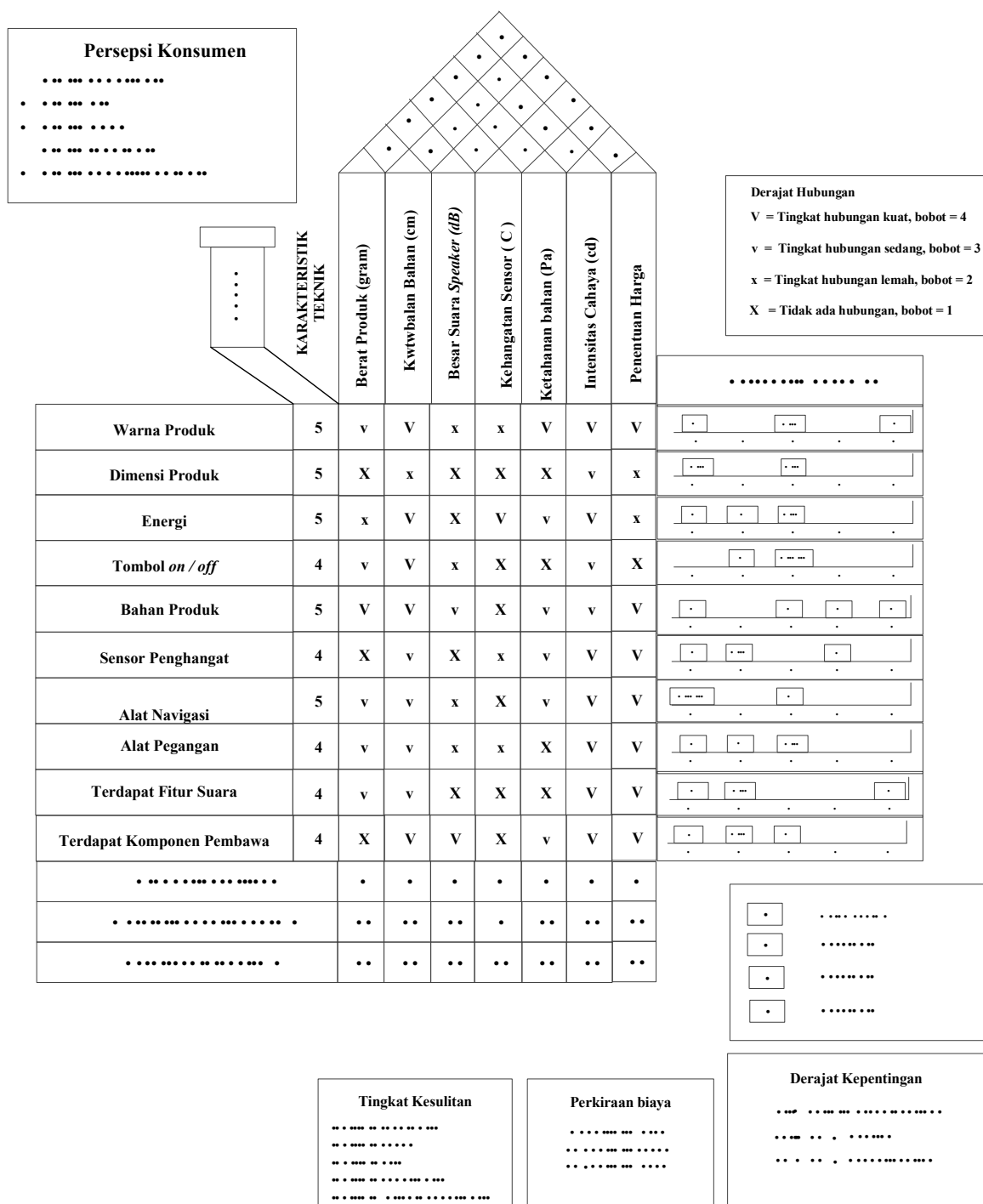
Tabel 3. Rekapitulasi Produk Senter GPSolar Warm

No.	Hasil <i>Brainstorming</i>	D atau W	Kuesioner Terbuka
1.	Senter GPSolar Warm memiliki warna abu-abu	D	Senter GPSolar Warm memiliki warna putih
2.	Senter GPSolar Warm memiliki dimensi 15 x 7 cm	W	Senter GPSolar Warm memiliki dimensi 15 x 7 cm
3.	Senter GPSolar Warm menggunakan energi panel surya	W	Senter GPSolar Warm menggunakan energi panel surya
4.	Senter GPSolar Warm memiliki model tombol <i>on/off up and down</i>	D	Senter GPSolar Warm memiliki model tombol <i>on/off push button</i>
5.	Senter GPSolar Warm menggunakan bahan PVC bekas	W	Senter GPSolar Warm menggunakan bahan limbah plastik
6.	Senter GPSolar Warm memiliki sensor penghangat PTC <i>Thermistor</i>	D	Senter GPSolar Warm memiliki sensor penghangat PTC <i>Thermistor</i>
7.	Senter GPSolar Warm memiliki alat navigasi GPS Mini GF 07	W	Senter GPSolar Warm memiliki alat navigasi GPS Mini GF 07
8.	Senter GPSolar Warm menggunakan tali <i>wrist strap</i> sebagai alat pembawa senter	W	Senter GPSolar Warm memiliki alat pegangan <i>wrist strap</i>
9.	Senter GPSolar Warm memiliki fitur suara <i>speaker bluetooth</i>	W	Senter GPSolar Warm memiliki fitur suara <i>speaker bluetooth</i>
10.	Senter GPSolar Warm memiliki komponen pembawa senter	W	Senter GPSolar Warm memiliki komponen pembawa senter

Tabel di atas menunjukkan bahwa W lebih besar dari D, yang berarti bahwa desainer dapat mengakomodasi keinginan pelanggan. Oleh karena itu, karena W lebih besar dari D, maka jumlah permintaan adalah 3 dan keinginan adalah 7.

3.2.4. Penentuan Karakteristik

Pendekatan sistematis untuk penerapan fungsi kualitas (QFD) dalam desain produk atau layanan bertujuan untuk membantu tim memahami kebutuhan konsumen dan cara memenuhinya. Penyusunan hierarki kriteria, penilaian subjektif, dan pengumpulan berbagai elemen pertimbangan untuk menentukan bobot atau tingkat prioritas adalah semua bagian dari proses ini. Hasil akhir penerapan fungsi mutu (QFD) adalah serangkaian keputusan tentang karakteristik produk yang digabungkan dalam sebuah rumah mutu atau rumah mutu. Desain produk Senter GPSolar Warm digambarkan sebagai berikut oleh *House of Quality*.



3.2.5. Penentuan Alternatif

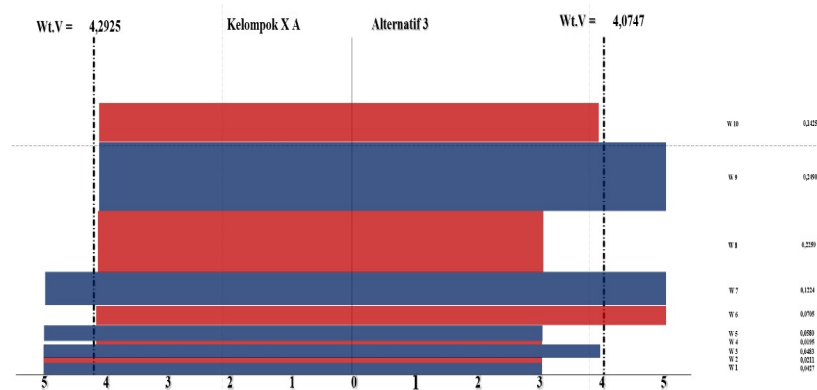
Tujuan pengembangan alternatif adalah untuk mengembangkan sebanyak mungkin solusi yang dapat diselesaikan. Selain itu, pilihan terbaik akan dipilih [17]. *Morphological Charts* senter GPSolar Warm dapat dilihat Tabel 4.

3.2.6. Evaluasi Alternatif

Alternatif yang dihasilkan melalui *Morphological Chart* selanjutnya dievaluasi dengan meninjau kembali setiap opsi yang tersedia, guna menentukan pilihan yang paling optimal. Proses evaluasi ini dilakukan menggunakan metode pembobotan tujuan (*Weighted Objectives*) [17]. Pembobotan tujuan digunakan untuk membandingkan nilai relatif dari setiap pilihan atau saran dengan mempertimbangkan perbedaan yang diberikan pada masing-masing tujuan [18].

Tabel 4. Morphological Charts Senter GPSolar Warm

Fungsi	Cara Mencapai Fungsi		
	1	2	3
Warna Produk	Putih	Hitam	Abu-abu
Dimensi Produk	20 cm x 10 cm	15 cm x 10 cm	15 cm x 7 cm
Energi	Listrik	Panel Surya	Baterai
Tombol on/off	Push down	Slide switch	Up and down
Bahan Produk	Limbah plastik	Aluminium	Pipa PVC
Sensor Penghangat	PTC Thermistor	Sleeping system	Bantal penghangat
Alat Navigasi	Kompas	Sinyal SOS	GPS
Terdapat Fitur Suara	Radio	headphone	Speaker bluetooth
Terdapat Komponen Pembawa Senter	Wrist strap	Chain	Tali
Alternatif 1 Alternatif 2 Alternatif 3			



Gambar 5. Profil Nilai Perbandingan Kelompok X/A dan Alternatif 3

Nilai setiap alternatif dapat dihitung dengan mengalikan nilai masing-masing fitur produk dengan nilai relatifnya. Selanjutnya, hasil perkalian dijumlahkan untuk menghasilkan nilai tertinggi. Kelompok XA memiliki nilai 4,2925, dan Alternatif 3 memiliki nilai 4,0747. Luas gap 0,2069 Kelompok XA lebih kecil dari luas gap 0,4089 Alternatif 3, jadi produk Kelompok XA adalah yang dipilih. Pada grafik *Gantt*, W9 menunjukkan bobot yang paling besar, yang merupakan fitur suara, dan W4 menunjukkan bobot yang paling kecil, yang merupakan tinggi produk. Karena simpangan paling jauh hanya memiliki nilai kepentingan, kelompok XA tampaknya lebih stabil daripada Alternatif 3.

3.2.7. Rincian perbaikan

Tujuan dari langkah ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk [19]. Harga jual produk didasarkan pada perkiraan harga dari setiap komponen produksi yang telah ditentukan sebelumnya. Tabel 5 menunjukkan biaya akhir dari komponen yang digunakan dalam perancangan produk Senter GPSolar Warm.

3.3. Flow Process Chart

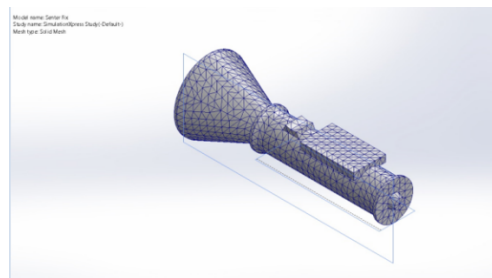
Flow Process Chart menunjukkan semua tindakan yang dilakukan selama pelaksanaan suatu pekerjaan, baik yang memiliki nilai tambah maupun yang tidak [20]. *Flow Process Chart* digunakan untuk menggambarkan proses produksi, mulai dari tahap perancangan dan perakitan hingga pengemasan, digambarkan dalam diagram proses aliran. Tujuannya adalah untuk membuat alur kerja lebih terorganisir dan sistematis dengan mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan untuk setiap tahapan tugas. Produksi Senter GPSolar Warm terdiri dari 46 kegiatan, termasuk 14 proses operasi dengan waktu 3.570 detik, 17 proses transportasi dengan waktu 1.020 detik, 14 proses penyimpanan, 1 proses inspeksi, dan tidak ada proses yang tertunda. Di setiap kegiatan pembuatan produk, penentuan waktu adalah tantangan. Perancang harus melihat berapa banyak waktu yang dimuat dalam setiap kegiatan.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Harga Komponen-Komponen yang Digunakan

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Jumlah Komponen yang Dibutuhkan	Total Harga (Rp)
Filamen PET	15.000	1 kg	15.000
Panel Surya	20.000	1 unit	20.000
Push button	1.000	1 unit	1.000
Sensor PTC Thermistor	16.000	1 unit	16.000
Arduino Uno R3	50.000	1 unit	35.000
GPS smart tracker	15.000	1 unit	15.000
Wrist starp	10.000	1 unit	10.000
Speaker mini	30.000	1 unit	30.000
Baterai	16.000	1 unit	16.000
Lampu LED 50 watt	12.000	1 unit	12.000
BMS (Battery Management System)	15.000	1 unit	15.000
Total			Rp 185.000

3.4. Simulasi Produk dengan Software SolidWorks

Dengan menggunakan *SimulationXpress Analysis Wizard* pada *software SolidWorks*, simulasi dilakukan untuk menganalisis tegangan atau kekuatan produk [21]. Hasil analisis *Wizard* pada perancangan produk Senter GPSolar *Warm* ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. *SimulationXpress Analysis Wizard* Produk Senter GPSolar *Warm*

Sebagai hasil dari properti massa, diperoleh massa sebesar 76,95 gram dan volume sebesar 76.947,18 m³. Selain itu, kekuatan pelepasan produk Senter GPSolar *Warm* adalah 1,233e+04 N/m².

4. Kesimpulan

Metode tujuh langkah *Nigel Cross* digunakan untuk merancang produk Senter GPSolar *Warm*. Diagram pohon Senter GPSolar *Warm* dibuat setelah klarifikasi tujuan. Tahap penetapan kebutuhan menghasilkan tujuh atribut keinginan dan tiga atribut permintaan. Metode QFD, yang menjelaskan pembagian karakteristik teknis yang ditetapkan, digunakan untuk menghasilkan perkiraan biaya, derajat kepentingan, dan tingkat kesulitan. Metode pengembangan alternatif menghasilkan empat pilihan spesifikasi alternatif untuk produk Senter GPSolar *Warm*. Selain itu, dengan menggunakan metode grafis morfologi, area pembentukan solusi akan diperluas. Selanjutnya, evaluasi alternatif dilakukan untuk mengetahui bobot relatif dan luas gap *Gantt chart*. Karena evaluasi penurunan harga telah dilakukan tanpa mengurangi fungsi produk, produk Senter GPSolar *Warm* dipilih karena luas gap *Gantt chart*-nya sebesar 0,2069 lebih kecil daripada luas gap 3 sebesar 0,4089. Saat produk Senter GPSolar *Warm* dirancang, harga yang akan dikeluarkan adalah Rp 185.000,00. Diagram proses aliran menggunakan 46 komponen untuk perancangan produk akhir, termasuk 14 proses operasi dengan waktu 3.570 detik, 17 proses pengiriman dengan waktu 1.020 detik, 14 proses penyimpanan, 1 proses inspeksi, dan tidak ada proses yang tertunda. Dengan menggunakan *SimulationXpress Analysis Wizard*, simulasi dilakukan pada *SolidWorks* untuk menganalisis tegangan atau kekuatan produk. Hasilnya menunjukkan massa sebesar 76,95 gram dan volume sebesar 76.947,18 m³. Selain itu, hasil simulasi menunjukkan bahwa produk Senter GPSolar *Warm* memiliki kekuatan produksi 1,233e+04 N/ m².

Referensi

- [1] Nur Evirda Khosyati and Siti Nursipa Wulida, "Inovasi Jam Pintar Terintegrasi IoT sebagai Teknologi Navigasi Search and Rescue di Gunung Rinjani," *Multidisciplinary Indonesian Center Journal (MICJO)*, vol. 1, no. 3, pp. 1545–1546, 2024..
- [2] R. A. Hutapea, M. N. I. Nasution, G. Imel, and D. C. Sitohang, "Penerapan Metode Nigel Cross pada Desain Produk Alat Pendeteksi Kanker Payudara," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [3] J. A. Lubis, M. Alfredo Yosafat, N. Ranti Widya, Vera Devi, and T. Yuni Cintya, "Perancangan Produk Kursi Olahraga dan Terapi pada Wanita Hamil Menggunakan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [4] A. Hartanto and R. Elsa Sri E, "Perancangan Lumbar Support with Belt dengan Menggunakan Metode Nigel cross," *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [5] T. Widodo, Ismail Ferdiansyah, and Adi Prasetyo, "Perancangan Ulang Produk Os Table Dengan Menggunakan Metode Antropometri Redesign of Os Table Product Using Anthropometry Method," *Journal Industrial Manufacturing*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [6] W. P. Anugerah and C. Sharah, "Penerapan Nigel Cross pada Pemasas Lutut Osteoarthritis," *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [7] C. G. Sharon and Devanny Gumulya, "Perancangan Lampu Lantai dengan Inspirasi Gaya Desain Memphis di Era Tahun 1981 dengan Metode Morphological Chart," *Jurnal Da Mod*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [8] D. Marcella, A. Jonathan Amos, M. Pingkan, and Z. Jihan, "Perancangan dan Pengembangan Produk Smartwatch Pendeteksi Kantuk dengan Pendekatan Nigel Cross," vol. 7, no. 1, 2024.
- [9] M. Simanjuntak, N. Lamrista Juniarti, I. Muhammad, S. Johannes, and M. Fatma Widayani, "Perancangan dan Pengembangan Alat Terapi Punggung Skoliosis dengan Metode Nigel Cross," vol. 7, no. 1, 2024.
- [10] 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.
- [11] Y. M. A. D. S, P. Hieronimus Vikko, H. Andreas Nova Oktavianus, I. Lukas Haris, and S. Viktor, "Analisis Daya Tahan dan Kekuatan Frame Melalui Simulasi Statis Solidworks pada Rancangan Mesin Pengolah Limbah Kardus Menjadi Papan Pengganti Kayu," *Industrial and Mechanical Design Conference*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [12] Chairunnisa Andaristi, Syah Najwa, Dinda Rahma Aulia Harahap, Sulis Setyowati, and Suci Asmidar Harahap, "Perancangan dan Pengembangan Produk Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 887–895, 2024.
- [13] Sardiani Zulkifli, Ariviana L. Kakerissa, and Alfredo Tutuhutunewa, "Redesain Masker sebagai Alat Pelindung Diri bagi Mahasiswa Ti dengan Menggunakan Metode Nigel Cross," *I-Tabaos*, vol. 1, no. 1, pp. 31–38, 2021.
- [14] Titus Temazisokhi Hulu, Ranti Widya Ningsih, Nurul Amalia Tambunan, Fadilah Pratiwi, and Exaudi, "Perancangan Produk Topi Sensorik dengan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 291–298, 2024.
- [15] Rosnani Ginting and Alfin F. Malika, "Desain Produk Knee and Leg Brace (Penyangga Lutut dan Kaki) dengan Penerapan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 642–650, 2021.
- [16] Abdul Malik, Aris Fiatno, and Beny Setiawan, "Rancang Bangun Alat Penjernih Air Tipe Portable Menggunakan Metode Nigel Cross," *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 6, no. 4, pp. 1148–1152, 2023.
- [17] Nurul Syifa Adilah, Rosnani Ginting, Ariz Farhan, and Hanifah Zahra Fadhillah Cut, "Perancangan Produk Selimut Kesehatan 3 in 1 dengan Menggunakan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 677–683, 2022.
- [18] Asep Saepul Rahmat, "Peningkatan Mutu Produk Mochi Lampion Kaswari Sukabumi dengan Metode QFD," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [19] Christian Herlim, Tara Leona, Caroline Chandra, James Marco Sagala, and Wilbert Brannan, "Perancangan Alat Terapi Kaki Berbasis Arduino dengan Metode Nigel Cross," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 901–908, 2024.
- [20] Thomas Justin Hanjaya* and Novie Susanto, "Usulan Perbaikan Tata Letak Area Proses Warping dengan Metode Konvensional Berbasis 5S (Studi Kasus: Pt Dunia Setia Sandang Asli Tekstil 4)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 1–13, 2024.
- [21] Imam Sungkono, Hery Irawan, and Desmas Arifianto Patriawan, "Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembuat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, pp. 575–580, 2019.