

DESIN ULANG ALAT PENGUBAH KABUT MENJADI AIR DENGAN METODE THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING DAN KANO

REDESIGN OF A DEVICE TO CONVERT FOG INTO WATER USING THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING AND KANO METHODS

Ardi Jumanto¹, Indro Prakoso^{*2}, Bhre Wangsa Lenggana³, Ali Alhamidi⁴, Sugeng Waluyo⁵

*Email: prakosoindro@unsoed.ac.id

¹Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga, Indonesia
^{2,3,4,5} Teknik Mesin, Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengubah kabut menjadi air menggunakan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) dan Kano guna mengatasi ketersediaan air bersih di lingkungan dataran tinggi. Design alat penangkap kabut perlu dirancang ulang guna meningkatkan fungsi teknis dan melibatkan suara konsumen. Penelitian dimulai dengan identifikasi berbasis literatur terhadap tantangan teknis pada sistem pemanen kabut yang ada. Permasalahan ini dikategorikan ke dalam atribut dan dianalisis menggunakan analisis kontradiksi TRIZ, yang memetakan fitur yang membaik dan fitur yang memburuk ke dalam matriks kontradiksi. Matriks tersebut menghasilkan prinsip-prinsip *inventive* seperti segmentasi, tindakan pendahuluan, pengeluaran, dan penyiapan darurat yang menghasilkan solusi spesifik. Solusi ini menjadi proses desain konseptual. Setelah desain TRIZ dihasilkan, selanjutnya adalah mengembangkan desain tersebut dengan metode Kano yang mana melibatkan konsumen. Desain TRIZ diintegrasikan menjadi pertanyaan Kano. Pertanyaan dalam bentuk kuesioner disebar ke pengguna untuk kemudian mendapatkan jawaban dan diolah sesuai Kano. Hasilnya adalah 9 tingkat kepentingan dan 7 fitur fungsional dan disfungsional. Dari 7 fitur yang terintegrasi dengan TRIZ, 5 fitur dipertahankan atau dikembangkan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode TRIZ secara efektif menyelesaikan konflik desain dan mendukung pengembangan solusi yang inovatif dan adaptif. Dan metode Kano dilakukan validasi desain konseptual berdasarkan kebutuhan dan kepuasan pengguna.

Kata kunci: Kabut Menjadi Air, Metode TRIZ, Metode Kano, Integrasi TRIZ dan Kano, Ketersediaan Air Pegunungan.

Abstract

This study aims to design a fog-to-water conversion device using the TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) and Kano methods to address clean water scarcity in high-altitude environments. The research begins with a literature-based identification of technical challenges in existing fog harvesting systems. These challenges are categorized into attributes and analyzed using TRIZ contradiction analysis, which maps improving and worsening features into a contradiction matrix. The matrix yields inventive principles such as segmentation, preliminary action, taking out, and beforehand cushioning, which generate specific solutions that form the basis of the conceptual design. Subsequently, the design is refined using the Kano method. The TRIZ-based design attributes are integrated into Kano questionnaires, which were distributed to users for data collection and analysis. The results identified 9 levels of importance and evaluated 7 functional and dysfunctional features. Of the 7 features integrated with TRIZ, 5 were selected for retention and development. This study concludes that the TRIZ method effectively resolves design conflicts and supports the development of innovative and adaptable solutions, while the Kano method validates the conceptual design based on user needs and satisfaction.

Keywords: Fog-to-Water Conversion, TRIZ Method, Kano Method, TRIZ and Kano Integration, Mountain Water Scarcity.

I. PENDAHULUAN

Saat ini pendakian gunung masih dilakukan dengan logistik konvensional yang kurang efisien. Pendaki umumnya mengandalkan pengangkutan air secara manual dari titik awal tanpa memanfaatkan potensi sumber alam maupun manajemen perbekalan yang memadai [1]. Namun terdapat tantangan berupa ketidakpastian informasi ketersediaan sumber mata air di jalur pendakian seperti yang diungkapkan oleh Hadikristianto & Pranoto [2], beberapa jalur memiliki keterbatasan lokasi sumber air contohnya Gunung Sumbing.

Ketersediaan air yang sangat bergantung pada mata air alami dan musim hujan memiliki beberapa kendala, seperti kapasitas penyimpanan yang terbatas dan distribusi pipa yang belum menjangkau jalur, menyebabkan pasokan tidak merata dan air tidak mencukupi. Selama musim kemarau, debit air menurun dan akses menjadi sulit sehingga sumber air menghilang, terlebih jika terjadi gangguan seperti kebakaran hutan yang memutus jaringan distribusi [3].

Di sisi lain, wilayah pegunungan cenderung mengalami kabut tebal dengan intensitas cukup tinggi, suatu fenomena yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air melalui pendekatan ilmiah dan teknologi yang belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, alat pengubah kabut menjadi air adalah cara inovatif untuk mengatasi keterbatasan air di daerah pegunungan, karena dapat digunakan secara berkelanjutan [4].

Dalam kondisi iklim tertentu, teknologi pengubah kabut memungkinkan tetesan air yang terkandung dalam kabut ditangkap melalui jaring polipropilen dan dialirkan menuju penampungan, menghasilkan air bersih yang dapat dimanfaatkan terutama di wilayah dataran tinggi yang minim pasokan air konvensional [4]. Melihat potensi ini, penelitian ini mengusulkan desain alat pengubah kabut menjadi air. Alat ini dirancang bersifat portabel yang berorientasi sebagai produk massal untuk kegiatan pendakian.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini mengadopsi pendekatan desain dua tahap. Pada tahap pertama berfokus pada pembuatan desain awal dengan metode TRIZ. Dengan menggunakan alat analisis TRIZ seperti Matriks Kontradiksi dan 40 Prinsip Inventif, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain awal sebagai sebuah solusi konsep yang unggul secara teknis dan inovatif [5].

Tahap kedua bertujuan menyempurnakan desain awal yang telah ada menjadi desain akhir dengan mempertimbangkan sudut pandang pendaki. Metode

Kano digunakan pada tahap ini untuk menerjemahkan suara konsumen ke dalam atribut desain [6]. Metode ini mengelompokkan setiap fitur ke dalam lima kategori yaitu *Must-Be*, *One-Dimensional*, *Attractive*, *Indifferent*, dan *Reverse* [7]. Analisis hasil kuesioner Kano dijadikan sebagai landasan objektif dalam mengembangkan fitur pada desain awal, sehingga menghasilkan desain akhir yang lebih inovatif dan menjawab keinginan serta harapan penggunaanya.

Hasil desain ulang berupa konseptual melalui *computer aided design* (CAD) dengan bantuan *software*. Analisis pengembangan dilakukan hanya pada hasil design CAD tidak dilakukan pembuatan prototipe akhir dan uji prototipe.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kabut dan Air

Kabut merupakan fenomena atmosferik yang terbentuk dari kondensasi uap air menjadi partikel mikroskopis berukuran sekitar 1–50 mikron yang melayang di dekat permukaan tanah dan tetap tersuspensi karena sangat ringan. Dalam klasifikasi meteorologi, kabut sering dianggap sebagai awan permukaan rendah yang diakibatkan pendinginan udara hingga titik embun [8]. Pembentukan kabut sangat dipengaruhi oleh faktor geografis dan klimatologis seperti topografi, kelembaban udara, suhu lingkungan, kecepatan dan arah angin, serta kedekatannya terhadap sumber kelembaban seperti laut atau hutan [8]. Di daerah pegunungan dan perbukitan, kabut kerap muncul secara rutin terutama pada malam dan pagi hari karena adanya pendinginan radiasi pada permukaan tanah, yang menurunkan suhu udara di sekitarnya hingga melewati titik embun [9].

Air merupakan zat cair yang tidak memiliki rasa, bau, dan warna, serta terdiri atas dua unsur utama yaitu hidrogen dan oksigen (H_2O). Sebagai senyawa kimia, air memiliki sifat fisis dan kimiawi yang menjadikannya unsur vital dalam kehidupan di bumi [9]. Manajemen air menjadi semakin penting di tengah tantangan perubahan iklim dan pertumbuhan penduduk. Di beberapa wilayah dataran tinggi seperti Sentul, Indonesia, pendekatan konservasi air menjadi solusi penting untuk menjaga ketersediaan air bersih selama musim kemarau [9].

B. Pengubah Kabut Menjadi Air

Potensi pemanfaatan kabut sebagai sumber air dapat menjadi alternatif. Kawasan pegunungan seperti Gunung Merbabu memiliki kondisi ideal

dengan kelembaban tinggi dan frekuensi kabut yang sering, terutama di malam hingga pagi hari [3]. Pemanenan kabut (*fog harvesting*) telah dikenal sebagai solusi pasif, berbiaya rendah, dan ramah lingkungan untuk mengatasi krisis air bersih terutama di daerah dengan curah hujan rendah dan distribusi air yang terbatas. Teknologi ini bekerja dengan cara menangkap butiran kabut melalui jaring atau kisi vertikal (biasanya berbahan *polypropylene*), di mana air akan mengalir ke bawah dan dikumpulkan dalam wadah penampung [10]. Efektivitas alat ini sangat dipengaruhi oleh jenis jaring, arah dan kecepatan angin, frekuensi kabut, serta posisi alat [11].



Gambar 1. Standard Fog Collector [4]

Pada beberapa wilayah seperti Atacama, Chile teknologi ini telah diuji dan menunjukkan hasil signifikan, yaitu tangkapan rata-rata sebesar 22 liter/m²/bulan [8]. Demikian pula di Indonesia, implementasi teknologi ini telah dilakukan secara terbatas di daerah seperti Toraja Utara dengan hasil tangkapan air yang bervariasi tergantung musim dan intensitas kabut [4]. Gambar 1 tersebut menunjukkan *Standard Fog Collector*.

C. Desain

Desain merupakan aktivitas eksploratif yang berorientasi pada penciptaan solusi baru terhadap suatu permasalahan, baik berupa inovasi total maupun pengembangan dari solusi yang telah ada. Proses ini tidak hanya menekankan pada hasil akhir, tetapi juga pada bagaimana proses berpikir kreatif digunakan untuk merumuskan pendekatan yang efektif dan relevan terhadap kebutuhan atau tantangan tertentu. Dalam proses desain, representasi eksternal seperti sketsa dan visualisasi memainkan peran penting sebagai alat bantu dalam konseptualisasi. Sketsa berfungsi sebagai jembatan antara ide abstrak dan bentuk konkret, memungkinkan desainer untuk

menguji, memodifikasi, dan mengembangkan solusi secara lebih fleksibel [12].

D. Metode TRIZ

TRIZ merupakan kependekan dari bahasa Rusia yaitu *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch*. Diterjemahkan dalam bahasa Inggris menjadi *Theory of Inventive Problem Solving* adalah sebuah pendekatan sistematis untuk sebuah inovasi, yang dikembangkan di Uni Soviet oleh Genrich Altshuller pada tahun 1946. Bertujuan membantu mencari solusi inovatif terhadap masalah teknis maupun non-teknis dengan menggunakan prinsip-prinsip yang sudah teruji dan terstruktur (Yao et al., 2024).

Alat ini digunakan untuk memetakan masalah desain yang bersifat teknis ke dalam 39 parameter rekayasa. Ketika satu parameter ditingkatkan (*improve*) dan menyebabkan parameter lain memburuk (*worse*), ini disebut sebagai kontradiksi teknis [14]. Parameter yang ditingkatkan dan parameter lain yang memburuk atau disebut sebagai kontradiksi teknis ini saling bertemu menghasilkan matriks kontradiksi TRIZ. Matriks ini akan merekomendasikan beberapa dari 40 prinsip inventif yang paling mungkin menyelesaikan kontradiksi tersebut (Chai et al. (2005) dalam Wardana [16]). Dalam matriks kontradiksi, sering kali terdapat lebih dari satu prinsip inventif atau solusi umum yang ditawarkan untuk menyelesaikan konflik antara dua parameter. Setiap solusi tersebut perlu dianalisis dan dipilih secara cermat agar dapat diterapkan pada permasalahan utama hingga menghasilkan solusi yang lebih spesifik [14].

E. Metode Kano

Metode Kano, yang dikembangkan oleh Profesor Noriaki Kano, merupakan sebuah model yang sangat berguna untuk mengintegrasikan "suara pelanggan" ke dalam proses pengembangan produk [17]. Tujuan utamanya adalah untuk memahami dan mengkategorikan preferensi serta kebutuhan pelanggan terhadap atribut-atribut suatu produk atau layanan, sehingga perusahaan dapat memprioritaskan fitur mana yang perlu dikembangkan untuk mencapai kepuasan pelanggan secara maksimal. Setiap pertanyaan dalam kuesioner dinilai dengan tingkat kepentingan yang menggunakan skala lima poin yaitu nilai 1 menunjukkan respon "sangat tidak penting," nilai 2 sebagai "tidak penting," nilai 3 untuk "cukup penting," nilai 4 berarti "penting," dan nilai 5 menyatakan "sangat penting". Kemudian tahap berikutnya adalah kuesioner dua kondisi yaitu fungsional dan disfungsional. Pada kuesioner ini

terdapat 5 jawaban yaitu sangat suka atau suka, harapan atau seharusnya, netral, dapat ditoleransi, dan sangat tidak suka atau tidak suka [18].

Untuk menetapkan kategori Kano bagi setiap atribut dalam perancangan, jawaban dari pasangan pernyataan fungsional dan disfungsional dicocokkan terlebih dahulu dengan tabel evaluasi Kano. Hasil pencocokan tersebut menghasilkan klasifikasi atribut ke dalam enam kategori.

Tabel 1. Evaluasi Model Kano

Kebutuhan Konsumen		Disfungsional				
		Suka	Harapan / Seharusnya	Netral	Dapat Ditoleransi	Tidak Suka
Fungsional	Suka	Q	A	A	A	O
	Harapan / Seharusnya	R	I	I	I	M
	Netral	R	I	I	I	M
	Dapat Ditoleransi	R	I	I	I	M
	Tidak Suka	R	R	R	R	O

Pada Tabel 1, kategori tersebut adalah *Must-be* (*basic attributes*), ini adalah kebutuhan dasar yang wajib ada pada setiap produk. *One-dimensional* (*performance attributes*), semakin baik performa pada atribut ini, semakin tinggi tingkat kepuasan pelanggan semakin baik, dan sebaliknya. *Attractive* (*excitement attributes*), atribut ini tidak disadari atau diharapkan oleh pelanggan, sehingga ketiadaannya tidak menyebabkan ketidakpuasan pada pelanggan. Namun, kehadirannya akan memberikan kejutan yang menyenangkan dan meningkatkan kepuasan secara drastis. *Indifferent* (atribut netral), kehadiran maupun ketiadaan atribut ini tidak memberikan pengaruh apa pun terhadap kepuasan pelanggan. Pelanggan tidak peduli dengan fitur ini.

Reverse (atribut kebalikan), kehadiran atribut ini justru menyebabkan ketidakpuasan bagi pelanggan. Sebaliknya, Ketika keberadaan atribut ini tidak ada atau dihilangkan maka akan meningkatkan kepuasan pelanggan. *Questionable* (hasil meragukan), jika jawaban responden tidak konsisten, maka akan masuk dalam kategori ini dan akan menandakan adanya kontradiksi dalam jawaban.

Selanjutnya, kategori utama dari tiap atribut ditentukan dengan menggunakan rumus *Blauth*. Rumus ini mengidentifikasi klasifikasi yang paling sesuai dengan membandingkan jumlah skor dari kategori ($M + O + A$) dan ($I + R + Q$).

- Jika total skor gabungan dari kategori M , O dan A lebih besar daripada jumlah skor I , R dan Q maka

kategori ditetapkan berdasarkan nilai tertinggi dari ketiga kategori utama (M , O , A).

- Jika jumlah dari M , O dan A lebih kecil dibandingkan total nilai I , R , dan Q , maka kategori ditentukan dari nilai terbesar di antara tiga kategori tersebut (I , R , Q).
- Jika total nilai antara kelompok ($M + O + A$) dan kelompok ($I + R + Q$) sama, maka klasifikasi dilakukan dengan memilih nilai tertinggi dari keseluruhan enam kategori model Kano

F. Integrasi Metode TRIZ dan Kano

Tahap awal dimulai dengan analisis teknis pada desain atau sistem yang akan digunakan untuk menemukan dan menyelesaikan kontradiksi. Metode TRIZ menyediakan perangkat sistematis untuk inovasi (Yao et al., 2023). Konsep-konsep solusi yang dihasilkan dari analisis TRIZ kemudian diterjemahkan menjadi fitur atau atribut produk yang dapat dievaluasi oleh pengguna. Setelah atribut produk didefinisikan, model Kano digunakan untuk mengukur dampaknya terhadap kepuasan pelanggan.

Melalui kuesioner Kano, atribut-atribut ini diklasifikasikan. Sebagai contoh berikut kebutuhan akan penggunaan sepeda listrik untuk pengiriman diidentifikasi dan dikategorikan menggunakan Kano untuk memahami fitur apa yang bersifat *Must-be*, *One-dimensional*, atau *Attractive* [20]. Hasil yang diperoleh dari klasifikasi Kano menjadi dasar untuk pengambilan keputusan. Atribut yang teridentifikasi sebagai *Attractive* (Menarik) dan *One-dimensional* (Kinerja) akan dijadikan sebagai bahan prioritas utama untuk pengembangan karena memiliki potensi terbesar untuk dapat meningkatkan kepuasan dan menciptakan keunggulan kompetitif [21].

G. Uji Kecukupan Data

Rumus Cochran pada persamaan (1) berikut ini digunakan untuk menghitung jumlah sampel yang diperlukan ketika ukuran populasi belum diketahui secara pasti [22].

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad (1)$$

H. Uji Validitas

Uji validitas bertujuan untuk menilai apakah suatu kuesioner benar-benar dapat mengukur apa yang seharusnya diukur. Sebuah kuesioner dikatakan valid apabila butir-butir pertanyaan tersebut akan mampu merepresentasikan variabel yang dimaksud [23].

I. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk menilai sejauh mana suatu kuesioner dapat memberikan hasil yang konsisten sebagai indikator dari suatu variabel. Sebuah kuesioner dianggap reliabel apabila respon yang diberikan oleh seseorang terhadap pertanyaan tetap stabil dari waktu ke waktu [23].

III. METODE

Design penelitian adalah rancang ulang alat pengubah kabut menjadi air dengan berdasarkan teknik, fitur dan masukan dari konsumen atau pengguna. Objek penelitian merupakan alat pengubah kabut menjadi air. Terdapat dua metode penelitian yaitu TRIZ dan KANO dengan lima tahap utama proses desain alat.

A. Pengumpulan Data Parameter Metode TRIZ

Langkah awal peneliti terlebih dahulu melakukan pengumpulan data parameter yang relevan dengan metode TRIZ, seperti identifikasi kontradiksi teknis, komponen utama serta identifikasi komponen yang tidak diinginkan. Data ini diperoleh melalui studi pustaka terkait desain alat pengubah kabut yang sudah ada.

B. Memodelkan Desain Awal dengan Metode TRIZ

Berdasarkan pada parameter tersebut, peneliti kemudian menyusun rancangan awal desain alat pengubah kabut menjadi air dengan menggunakan pendekatan metode TRIZ. Metode ini menggunakan kontradiksi teknis, yaitu menggunakan parameter ditingkatkan dan diturunkan atau memburuk. Data awal berupa fitur yang ada pada desain dimasukkan pada salah satu dari 39 parameter yang tersedia. Kemudian parameter tersebut disesuaikan dengan desain yang akan dibuat untuk masuk kategori ditingkatkan atau diturunkan. Hasil yang diinginkan juga dimasukkan pada data untuk mengetahui tujuan penggunaan fitur desain

C. Pembuatan Kuesioner Kano

Setelah desain awal selesai dimodelkan, peneliti menyusun instrumen pengumpulan data berupa kuesioner berbasis metode Kano. Kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi tentang persepsi, kebutuhan, dan harapan pengguna terhadap fitur-fitur yang terdapat pada desain awal tersebut. Kuesioner disusun dalam tiga bagian utama, yaitu pernyataan tingkat kepentingan, nilai pernyataan fungsional (*functional*) dan disfungsi (*dysfunctional*), sesuai dengan format standar yang ada dalam metode Kano.

Kuesioner disusun berdasarkan atribut fitur yang digunakan pada desain dengan metode TRIZ, baik fitur yang ditingkatkan, fitur yang diturunkan, atau atribut berdasarkan prinsip inventif TRIZ.

D. Pengumpulan Data Kuesioner Kano

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner Kano kepada sejumlah responden yang merupakan antusias pendakian gunung dan memiliki pengalaman atau ketertarikan terhadap aktivitas pendakian. Kuesioner disusun untuk memperoleh informasi mengenai tingkat kepentingan dan persepsi responden terhadap berbagai atribut atau fitur produk yang dikembangkan.

E. Memodelkan Pengembangan Desain dengan Metode Kano

Berdasarkan data pengguna yang telah tervalidasi, peneliti kemudian memodelkan pengembangan desain menggunakan metode Kano. Metode ini memungkinkan klasifikasi fitur berdasarkan tingkat kepuasan pengguna seperti kebutuhan dasar (*must-be*), kinerja (*one-dimensional*), dan kebutuhan menarik (*attractive*), sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih adaptif terhadap ekspektasi pengguna

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Desain TRIZ

1) Permasalahan Alat

Terdapat tujuh permasalahan pada alat pengubah kabut yaitu, sebagai berikut.

1. Alat harus dapat memaksimalkan kabut yang ditangkap melalui jaring penangkap
2. Posisi jaring tegak lurus mempengaruhi jumlah jaring yang ada
3. Air yang didapatkan sulit untuk mengalir ke bawah karena jenis jaring tertentu membuat air terperangkap namun sulit turun
4. Penampung air harus bisa menampung air dari semua sisi
5. Adanya partikel lain dari atas yang dapat masuk ke alat
6. Kepastian kebersihan dari air yang terkumpul
7. Ukuran alat yang sesuai untuk pendaki

2) Analisis Kontradiksi

Analisis kontradiksi sebagaimana pada Tabel 2 bertujuan mengetahui solusi peningkatan fungsi dan dampak yang timbul dari peningkatan yang terjadi. Pemetaan tujuh permasalahan alat pengubah kabut ke dalam analisis kontradiksi pada Tabel 2 menunjukkan

adanya hubungan *trade-off* yaitu antara peningkatan kinerja dan dampak yang ditimbulkan. Seperti pada Upaya untuk memaksimalkan penangkapan kabut melalui penggunaan jaring polipropilen untuk meningkatkan nilai efisiensi dan lainnya untuk menurunkan ketahanan terhadap sinar UV.

Pengaturan posisi jaring yang dimiringkan untuk menambah jumlah lapisan mampu meningkatkan peluang tangkapan, tetapi berdampak pada kebutuhan ruang yang lebih besar sehingga kurang praktis bagi pendaki. Permasalahan aliran air diatasi dengan penggunaan jaring vertikal, namun aliran yang terlalu cepat justru menyebabkan air mudah tercecceh atau terbawa angin.

Tabel 2. Analisis Kontradiksi

Peningkatan	Dampak
Penggunaan jaring polipropilen (efisiensi tangkap kabut meningkat)	Jaring lebih mudah rusak oleh sinar UV (umur pakai pendek)
Posisi jaring miring agar memuat banyak lapisan	Membutuhkan ruang lebih luas, tidak praktis untuk pendaki
Penggunaan jaring vertikal untuk mempercepat aliran air	Aliran terlalu cepat, air tercecceh/terbawa angin
Hasil air masuk seluruhnya ke penampung (tidak terbangun)	Penampung berukuran besar, menyulitkan dibawa pendaki
Adanya penutup alat pada sisi samping dan atas (air lebih bersih)	Jaring alat bertambah, pemasangan lebih rumit
Adanya filter sebelum air masuk ke penampung (air lebih higienis)	Aliran air lebih lambat karena filter bisa tersumbat
Desain dibuat lebih sederhana dan mudah dipasang	Luas jaring lebih kecil, hasil tangkapan air berkurang

3) Matriks Kontradiksi

Pada tahap ini, ditetapkan kontradiksi TRIZ berdasarkan hubungan antara nilai *improving feature* dan *worsening feature* yang diperoleh dari hasil analisis kebutuhan desain. Kontradiksi tersebut kemudian dipetakan ke dalam matriks kontradiksi TRIZ untuk menentukan prinsip-prinsip inovasi (*inventive principles*) yang relevan. Prinsip-prinsip tersebut selanjutnya digunakan sebagai alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan dan menghasilkan rancangan desain yang lebih optimal. Hasil pemetaan matriks kontradiksi dan *inventive principles* yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Kontradiksi TRIZ

Contradiction Matrix		Worsening Feature					
		8	9	23	27	36	39
Improving Feature	9	-		10, 13, 28, 38			
	27		21, 35, 11, 28			13, 35, 1	
	33			-			15, 1, 28
	39	35, 37, 10, 2			1, 35, 10, 38		

4) Solusi spesifik

Tahap ini bertujuan untuk merumuskan solusi spesifik yang ada dari kontradiksi antara parameter peningkatan (*improving feature*) dan dampak (*worsening feature*). Setelah diperoleh alternatif melalui *inventive principles*, langkah selanjutnya adalah memilih serta menerapkan prinsip spesifik ke dalam desain alat.

Tabel 4. Solusi Spesifik Prinsip Inventif TRIZ

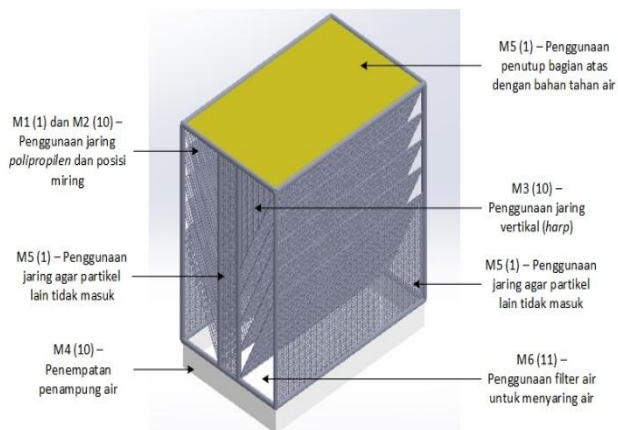
Kode	Specific Inventive Principles	Solusi Spesifik
M1	(1) Segmentation	Menggunakan jaring polipropilen dengan tingkat kerapatan yang tinggi agar dapat menangkap banyak kabut yang melewati jaring tersebut
M2	(10) Preliminary Action	Atur posisi penempatan jaring dari tegak lurus menjadi miring agar dapat memuat banyak jaring dan menangkap banyak kabut
M3	(10) Preliminary Action	Penggunaan jaring vertikal satu sisi digunakan pada bagian tengah alat untuk memaksimalkan aliran air yang didapat dari jaring penangkap kabut
M4	(10) Preliminary Action	Penempatan penampung air pada bagian bawah untuk memaksimalkan air yang didapat dari jaring kabut
	(2) Taking Out	Pemisahan bagian penampung dari alat dengan konsep modular agar dapat memudahkan pengambilan air
M5	(1) Segmentation	Menggunakan bahan anti air untuk menutup bagian atas agar bisa menahan air yang berpotensi masuk ke alat dan menggunakan jaring bagian samping agar partikel lain tidak masuk ke dalam alat
M6	(11) Beforehand Cushioning	Menggunakan filter air agar kualitas air yang dihasilkan meningkat
M7	(1) Segmentation	Membuat bagian-bagian pada alat dapat dibongkar pasang atau modular agar mudah dibawa pengguna

Integrasi prinsip inventif yang dipilih pada Tabel 4 tersebut menunjukkan bagaimana setiap solusi tidak

berdiri sendiri, melainkan saling melengkapi untuk menjawab semua kontradiksi yang telah diidentifikasi sebelumnya. Selanjutnya, secara keseluruhan, pada prinsip segmentation pada M1, M5, dan M7 akan menjadi fondasi utama dalam tahap desain. Pada M1, segmentasi diterapkan melalui pemilihan jaring dengan nilai kerapatan tinggi untuk meningkatkan efisiensi penangkapan kabut. Prinsip yang sama pada M5 digunakan untuk memisahkan fungsi perlindungan (penutup atas dan samping) dari fungsi utama penangkapan, sehingga alat tetap mampu menjaga kebersihan tanpa mengganggu kinerja jaring. Sementara itu, nilai pada M7, segmentasi diwujudkan dalam desain modular (bongkar pasang) untuk menjawab kebutuhan portabilitas bagi pendaki.

5) Memodelkan Desain Awal dengan Metode TRIZ

Berdasarkan data parameter TRIZ dan solusi spesifik, peneliti kemudian memodelkan desain alat pengubah kabut menjadi air. Pada Gambar 2, dengan menggunakan pendekatan pada metode TRIZ dan pemodelan dengan *Solidworks* sebagai alat utama untuk membuat desain alat ini.



Gambar 2. Desain alat dan kaitannya dengan prinsip TRIZ

B. Integrasi TRIZ dan Kano

Hasil desain metode TRIZ diintegrasikan ke metode Kano dengan tahap awal yaitu melakukan *brainstorming* dan didapatkan atribut-atribut yang perlu ada pada alat pengubah kabut menjadi air yang merupakan aspek teknis dan non-teknis. Hubungan Antara Solusi TRIZ Dengan Aspek Pengguna, tampak pada Tabel 5.

Pada Tabel 6 didapatkan atribut kepentingan berdasarkan kepentingan pada sisi pengguna. Sebagai penjelasan salah satu atribut yang didapatkan A8 dan

A9, Nilai tertinggi pada atribut ramah lingkungan (A8) dan kebersihan alat (A9) menunjukkan bahwa pengguna akan sangat memprioritaskan pada aspek keberlanjutan dan keamanan air yang dihasilkan. Hal ini wajar karena alat digunakan di alam terbuka oleh pendaki, sehingga material yang tidak mencemari lingkungan serta kemampuan menghasilkan air yang higienis menjadi faktor krusial. Implikasinya terhadap desain akhir adalah pemilihan material harus bersifat non-toksik, memiliki ketahanan yang lama, dan tidak meninggalkan residu, serta dilengkapi sistem perlindungan dan filtrasi (penutup dan filter) untuk menjaga kualitas air.

Tabel 5. Hubungan Antara Solusi TRIZ Dengan Aspek Pengguna

Kode Solusi	Solusi Spesifik TRIZ	Aspek teknis dan non-teknis
M1	Jaring berkerapatan tinggi meningkatkan hasil tangkapan kabut (efisiensi).	B5 Ukuran alat, B6 Ringan, B7 Tahan cuaca
M2	Posisi miring memudahkan air mengalir dan memperluas area penangkapan.	B3 Pemasangan/Instalasi, B4 Modular
M3	Jaring vertikal di tengah memperbaiki arah aliran air dan efisiensi pembersihan.	B3 Pemasangan/Instalasi, B9 Kebersihan alat
M4	Penampung di bawah memudahkan penyaluran air; konsep modular memudahkan pengguna mengambil air.	B2 Penampung air, B4 Modular/Lepas-pasang
M5	Penutup anti-air mencegah kontaminasi, menjaga air tetap bersih.	B7 Tahan cuaca, B9 Kebersihan alat
M6	Filter menjaga kualitas air agar air lebih aman & bersih untuk digunakan.	B8 Ramah lingkungan, B9 Kebersihan alat
M7	Alat modular memudahkan transportasi, perakitan, dan penggunaan di lapangan.	B4 Modular, B5 Ukuran alat, B6 Ringan

C. Hasil Kano

1) Tingkat kepentingan

Analisis tingkat kepentingan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana setiap atribut produk dianggap penting oleh konsumen, seperti tampak pada Tabel 6. Penilaian ini digunakan sebagai tahap awal dalam mengidentifikasi atribut yang menjadi perhatian utama pada konsumen sebelum dilakukan analisis Kano lebih lanjut. Sebanyak 97 responden memberikan penilaian terhadap sembilan atribut yang telah ditentukan berdasarkan karakteristik produk dan kebutuhan konsumen..

Tabel 6. Perhitungan Rank Atribut Tingkat Kepentingan

Atribut	Pertanyaan	Jumlah	Total	I.r	Rank
A1	Kepentingan Alat	97	356	3.670103	9
A2	Tempat Penampung Air	97	393	4.051546	5
A3	Pemasangan/ Instalasi Alat	97	373	3.845361	8
A4	Modular/Lepas-Pasang	97	374	3.85567	7
A5	Ukuran Alat	97	393	4.051546	5
A6	Ringan	97	395	4.072165	4
A7	Tahan Cuaca	97	427	4.402062	3
A8	Ramah Lingkungan	97	431	4.443299	1
A9	Kebersihan Alat	97	430	4.43299	2

2) Fungsional Disfungsional

Pada penyebaran kuesioner, jawaban Kano diubah dari huruf menjadi angka dengan nilai terbesar lima dan terendah adalah dengan nilai satu. Setelah itu, seperti sebelumnya yaitu pada jawaban Kano diubah menjadi matriks, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Penjumlahan Setiap Kategori Fitur

Fitur	M	O	A	I	R	Q	TOTAL
A2F1	2	17	39	30	8	1	97
A2F2	7	28	24	25	1	12	97
A2F3	4	24	24	28	5	12	97
A3F1	4	16	21	45	7	4	97
A3F2	1	9	20	49	11	7	97
A4F1	7	30	15	32	5	8	97
A5F2	2	14	35	35	11	0	97

Langkah selanjutnya adalah menjumlahkan kategori MOA dan IRQ. Penjumlahan ini bertujuan

untuk mengetahui perbandingan antara MOA dan IRQ sehingga dapat diambil keputusan kategori yang diimplementasikan pada atribut tersebut. Dari hasil pengkategorian diatas, dijelaskan arti dari masing-masing kategori yang dipilih, seperti tampak pada Tabel 9.

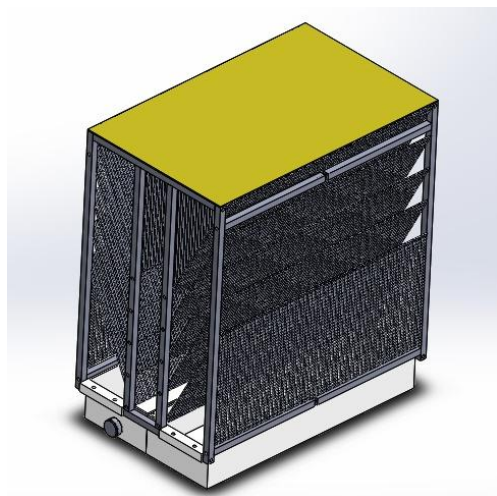
Tabel 8. Kategori Kano

MOA	IRQ	Kategori Kano
58	39	A
59	38	O
52	45	O
41	56	I
30	67	I
52	45	O
51	46	A

Berdasarkan hasil pengkategorian pada Tabel 9, setiap atribut memiliki kategori Kano yang menunjukkan karakteristik respons konsumen terhadap keberadaan fitur yang ditawarkan. Kategori *Must-be* (M) menunjukkan atribut yang dianggap sebagai kebutuhan dasar, *One-dimensional* (O) menunjukkan bahwa tingkat kepuasan konsumen meningkat seiring dengan terpenuhinya atribut, sedangkan *Attractive* (A) merupakan atribut yang dapat memberikan kepuasan tambahan apabila tersedia. Sementara itu, kategori *Indifferent* (I) menunjukkan atribut yang keberadaannya relatif tidak memengaruhi kepuasan konsumen, *Reverse* (R) menunjukkan bahwa keberadaan atribut justru dapat menimbulkan ketidakpuasan, dan *Questionable* (Q) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam jawaban responden. Kategori dengan jumlah dominan pada masing-masing atribut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan karakteristik Kano dari setiap atribut yang dianalisis.

3) Memodelkan Pengembangan Desain dengan Metode Kano

Berdasarkan hasil pengolahan data Kano, dari tujuh fitur didapatkan tiga kategori O (*One-Dimensional* atau semakin ada semakin puas), dua kategori A (*Attractive* atau fitur menyenangkan jika ada), dan dua kategori I (*Indifferent* atau fitur tidak terlalu penting). Maka lima fitur harus ada dan dua fitur bisa dihilangkan. Pada Gambar 3 ditunjukan prototipe visual.



Gambar 3. Desain Akhir Kano

Tabel 9. Kategori Yang Terpilih

Fitur	Fitur	Kategori	Deskripsi
A2F1	Adanya Penampung air	A	Fitur menyenangkan jika ada
A2F2	Penampung air bisa dilepas pasang	O	Semakin ada semakin puas
A2F3	Bukaan langsung ke botol/tumbler	O	Semakin ada semakin puas
A3F1	Penyangga alat dipasang di tanah	I	Fitur tidak terlalu penting
A3F2	Dapat digantung di pohon	I	Fitur tidak terlalu penting
A4F1	Rangka dapat dibongkar pasang	O	Semakin ada semakin puas
A5F2	Ukuran alat kecil (kurang dari setengah meter)	A	Fitur menyenangkan jika ada

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut.

1. Metode TRIZ yang digunakan pada penelitian telah berhasil mengidentifikasi dan menyelesaikan tujuh permasalahan teknis pada alat pemanen kabut dengan menggunakan empat prinsip inventif terpilih yaitu berupa *Segmentation*, *Taking Out*, *Preliminary Action*, dan *Beforehand Cushioning*.
2. Berdasarkan pada analisis Kano, beberapa fitur yang diaplikasikan pada desain akhir adalah fitur berkategori *One-Dimensional* dan *Attractive* (seperti rangka modular, penampung lepas-

pasang, dan dimensi ringkas). Sementara itu, fitur berkategori *Indifferent* (metode pemasangan di tanah/pohon) dieliminasi dikarenakan fitur tidak memberikan nilai tambah yang cukup signifikan bagi pengguna.

3. Integrasi pada kedua metode menghasilkan design ulang alat yang portabel (*mobile*), modular, serta dirancang spesifik mengikuti preferensi pendaki gunung, bukan sekadar instalasi permanen.

B. Saran

Saran yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut

1. Penelitian berikut perlu dilakukan pengembangan purwarupa fisik (*prototype*) yang dapat digunakan menguji efisiensi penangkapan air dan ketahanan struktur di kondisi lapangan yang sebenarnya.
2. Diperlukan kajian mendalam terkait pemilihan material dan estimasi pada biaya produksi untuk menilai kelayakan manufaktur serta potensi komersialisasi alat.
3. Pengujian pada aspek ergonomi dan *usability* secara akan memberikan pengaruh langsung pada pengguna disarankan untuk memastikan kenyamanan serta kemudahan instalasi alat.
4. Identifikasi karakteristik kabut dan pada kondisi geografis melalui studi kolaboratif dibutuhkan untuk kemampuannya meningkatkan adaptabilitas desain di berbagai lokasi pendakian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Romdhoni, "Studi pemahaman konsep pendaki pemula terhadap kebutuhan nutrisi terhadap pendakian," *Jurnal PADE: Pengabdian & Edukasi*, vol. 4, no. 2, pp. 51–54, Nov. 2022, doi: 10.30867/pade.v4i2.605.
- [2] W. Hadikristanto and G. T. Pranoto, "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Pendakian Gunung Terbaik Di Jawa Tengah Menggunakan Metode Saw (Simple Additive Weighting)," *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 8, no. 2, pp. 204–212, Jul. 2023, doi: 10.36341/rabit.v8i2.3557.
- [3] I. S. Bumi *et al.*, "Penyusunan Desain Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang," *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, vol. 12, no. 2, pp. 80–87, Jun. 2025, Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available:

- <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/ppkm/article/view/9137>
- [4] D. P. P. Ambali and J. A. Lolo, "Analisis Potensi Teknologi Pemanen Kabut (Fog Harvesting) Sebagai Alternatif Sumber Daya Air Terbarukan Di Kabupaten Toraja Utara (Studi Kasus: Desa Benteng Mamullu, Kecamatan Kapalapitu)," *Journal Dynamic Saint*, vol. 4, no. 2, pp. 822–830, Mar. 2020, doi: 10.47178/dynamicsaint.v4i2.884.
 - [5] Y. P. A. Banda, J. Mulyono, and H. Santosa, "The design of the Coconut Peeling and Splitting Machine using TRIZ Method," *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 5, no. 2, pp. 23–30, Feb. 2022, doi: 10.21070/prozima.v5i2.1390.
 - [6] D. A. H. Donida, H. Prastawa, and M. Mahacandra, "Perancangan Desain Kemasan Produk Carica Dengan Konsep Kansei Engineering Dan Model Kano," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 8, no. 2, Apr. 2019, Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/23753>
 - [7] S. N. Shofa and S. Suhartini, "Pengembangan Produk Meja Quality Control dengan Integrasi Metode Kano dan Metode Quality Fuction Deployment (QFD) serta Pertimbangan Ergonomi," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 8, no. 1, pp. 71–80, Apr. 2024, doi: 10.30595/jrst.v8i1.18742.
 - [8] L. P. Morales Vergara, R. Cunha Lima, E. Bonnail, and C. González Allende, "Fog water traps as a low-cost alternative source of wáter in coastal desert areas of the Pacific," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 4, no. 2, pp. 5866–5875, Aug. 2023, doi: 10.56712/latam.v4i2.1023.
 - [9] R. Arbaningrum, "Kajian Bangunan Penangkap Kabut dan Penampung Air Hujan untuk Daerah Sentul sebagai Ganti Air Bersih," *Widyakala Journal*, vol. 6, pp. 21–28, Jun. 2019, doi: 10.36262/widyakala.v6i0.167.
 - [10] M. Qadir, G. Jiménez, R. Farnum, L. Dodson, and V. Smakhtin, "Fog Water Collection: Challenges beyond Technology," *Water (Basel)*, vol. 10, no. 4, p. 372, Mar. 2018, doi: 10.3390/w10040372.
 - [11] Z. Ismail and Y. I. Go, "Fog-to-Water for Water Scarcity in Climate-Change Hazards Hotspots: Pilot Study in Southeast Asia," *Global Challenges*, vol. 5, no. 5, p. 2000036, May 2021, doi: 10.1002/gch2.202000036.
 - [12] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, 5th Edition. NJ 07030, USA: John Wiley & Sons, 2021.
 - [13] W. Yao, C. Wang, J. Pang, Y. Liu, and J. Zhang, "Research and development of fully enclosed wire-shell support structure technology for deep soft rock roadway based on TRIZ theory," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, p. 3279, Feb. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-53972-7.
 - [14] M. R. A. F. Ainul, "Redesain Mesin Pencacah Rumput dengan Metode Teoriya Resheniya Izobretatelskih Zadatch (Triz)," Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2024. Accessed: Sep. 06, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/54124>
 - [15] K.-H. Chai, J. Zhang, and K.-C. Tan, "A TRIZ-Based Method for New Service Design," *J Serv Res*, vol. 8, no. 1, pp. 48–66, Aug. 2005, doi: 10.1177/1094670505276683.
 - [16] K. W. Wardana, "Perancangan Mesin Penggulung Abrasive Belt Sander untuk Mereduksi Waktu Penggulangan pada Painting Department PT Yamaha Indonesia," Universitas Islam Indonesia, 2024.
 - [17] A. M. M. Sharif Ullah and J. Tamaki, "Analysis of Kano-model-based customer needs for product development," *Systems Engineering*, vol. 14, no. 2, pp. 154–172, Jun. 2011, doi: 10.1002/sys.20168.
 - [18] R. A. Apriani and H. Purnomo, "Perancangan Ulang Desain Kursi Roda Untuk Penderita Stroke Dengan Menggunakan Metode Kano," *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, Apr. 2024, doi: 10.37631/jri.v6i1.1175.
 - [19] K. C. Yao *et al.*, "Application of the TRIZ Innovation System Method to Bicycle Handlebars," *Machines*, vol. 11, no. 5, May 2023, doi: 10.3390/machines11050507.
 - [20] M. Liu and Y. Wu, "Design of electric bicycle for take-away delivery based on KANO model and TRIZ Theory," in *Usability and User Experience*, AHFE International, 2022, pp. 29–35. doi: 10.54941/ahfe1001687.
 - [21] J. Xu, X. Zhang, A. Liao, S. Yu, Y. Chen, and L. Chen, "Research on Innovative Design of Towable Caravans Integrating Kano-AHP and TRIZ Theories," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 15, no. 3, 2024, doi: 10.14569/IJACSA.2024.0150399.

- [22] R. Rosida and I. Haryanti, “Pengaruh Promosi Online dan Persepsi Harga Terhadap Keputusan Pembelian (Studi Kasus Pada Nithalian Collection Bima),” *Journal of Business and Economics Research (JBE)*, vol. 1, no. 2, pp. 150–160, Jun. 2020, doi: 10.47065/jbe.v1i2.235.
- [23] M. Z. Ilmi, “Analisis Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pasien Dengan Metode Service Quality (Servqual) Dan Importance Performance Analysis (Ipa) (Studi Kasus : Poli Kia Di Uptd Puskesmas Tlogosari Kulon),” Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2023.