

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Seiring dengan berkembangnya waktu telah banyak produk-produk yang berkembang guna mempermudah kerja manusia. Pengembangan produk tentunya dibutuhkan metode-metode perancangan sebagai cara dalam melakukan perancangan pengembangan produk. Banyak penelitian telah dilakukan untuk merancang produk dengan metode perancangan.

Penelitian dilakukan oleh Ghufrani (2010) dalam skripsinya yang berjudul "Perancangan Alat Pengangkut Galon dengan Pendekatan Metode *Axiomatic Design*". Skripsi tersebut membahas tentang perancangan alat yang dapat membantu dalam mengangkat galon pada dispenser. Metode perancangan yang dilakukan adalah *Axiomatic Design*. Mendapatkan rancangan alat untuk mengangkat galon ke dispenser sehingga mengurangi resiko cedera akibat melakukan pengangkatan galon merupakan hasil dari penelitian tersebut.

Penelitian dilakukan oleh Laksmi dkk (2010) dalam jurnal yang berjudul "Perancangan Ulang Kompor Bioetanol dengan Menggunakan Pendekatan Metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ)". Jurnal membahas tentang perancangan ulang sebuah kompor bioetanol agar menjadi lebih hemat dalam pemakaian bioetanol maupun hemat biaya. Metode perancangan yang digunakan adalah metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ). Sebuah kompor bioetanol yang mampu digunakan selama 5 jam, dan mampu menghemat biaya sebesar Rp. 20.000,00 per bulan merupakan hasil dari penelitian tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Tiafani dkk (2013) dalam jurnal yang berjudul "Rancangan Perbaikan Alat Bantu Jalan Anak (Baby Walker) Menggunakan Metode *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ)". Jurnal membahas tentang perancangan ulang alat bantu jalan anak berdasarkan alat bantu anak yang sudah ada sebelumnya. Perancangan ulang dimaksudkan untuk mendapatkan rancangan alat bantu jalan anak yang mampu memberikan solusi terhadap permasalahan-permasalahan yang ada pada alat bantu jalan anak yang

sudah ada sebelumnya. Metode perancangan yang digunakan adalah *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ).

Penelitian dilakukan oleh Utomo (2013) dalam skripsi yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan *Sprayer* Pupuk Elektrik”. Skripsi tersebut membahas tentang perancangan sampai pembuatan alat *sprayer* pupuk dengan sumber tenaga berupa listrik. Metode yang digunakan dalam perancangan tersebut adalah *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ). Sebuah alat *sprayer* pupuk gendong yang dioperasikan dengan menggunakan listrik merupakan hasil dari penelitian tersebut.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan pada saat ini adalah membuat alat Praktikum Fisika Listrik yang digunakan dalam kegiatan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar dan Material Teknik. Materi Praktikum Fisika Listrik diambil dari mata kuliah Fisika 2 yaitu listrik dasar listrik, komponen-komponen listrik, dan rangkaian listrik. Alat yang telah dibuat akan ditindaklanjuti dengan membuat modul praktikum sebagai pendukung dalam kegiatan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar dan Material Teknik. Metode pengerjaan pembuatan alat dalam penelitian ini yaitu *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (TRIZ). Hasil yang diharapkan dalam penelitian yang dilakukan saat ini adalah sebuah alat Praktikum Fisika Listrik dan modul praktikum yang digunakannya.

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Ghufrani (2010)	Pengangkut Galon ke Dispenser	<i>Axiomatic Design</i>	Rancangan alat bantu mengangkat galon ke dispenser yang dapat mengurangi resiko cidera akibat dari pengangkatan galon.
Laksmi dkk (2010)	Kompur Bioetanol	<i>Quality Function Deployment (QFD)</i> dan <i>Teoriya Resheniya Izobretzelskikh Zadatch (TRIZ)</i>	Sebuah kompor bioetanol yang mampu hidup selama 5 jam, dan menghemat biaya sebesar Rp. 20.000,00
Tiafani dkk (2013)	Alat Bantu Jalan Anak	<i>Teoriya Resheniya Izobretzelskikh Zadatch (TRIZ)</i>	Rancangan produk <i>baby walker</i> yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan meningkatkan keamanan produk dan bermanfaat bagi pertumbuhan fisik serta perkembangan mental anak pada usia 9-24 bulan.

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Utomo (2013)	Sprayer Pupuk Elektrik	Quality Function Deployment (QFD) dan Resheniya Izobretzelskikh Zadatch (TRIZ)	Sebuah alat sprayer gendong elektrik yang diaplikasikan untuk mempermudah petani dalam melakukan pemupukan tanaman.
Suryawan (2014)	Alat Praktikum Fisika Listrik beserta modulnya	Quality Function Deployment (QFD) dan Resheniya Izobretzelskikh Zadatch (TRIZ)	Sebuah alat Praktikum Fisika Listrik beserta modulnya yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum di Laboratorium Fisika Dasar dan Material Teknik.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Listrik

Di abad modern ini listrik sangatlah penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir tidak ada teknologi tanpa menggunakan listrik. Listrik sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Di Pusat Pembangkit Listrik, energi primer (seperti minyak, batubara, gas, panas bumi dan lain-lain) di ubah menjadi energi listrik, alat pengubah energi tersebut adalah generator, generator mengubah energi mekanis (gerak) menjadi energi listrik. Perpindahan energi dalam suatu rangkaian akan membangkitkan medan listrik (elektro magnetik) sehingga timbullah apa yang disebut dengan arus listrik.

a. Arus Listrik

Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara terus menerus dan berkesinambungan pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere.

Arus listrik di bagi menjadi 2, yaitu arus listrik searah (DC) dan arus listrik bolak-balik (AC). Arus listrik searah (*direct current* atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah. Sumber arus listrik searah biasanya adalah baterai dan panel surya. Arus listrik searah biasanya mengalir pada sebuah konduktor. Arus listrik searah kondisinya lebih stabil dibandingkan arus listrik bolak-balik sehingga lebih banyak digunakan untuk menghidupkan peralatan elektronik.

Arus bolak-balik (*alternating current* atau AC) adalah arus listrik yang besar dan arah arus berubah-ubah secara bolak-balik. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik berbentuk gelombang *sinusoida*. Aplikasi-aplikasi spesifik yang lain bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga (*triangular wave*) atau bentuk gelombang segi empat (*square wave*). Arus listrik bolak-balik dapat ditemui dalam penyaluran listrik dari PLN ke rumah atau kantor.

b. Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt.

Rumus tegangan listrik yaitu:

$$V = I \times R \quad (2.1.)$$

Keterangan:

V : Beda potensial pada kedua ujung rangkaian. Satuan besarnya yaitu Volt (V).

I : Kuat arus listrik yang mengalir pada satu rangkaian. Satuan besarnya yaitu Ampere (A).

R : Besarnya hambatan dalam sebuah rangkaian. Satuan besarnya yaitu Ohm (Ω).

c. Resistansi/Hambatan Listrik

Hambatan listrik adalah perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik (misalnya resistor) dengan arus listrik yang melewatinya. Hambatan listrik yang mempunyai satuan Ohm dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2.)$$

Keterangan:

R : Besarnya hambatan dalam sebuah rangkaian. Satuan besarnya yaitu Ohm (Ω).

V : Beda potensial pada kedua ujung rangkaian. Satuan besarnya yaitu Volt (V).

I : Kuat arus listrik yang mengalir pada satu rangkaian. Satuan besarnya yaitu Ampere (A).

Hambatan dapat disusun secara seri maupun paralel di dalam sebuah rangkaian. Rangkaian listrik memiliki lebih dari satu komponen penyusunnya. Rumus untuk menghitung nilai hambatan total pada rangkaian seri adalah sebagai berikut:

$$R_{Total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (2.3)$$

Rumus untuk menghitung nilai hambatan total pada rangkaian paralel adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2.4)$$

Keterangan:

R_{Total} : Hambatan total (ohm)

R_1 : Hambatan pertama (ohm)

R_2 : Hambatan kedua (ohm)

R_3 : Hambatan ketiga (ohm)

R_n : Hambatan ke n (ohm)

d. Rangkaian Listrik

Rangkaian Listrik adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Rangkaian listrik memiliki tiga jenis rangkaian yang sering dijumpai yaitu rangkain seri, rangkaian paralel, dan rangkaian campuran. Rangkaian seri adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara sejajar (seri). Rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel) dan semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Susunan paralel dalam rangkaian listrik menghabiskan biaya yang lebih banyak (kabel penghubung yang diperlukan lebih banyak). Susunan paralel memiliki kelebihan tertentu dibandingkan susunan seri. Kelebihan susunan paralel adalah jika salah satu komponen dicabut atau rusak, maka komponen yang lain tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Gabungan antara rangkaian seri dan rangkaian paralel disebut rangkaian seri-paralel (kadang disebut sebagai rangkaian campuran atau rangkaian kombinasi).

e. Komponen Elektronika

i. Resistor

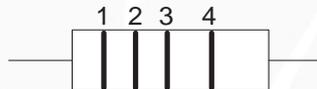
Resistor atau hambatan, berfungsi untuk menghambat arus listrik yang melewatinya, sehingga semakin besar nilai resistansi sebuah resistor yang dipasang maka semakin kecil arus yang mengalir. Satuan nilai resistansi suatu resistor adalah Ohm diberi lambang huruf R.

Ada dua macam resistor yang dipakai, yaitu resistor variabel dan resistor tetap. Resistor tetap merupakan resistor yang nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan dilakukan dengan tangan operator secara langsung (ada pemutar) dinamakan

potensiometer. Pengaturan dilakukan dengan obeng dinamakan *trimmer* potensiometer (trimpot).

Resistor tetap adalah resistor yang mempunyai nilai hambatan yang tetap. Bahan pembuat resistor berupa karbon, kawat atau paduan logam. Nilai hambatan resistor ditentukan oleh tebalnya dan panjangnya lintasan karbon.

Kode warna pada resistor menyatakan harga resistansi dan toleransinya, sehingga semakin kecil nilai toleransi suatu resistor maka semakin baik. Pada umumnya resistor memiliki 4 gelang warna. Membaca nilai resistensi pada resistor dapat menggunakan tabel gelang warna.



Gambar 2.1. Resistor Dengan 4 Gelang Warna

Tabel 2.2. Kode Warna Pada Resistor 4 Gelang Warna

Warna	Gelang 1 (Angka Pertama)	Gelang 2 (Angka Kedua)	Gelang 3 (Faktor Pengali)	Gelang 4 (Toleransi)
Hitam	-	0	1	-
Coklat	1	1	10^1	1
Merah	2	2	10^2	2
Oranye	3	3	10^3	3
Kuning	4	4	10^4	4
Hijau	5	5	10^5	5
Biru	6	6	10^6	6
Ungu	7	7	10^7	7
Abu-abu	8	8	10^8	9
Putih	9	9	10^9	9
Emas	-	-	10^{-1}	5
Perak	-	-	10^{-2}	10
Tanpa Warna	-	-	10^{-3}	20

ii. Dioda

Dioda atau diode adalah sambungan bahan p-n yang berfungsi sebagai penyearah. Bahan tipe-p akan menjadi sisi anode sedangkan bahan tipe-n akan menjadi katode. Diode bisa berlaku sebagai sebuah saklar

tertutup (apabila bagian anode mendapatkan tegangan positif sedangkan katodenya mendapatkan tegangan negatif) dan berlaku sebagai saklar terbuka (apabila bagian anode mendapatkan tegangan negatif sedangkan katode mendapatkan tegangan positif). Macam-macam diode yaitu *Light Emmiting Dioda* (LED), diode foto, diode laser, dan lain lain.

iii. Saklar

Saklar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Saklar berbentuk kecil juga dipakai untuk alat komponen elektronika arus lemah. Saklar terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (*on*) atau putus (*off*) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar supaya tahan terhadap korosi. Mengurangi efek korosi pada saklar dapat dilakukan dengan menyepuh logam kontak dengan logam anti korosi dan anti karat.

2.2.2. Perancangan

Perancangan merupakan proses untuk menemukan suatu konsep atau penemuan yang baru sesuai dengan data-data yang telah diperoleh. Metode perancangan adalah prosedur dalam menjalankan perancangan agar perancangan yang dilakukan dapat menghasilkan rancangan yang sesuai dengan keinginan. Metode perancangan menggambarkan sejumlah aktivitas dengan jelas yang memungkinkan perancangan menggunakan dan mengkombinasikan proses perancangan secara keseluruhan. Metode perancangan sendiri telah dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu metode kreatif dan metode rasional.

Perancangan dengan menggunakan metode kreatif berarti berpikir secara kreatif untuk menyelesaikan rancangan. Pemikiran kreatif berguna untuk mengumpulkan semua ide dalam perancangan tanpa adanya batasan dalam ide tersebut. Perancangan dengan menggunakan metode rasional adalah perancangan yang melakukan pendekatan secara sistematis dalam merancang.

a. **Brainstorming**

Brainstorming terdiri dari kelompok yang berorientasi teknis, dan tentu saja teknik ini bisa digunakan oleh seorang insinyur. *Brainstorming* menjadi

istimewa karena setiap anggota dari kelompok memberikan kontribusi ide dari sudut pandang mereka masing-masing (Ullmann, 1997). Aturan brainstorming cukup sederhana yaitu:

- i. Catat semua ide yang dihasilkan. Tunjuk salah seorang sebagai sekretaris yang mencatat.
- ii. Munculkan sebanyak mungkin ide dan ungkapkan ide tersebut.
- iii. Jangan perbolehkan evaluasi sebuah ide, hanya munculkan saja. Hal ini sangat penting. Hindarkan koreksi karena hal ini menghambat energi kreatif.

Metode ini dimulai dengan lontaran ide- ide yang jelas kemudian berangsur melambat. Ide yang muncul dari salah satu anggota akan memicu munculnya ide dari anggota yang lain.

b. Diagram Pohon

Diagram pohon juga disebut sebagai sistematik diagram atau dendogram, merupakan aplikasi dari metode yang awalnya dikembangkan untuk fungsi analisis pada *value engineering* (Nayatani, 2000).

Metode ini dimulai dengan mengatur sebuah objektif (contohnya berupa target, gol, ataupun hasil) dan berlanjut untuk mengembangkan suatu strategi yang sukses dalam pencapaiannya.

c. Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) adalah metodologi terstruktur yang digunakan dalam proses perancangan dan pengembangan produk untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kapabilitas produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen.

QFD dalam proses perancangan dan pengembangan produk atau jasa berperan untuk menterjemahkan suara konsumen ke dalam atribut-atribut perancangan. Suara konsumen yang didapat akan dijadikan dasar dalam melakukan perancangan. Langkah yang harus dilakukan selanjutnya adalah menetapkan parameter-parameter persyaratan guna mendapatkan hasil rancangan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. QFD melakukan pendekatan secara sistematis untuk menggambarkan rancangan produk yang berkualitas dan sesuai dengan suara konsumen. Prioritas-prioritas

kepentingan atribut dan parameter teknis yang harus dikerjakan merupakan hasil akhir dari pengerjaan QFD.

QFD membutuhkan alat untuk membantu pengolahan data. *House of Quality Matrix* (HoQ) merupakan alat yang tepat untuk membantu pengerjaan proses QFD. HoQ mampu menampilkan hubungan-hubungan antar elemen-elemen dalam perancangan. Secara umum HoQ terdiri dari 7 tahap pengerjaan yaitu:

i. *Customer Requirements*

Tahap awal dalam membuat HoQ yaitu mengumpulkan data yang berupa suara konsumen. Kebutuhan dan keinginan dari konsumen terhadap produk yang akan dirancang dapat teridentifikasi dengan baik.

ii. *Technical Requirements*

Keinginan konsumen akan diidentifikasi lebih lanjut untuk mencari cara untuk mencapai keinginan konsumen berdasarkan standar peraturan dan persyaratan yang berlaku. Menentukan cara agar suatu produk yang dirancang dapat memenuhi persyaratan-persyaratan tersebut.

iii. *Planning Matrix*

Membandingkan *customer requirement* dengan produk yang sudah ada pada saat ini merupakan tujuan utama pada tahap ini. Pengisian *planning matrix* dilakukan dengan sistem skor. Skor yang digunakan antara 1 sampai dengan 5 untuk setiap kebutuhan/atribut. Skor yang telah diolah akan diketahui nilai kebutuhan yang paling besar, sehingga semakin besar nilai kebutuhan maka semakin besar prioritas kebutuhan dalam pengerjaan perancangan.

iv. Target

Tahap ini adalah menentukan target-target dari persyaratan teknis yang telah ditetapkan. Berdasarkan persyaratan teknis yang telah memiliki target maka akan didapatkan hasil rancangan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen dari sisi teknisnya.

v. *Technical Correlation Matrix*

Tahap ini digunakan untuk mencari hubungan antar persyaratan teknis/*technical requirement* yang ada dalam sebuah rancangan produk. Tahap ini juga menunjukkan cara memilih dan menetapkan sebaiknya faktor dari *technical requirement* itu diwujudkan nantinya.

vi. *Interrelationship Matrix*

Fungsi dari *interrelationship matrix* adalah menetapkan hubungan antara *customer requirements* dan *technical requirements* untuk meningkatkan kualitas dari rancangan sehingga sesuai dengan kebutuhan konsumen. Tahap ini menggunakan simbol untuk menampilkan hubungan antar kebutuhan.

vii. *Technical Priorities.*

Technical properties menggunakan item khusus untuk merekam prioritas yang digunakan pada *technical requirements*, hal ini juga memberikan kinerja teknis agar tercapainya produk yang kompetitif dan dapat diterima pelanggan. Seperangkat nilai-nilai target untuk setiap *technical requirements* yang harus dipenuhi oleh rancangan yang baru merupakan hasil pada tahap ini.

d. Teoriya Resheniya Izobretateskikh Zadatch (TRIZ)

TRIZ merupakan akronim dari bahasa Rusia yaitu *Teoriya Resheniya Izobretateskikh Zadatch* yang berarti proses pemecahan masalah teknis. Diterjemahkan dalam bahasa internasional sebagai *Theory Inventive Problem Solving*. TRIZ merupakan hasil kerja dan pengkajian empiris seorang ilmuwan Rusia yaitu Genrich Altshuller. Beliau mengasumsikan bahwa jalur yang ditempuh untuk melakukan suatu penemuan mengikuti hukum dan ketentuan tertentu. Beliau menganalisa sejumlah paten (mencapai 2,5 juta paten) dan mencapai kesimpulan sebagai berikut (Eversheim, 2009):

- i. Deskripsi rinci tentang suatu masalah mengarah kepada solusi kreatif.
- ii. Banyak masalah yang sudah dipecahkan dengan nama yang berbeda-beda pada area dan lingkup yang berbeda pula, namun setara jika dilihat dari suatu sudut pandang.
- iii. Kontradiksi merupakan pusat dari penemuan pada sejumlah dokumen paten.
- iv. Pengembangan lebih jauh tentang sistem teknis mengikuti sejumlah ketentuan dasar.

Kontradiksi merupakan konflik yang ada dalam suatu sistem. Konflik tersebut bisa berarti jika pada suatu sistem suatu hal mengalami perbaikan, maka di sisi lainnya situasi menjadi lebih buruk akibat dampak langsung dari

perbaikan tersebut. Kontradiksi juga bisa berarti suatu hal harus mempunyai dua atribut yang bertolak belakang agar fungsinya dapat terpenuhi. Pemecahan sebuah masalah berarti menghilangkan kontradiksi yang ada dalam sebuah sistem (Rantanen & Domb, 2002).

Kegunaan TRIZ yaitu membantu dalam memberikan solusi untuk memecahkan masalah, membantu menjadi kreatif dalam menciptakan sistem baru dengan menemukan ide-ide baru, serta dapat membantu menjadi inovatif dengan menemukan cara baru dalam menggunakan atau memperbaiki sistem atau teknologi yang sudah ada. TRIZ ini telah dipergunakan oleh perusahaan-perusahaan besar seperti perusahaan di Amerika antara lain Xerox, Ford, Kodak, Motorola, Siemens, Philips dan lain sebagainya.

e. Konsep TRIZ

Kontradiksi terjadi karena ada dua faktor yang mendukung dan menentang apabila terjadi perubahan. Penyelesaian kontradiksi dilakukan dalam 3 tahapan dan menggunakan 3 macam *tools* yang digunakan untuk menganalisa permasalahan yang terjadi. *Tools* yang digunakan yaitu matrik kontradiksi, 39 parameter teknis dan 40 prinsip kreatif. Penyelesaian masalah ada pola yang harus diikuti yaitu dimulai dengan mengidentifikasi masalah yaitu dengan mencari tahu segala kemungkinan faktor-faktor yang dapat menjadi masalah. Mengklasifikasikan masalah dengan menentukan faktor yang mendukung dan faktor yang menentang ke dalam 39 parameter teknis dan menggunakan matrik kontradiksi (lampiran 1) untuk mencari solusinya menjadi pola penyelesaian selanjutnya. Menggunakan 40 prinsip kreatif untuk menemukan solusi permasalahan merupakan pola terakhir yang harus dikerjakan dalam penyelesaian kontradiksi.

f. 39 Technical Parameters

39 Technical Parameters ditemukan oleh Althsuller pada saat telah meneliti jutaan paten dengan menganalisa masalah-masalah secara teknik. Parameter ini merupakan alat bantu untuk mengubah suatu pernyataan ataupun permintaan teknis permasalahan ke dalam bentuk parameter teknis yang berpengaruh pada permasalahan tersebut. Definisi dari *39 Technical Parameters* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Weight of a moving object*
Berat dari benda bergerak.
2. *Weight of a stationary object*
Berat dari benda stasioner atau tidak bergerak.
3. *Length of of a moving object*
Panjang dari benda bergerak.
4. *Length of a stationary object*
Panjang dari benda stasioner atau tidak bergerak.
5. *Area of moving object*
Luas penampang benda bergerak.
6. *Area of stationary object*
Luas penampang benda stasioner atau tidak bergerak.
7. *Volume of a moving object*
Volume benda yang bergerak.
8. *Volume of a stationary object*
Volume benda stasioner atau tidak bergerak.
9. *Speed / Velocity*
Kecepatan sebuah benda.
10. *Force*
Kemampuan untuk membuat perubahan fisik dari suatu objek atau sistem.
11. *Stress/Pressure*
Gaya tiap satuan luas.
12. *Shape*
Kontur luar suatu objek atau sistem.
13. *Stability of Object's Composition*
Daya tahan suatu objek atau sistem terhadap perubahan.
14. *Strength*
Kemampuan objek atau sistem untuk menahan gaya atau tekanan dalam batas tertentu.
15. *Duration of Action by Moving Object*
Waktu yang dihabiskan suatu objek bergerak untuk menjalankan fungsi tertentu.

16. *Duration of Action by Stationary Object*
Waktu yang dihabiskan suatu objek stasioner untuk menjalankan fungsi tertentu.
17. *Temperature*
Kondisi termal dan obyek atau sistem.
18. *Illumination Intensity*
Tingkat energi cahaya tiap luasan area.
19. *Use of Energy by Moving Object*
Penggunaan energi pada benda bergerak atau tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
20. *Use of Energy by Stationary Object*
Penggunaan energi benda stasioner atau Tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
21. *Power*
Tingkat penggunaan daya/energi.
22. *Loss of Energy*
Penggunaan tenaga yang tidak memberikan kontribusi ke pekerjaan yang sedang dilakukan.
23. *Loss of Substance*
Kehilangan sebagian atau lengkap, permanen atau sementara, dan beberapa bahan sebuah sistem.
24. *Loss of Information*
Kehilangan informasi atau data dalam atau sistem.
25. *Loss of Time*
Kehilangan Waktu, waktu adalah durasi kegiatan.
26. *Quantity of Substance / Quantity of Matter*
Jumlah susunan bahan, komponen atau subsistem yang mungkin berubah seluruhnya atau sebagian.
27. *Reliability*
Kemampuan sistem untuk melakukan fungsinya selama waktu atau siklus tertentu.
28. *Measurement Accuracy*
Kedekatan nilai terukur dengan nilai sebenarnya dari suatu objek atau sistem.

29. *Manufacturing Precision*
Kesesuaian objek atau sistem terhadap karakteristik yang telah ditentukan.
30. *External Harm Affects The Object*
Kerentanan sistem atau objek terhadap gangguan bahaya.
31. *Object-Generated Harmful Factors*
Bahaya yang dihasilkan oleh objek
32. *Ease of Manufacture*
Tingkat fasilitas, kenyamanan di bidang manufaktur atau fabrikasi obyek atau sistem.
33. *Ease of Operation*
Tinggkat kemudahan objek saat digunakan.
34. *Ease of Repair*
Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, kesederhanaan dan waktu untuk memperbaiki kesalahan, kegagalan atau cacat dalam suatu sistem.
35. *Adaptability or Versatility*
Kemampuan sistem atau obyek merespons positif terhadap perubahan eksternal. Juga, suatu sistem yang dapat digunakan dalam herbagai cara untuk memenuhi berbagai keadaan.
36. *Device Complexity*
Jumlah dan keragaman elemen penyusun dalam sistem atau objek.
37. *Difficulty of Detecting and Measuring*
Mengukur atau monitoring sistem yang kompleks itu mahal, memerlukan banyak waktu dan tenaga kerja untuk mengatur dan menggunakannya. Itu semua dapat menunjukkan “kesulitan untuk mendeteksi dan mengukur”.
38. *Extend of Automation*
Kemampuan suatu sistem atau obyek dapat melakukan fungsinya sendiri tanpa ada campur tangan manusia dalam menjalankan fungsinya.
39. *Productivity*
Jumlah fungsi yang dilakukan objek per satuan waktu.

g. Matrik kontradiksi

Matrik kontradiksi merupakan tabel yang menghubungkan tiap-tiap parameter yang mengalami kontradiksi untuk diproses lebih lanjut dan mendapatkan solusi terbaik sesuai 40 prinsip kreatif (*40 inventive principles*) yang disarankan. Tabel Matrik Kontradiksi dapat dilihat pada lampiran 1.

Prinsip kreatif berjumlah 40 prinsip yang bertujuan memberikan solusi-solusi untuk mengatasi kontradiksi yang terjadi antar karakteristik. Prinsip Kreatif merupakan *tools* utama dalam metode TRIZ yang diterapkan untuk menyelesaikan semua masalah secara kreatif. Prinsip Kreatif sejumlah 40 prinsip dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Segmentation*

Prinsip Segmentasi ini memiliki 3 unsur di dalamnya yaitu memilah, mudah dibongkar, dan mempertajam segmentasi. Unsur yang pertama yaitu unsur memilah adalah dengan membagi sebuah obyek menjadi bagian-bagian yang terpisah, contohnya: *mainframe computer* menjadi *personal computer*. Unsur yang kedua yaitu unsur mudah dibongkar adalah dengan membuat sebuah obyek yang pemakaiannya mudah dibongkar, contohnya: *modular furniture*, *meubel knockdown*. Unsur ketiga yaitu mempertajam segmentasi adalah dengan mengubah tingkat derajat pemecahan dibuat menjadi sebuah kepingan atau segmentasi, contohnya: pembelajaran jarak jauh dimana guru dan siswa terpisah oleh jarak dan waktu.

2. *Separation*

Prinsip ekstraksi ialah dengan memisahkan suatu bagian yang dianggap bertentangan dan suatu obyek atau hanya memilih satu-satunya bagian yang dianggap penting dan obyek tersebut, contoh prinsip ini adalah *AC Split*, *AC Split* merupakan *AC* yang *evaporator* dan *kondensor* berada di 2 mesin yang berbeda. *Evaporator* terletak di dalam ruangan, sedangkan *kondensor* terletak di luar ruangan.

3. *Local Quality*

Prinsip kualitas lokal ini memiliki 3 unsur didalamnya yaitu unsur yang pertama adalah mengubah suatu obyek yang mulanya seragam diubah menjadi tidak seragam, contohnya: menggunakan suhu, kepadatan, dan tekanan bertahap. Unsur yang kedua adalah membuat masing-masing fungsi dari suatu obyek masuk ke dalam kondisi yang paling cocok

untuk pengoperasian. contohnya: kotak makan siang (*lunchbox*) dengan bagian khusus yaitu makanan padat panas dan dingin serta makanan yang berkuah. Unsur terakhir adalah membuat masing-masing bagian dan suatu obyek tersebut memenuhi satu fungsi yang berbeda dan berguna, contohnya adalah pensil dengan penghapus.

4. *Symmetry Change*

Pengertian prinsip ini adalah mengubah satu obyek dari yang simetri menjadi asimetri, contohnya: pengaduk beton, *blender*, dan *mixer* kue, di mana baling-baling di bagian dalam mesin pencampur dibuat asimetris untuk meningkatkan pencampuran.

5. *Merging / combining*

Prinsip *Merger* ini memiliki 2 unsur, unsur yang pertama yaitu menggabungkan barang yang sejenis, contohnya: *personal computer* dalam sebuah jaringan. Unsur yang kedua yaitu pengoperasian suatu obyek secara paralel atau bersamaan pada suatu waktu tertentu, contohnya: presentasi multimedia.

6. *Universality / Multifunctionality*

Pengertian prinsip ini adalah membuat suatu bagian atau satu obyek untuk dapat melaksanakan beberapa fungsi, dan menghilangkan beberapa bagian untuk kebutuhan lainnya, contoh prinsip ini adalah *safety seat* anak menjadi *stroller*, pegawai serba bisa.

7. *Nesting*

Prinsip ini memiliki dua unsur yaitu mengisi ke dalam bagian yang lain atau tempatkan satu obyek ke dalam lainnya, contohnya: boneka Rusia dan gelas ukur. Menempatkan suatu obyek ke tempat atau ruangan lain, contohnya adalah: antena, *pointer*, dan lensa *zoom*.

8. *Anti Weight*

Pengertian prinsip ini adalah untuk mengimbangi berat sebuah obyek dengan dua cara yang pertama, yaitu penggabungan obyek dengan obyek yang lain sebagai pengangkat, contohnya: subsidi silang. Berinteraksi dengan lingkungan (aerodinamika) atau membuat saling berinteraksi dengan lingkungan, contohnya: bentuk sayap pesawat yang berguna untuk mengurangi ketebalan udara di atas sayap pesawat dan meningkatkan ketebalan di bawah sayap agar pesawat dapat terangkat.

9. *Prior / Preliminary Counteraction*

Unsur prinsip ini adalah mengendalikan aksi yang berbahaya dan menekan terlebih dahulu. Pengertian mengendalikan aksi yang berbahaya adalah jika akan melakukan tindakan dengan kondisi yang berbahaya dan menimbulkan dampak yang berarti, tindakan ini harus diganti dengan anti tindakan untuk mengontrol kerugian, contohnya: solusi *buffer* untuk mencegah bahaya dan PH ekstrim, dan *sustainable design*. Pengertian menekan terlebih dahulu adalah dengan melakukan penekanan terlebih dahulu pada suatu obyek yang bertentangan sehingga tidak akan terjadi penekanan di kemudian hari, contohnya: pensiun dini.

10. *Preliminary Action*

Prinsip ini memiliki dua unsur yang pertama, yaitu melakukan dan melaksanakan tindakan sebelum diperlukan, contohnya: Beton *Ready Mix*, dan sterilisasi alat. Unsur yang kedua yaitu mengatur obyek terlebih dahulu dengan tindakan yang tepat tanpa membuang waktu, contohnya: *backup* data dan update *antivirus*.

11. *Beforehand cushioning*

Pengertian prinsip ini adalah mempersiapkan pengamanan untuk mengimbangi keadaan yang berbahaya dari suatu obyek sebelum keadaan darurat terjadi, contohnya: penangkal petir dan parasut cadangan.

12. *Equipotentiality*

Pengertian prinsip ini adalah dengan membatasi gerakan untuk menghapus kebutuhan naik-turun, contoh di bidang Teknik Sipil adalah *Ramp, Ramp* mengubah kondisi kerja dengan membatasi gerakan naik turun.

13. *The Other Way Around*

Prinsip ini memiliki 3 unsur. Unsur yang pertama adalah membalikkan suatu tindakan untuk menyelesaikan masalah, contohnya: mendinginkan bagian dalam daripada panaskan bagian luar untuk melepas baut yang lengket. Unsur yang kedua adalah yang bergerak jadi tetap atau sebaliknya yang tetap menjadi bergerak, contohnya: putar benda daripada alatnya. Unsur yang ketiga adalah mengarahkan obyek

menjadi sungsang, contohnya: pemasangan baut, dan pipa *utilitas exposed*.

14. *Curvature Increase*

Prinsip ini memiliki unsur-unsur yang dapat digunakan antara lain lengkungan, bola, spiral, dan gerak berputar. Pengertian gerak berputar adalah meninggalkan garis lurus ke gerak berputar dan menggunakan kekuatan sentrifugal, contohnya mesin cuci, contoh unsur lengkungan adalah menggunakan busur dan dome untuk kekuatan arsitekiur, serta contoh unsur bola dan spiral adalah *ball point* untuk mendistribusikan tinta secara halus.

15. *Dinamysm*

Pada prinsip ini memiliki tiga unsur. Unsur pertama adalah mengubah desain karakteristik dan suatu obyek, lingkungan eksternal, atau proses menjadi suatu kondisi yang beroperasi optimal, contohnya: kemudi yang *adjustable*. Unsur kedua adalah membagi obyek menjadi bagian-bagian yang saling berhubungan satu sama lainnya, contohnya: *pizza delivery*. Unsur ketiga adalah membuat menjadi bergerak atau adaptif jika suatu obyek itu kaku atau tidak fleksibel, contohnya: *sigmoidoscopi fleksibel* untuk pemeriksaan medis.

16. *Partial or Overone Action*

Pengertian prinsip ini adalah jika suatu obyek seratus persen penggunaannya sukar untuk diberikan solusi, maka sangat mudah apabila menggunakan cara parsial atau berlebihan, contohnya: *over spray* pada saat melukis, kemudian hapus kelebihannya.

17. *Dimension change*

Prinsip ini memiliki 3 unsur. Unsur pertama adalah mengubah suatu obyek menjadi 2 atau 3 dimensi, contohnya: *mouse 3D*. Unsur kedua adalah menggunakan pengaturan *multistory*, contohnya: rak susun, dan CD *player* dengan 6 CD. Unsur ketiga adalah kemiringan atau orientasi suatu obyek, contohnya: *dump truck*.

18. *Mechanical Vibration*

Pengertian prinsip ini adalah menyebabkan suatu obyek bergetar, menggunakan alat penggetar mekanik, contohnya: pisau ukir elektronik.

19. *Periodic Action*

Pengertian prinsip ini adalah mengubah *magnitude* atau frekuensi dengan satu tindakan periodik atau berkala, contohnya: inspeksi mendadak dan pemberian napas buatan setiap 5 kali penekanan dada (CPR).

20. *Continuity of Usefull Action*

Pengertian prinsip ini adalah memaksimalkan fungsi kerja dan komponen-komponen yang ada dan suatu obyek setiap waktu. contohnya: AC sentral.

21. *Skipping*

Pengertian prinsip ini adalah melakukan proses atau tahapan tertentu dengan kecepatan tinggi agar dapat menghilangkan akibatnya, contohnya: bor gigi putaran tinggi untuk menghindari panas.

22. *“Blessing in Disguise” (Convert Harm Into Benefit)*

Pengertian prinsip ini adalah menggunakan faktor berbahaya (khususnya, efek berbahaya dan lingkungan atau sekitarnya) untuk mencapai efek positif, contohnya: panas buangan menjadi energi dan *backfire* untuk kebakaran hutan.

23. *Feedback*

Pengertian prinsip ini adalah dengan menggunakan umpan balik (merujuk kembali/*cross check*) untuk memperbaiki proses atau tindakan, contohnya: kontrol volume otomatis.

24. *Mediator*

Pengertian prinsip ini adalah dengan menggunakan perantara, contohnya: pemegang paku digunakan diantara paku dan palu.

25. *Self Service*

Pengertian prinsip ini adalah membuat suatu obyek yang dapat menservis dengan sendirinya dan melakukan fungsi-fungsi tambahan yang dapat membantu, contohnya: kotoran hewan dipakai untuk dijadikan pupuk.

26. *Copying*

Menggunakan citra, gambaran atau model untuk melakukan suatu aksi, dibanding melakukannya langsung pada objek, contoh prinsip ini adalah foto udara untuk mengukur, dan inframerah untuk mendeteksi penyakit tanaman.

27. *Cheap Disposable*

Pengertian prinsip ini adalah menggantikan satu obyek dengan beberapa obyek murah yang meliputi mutu tertentu, contohnya: penggunaan piring kertas yang sekali pakai, hal tersebut dilakukan untuk menghindari biaya pembersihan dan penyimpanan benda-benda tahan lama.

28. *Replace a Mechanical System*

Mengganti penggunaan sistem mekanik dengan sensor (optik, akustik, rasa atau bau). Penggunaan bau sebagai penanda bahaya gas bocor. Penggunaan sensor optik sebagai pengganti sensor mekanik.

29. *Pneumatic dan Hydraulic*

Pengertian prinsip ini adalah mempergunakan gas dan benda cair untuk salah satu bagian obyek, contohnya: sol sepatu berisi cairan untuk kenyamanan pemakainya dan kasur angin.

30. *Flexible shell and thin films*

Pengertian prinsip ini adalah mempergunakan selaput yang fleksibel daripada struktur tiga dimensi, contohnya: penutup tenda *cafe* dan kotak telur.

31. *Porous Material*

Pengertian prinsip ini adalah membuat obyek berporus atau menambahkan unsur berporus, contohnya: beton *herporous* supaya ringan.

32. *Changing Colour / optical changes*

Pengertian prinsip ini adalah mengubah warna dan satu obyek atau lingkungan eksternal, contohnya: mengubah lampu untuk mengganti suasana, kamuflase dan kaca *revban*.

33. *Homogeneity*

Pengertian prinsip ini adalah membuat suatu obyek saling berinteraksi dengan obyek lainnya dan materi yang sama, contohnya: komunikasi antar organisasi.

34. *Rejecting and Regenerating / Reuse and Recycle*

Prinsip ini mempunyai pengertian untuk membuat sesuatu dapat digunakan kembali setelah habis masa pakainya, contoh prinsip ini adalah kapsul obat.

35. *Parameter Changes*

Pengertian prinsip ini adalah mengubah sifat fisik suatu material baik dari wujudnya, konsentrasi atau konsistensi, contohnya: sabun cair sebagai pengganti sabun batangan dan *telephone banking*.

36. *Phase Transition*

Pengertian prinsip ini adalah menggunakan fenomena yang terjadi selama fase transisi, contohnya: es dalam campuran beton untuk menurunkan panas.

37. *Thermal Expansion*

Pengertian prinsip ini adalah menggunakan muai termal dan material, contohnya *chemical prestressed concrete*, pengontrol untuk mercusuar dengan menggunakan perluasan termal. Perluasan daerah termal juga digunakan pada pengontrol suhu untuk rumah kaca.

38. *Strong Oxydants*

Pengertian prinsip ini adalah menggantikan udara pada umumnya dengan udara yang diperkaya oksigen, contoh prinsip ini adalah *treatment oxygen* guna untuk menghilangkan bakteri khusus dalam membantu proses penyembuhan, pemurnian air minum dengan menggunakan ozon.

39. *Inert Atmosphere*

Pengertian prinsip ini adalah menggantikan suatu lingkungan normal dengan yang pasif, contohnya: panel penyerap suara, pengelasan dengan menggunakan gas argon sebagai gas pelindung.

40. *Composite Material*

Pengertian prinsip ini adalah perubahan dari seragam ke gabungan (beberapa) bahan. contohnya: *stick golf* dan bahan *epoxy* atau serat karbon, dan tim multidisiplin.