

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pendekatan Teknik Industri

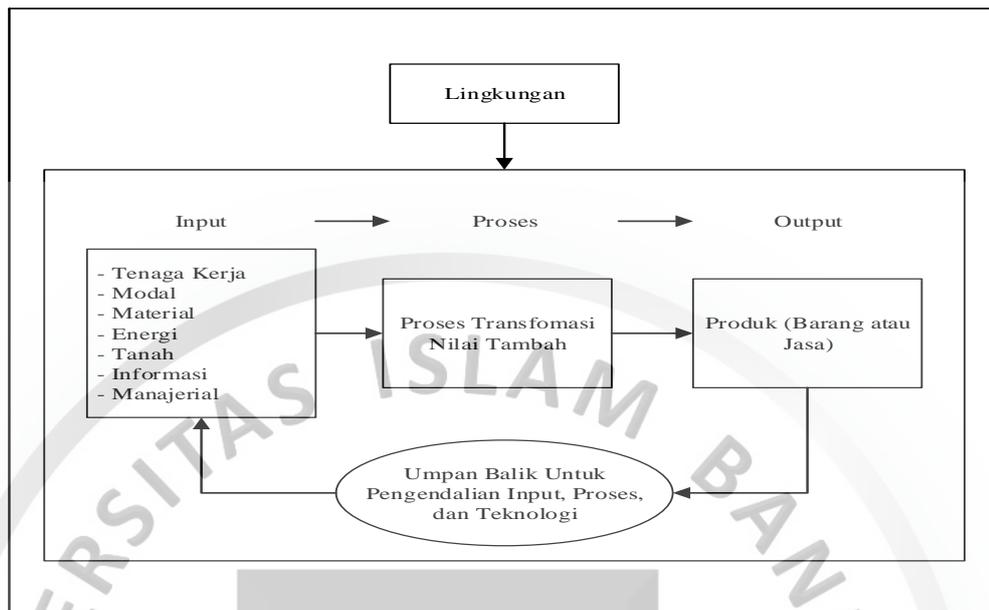
Sistem merupakan suatu rangkaian unsur-unsur yang saling terkait dan tergantung, serta saling memengaruhi satu dengan yang lainnya, yang keseluruhannya merupakan satu kesatuan bagi pelaksanaan kegiatan guna mencapai suatu tujuan tertentu. Sementara itu, produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa. Jadi, sistem produksi adalah suatu keterkaitan unsur-unsur yang berbeda secara terpadu, menyatu, dan menyeluruh dalam pentransformasian masukan menjadi keluaran (Assauri, 2008, h. 39)

Dalam sistem produksi modern terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah input menjadi output yang dapat dijual dengan harga kompetitif pasar. Proses transformasi nilai tambah dari input menjadi output dalam sistem produksi modern selalu melibatkan komponen structural dan fungsional. Menurut Gasperz (2016) Sistem produksi memiliki beberapa karakteristik seperti berikut:

1. Mempunyai komponen-komponen atau elemen-elemen yang saling berkaitan satu sama lain dan membentuk satu kesatuan yang utuh. Hal ini berkaitan dengan komponen *structural* yang membangun sistem produksi itu.
2. Mempunyai tujuan yang mendasari keberadaannya, yaitu menghasilkan produk (barang atau jasa) berkualitas yang dapat dijual dengan harga kompetitif pasar.
3. Mempunyai aktivitas berupa proses transformasi nilai tambah input menjadi output secara efektif dan efisien.
4. Mempunyai mekanisme yang mengendalikan pengoperasiannya, berupa optimalisasi alokasi sumber-sumber daya.

Sistem produksi memiliki komponen atau elemen dan fungsional yang berperan penting dalam menunjang kontinuitas, operasional sistem produksi. Komponen atau elemen struktural yang membentuk sistem produksi terdiri dari: bahan, mesin dan peralatan, tenaga kerja, modal, energi, informasi, tanah, dan lain-lain. Sedangkan komponen atau elemen fungsional terdiri dari: supervisi, perencanaan, pengendalian, koordinasi dan kepemimpinan, yang kesemuanya berkaitan dengan manajemen dan organisasi. Suatu sistem produksi selalu berada dalam lingkungan, sehingga aspek-aspek lingkungan seperti perkembangan teknologi, sosial dan ekonomi serta kebijakan pemerintah akan sangat berpengaruh terhadap

keberadaan sistem produksi tersebut. Secara skematis sistem produksi dapat digambarkan seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Sistem Produksi
Sumber: Gasperz (2016)

Pada Gambar 2.1 elemen-elemen utama dalam sistem produksi adalah *input*, proses, dan *output*. Adanya suatu proses dapat mengubah *input* untuk ditransformasi sehingga adanya penambahan nilai dari *input* tersebut. Setelah *input* mengalami proses maka akan menghasilkan *output* berupa barang atau jasa yang memiliki nilai lebih dari *input* yang sebelumnya tidak memiliki nilai tambah. Dari *output* yang dihasilkan maka terdapat umpan balik untuk mengendalikan *input*, proses, dan teknologi. Sistem produksi memiliki kaitan dengan siklus manufaktur. Proses manufaktur merupakan proses untuk merubah bentuk (*transformasi*) bahan baku menjadi produk jadi (Assauri, 2008).

Pengendalian kualitas tersebut ditujukan untuk sub sistem pembuatan atau proses produksi yang memiliki beberapa unsur, yaitu manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Manusia atau tenaga kerja akan dibutuhkan untuk mengoperasikan dan memelihara peralatan dan bahan-bahan *input* yang akan ditransformasikan dalam proses sehingga bahan baku tersebut dapat menjadi barang jadi (Assauri, 2008). Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan maka dari itu, mesin dan peralatan sangat erat kaitannya dengan perawatan. Selain mesin, hal lain yang perlu

2.2.1 Definisi Kualitas

Berikut ini merupakan beberapa definisi kualitas yang dikemukakan oleh para ahli yaitu:

1. Menurut Gaspersz (2005) kualitas adalah totalitas dari karakteristik suatu produk yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasikan atau diterapkan.
2. Menurut Tjiptono (2008), Mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian untuk digunakan sebagai karakteristik kualitas. Definisi lain yang menekankan orientasi harapan pelanggan pertemuan.

Secara definisi, Kualitas atau Mutu adalah tingkat baik atau buruknya suatu produk yang dihasilkan apakah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan ataupun kesesuaiannya terhadap kebutuhan. Perusahaan dapat mempertahankan keunggulan daya saing atau kompetitifnya apabila dapat memahami mengenai aspek dimensi apa saja yang digunakan oleh para pelanggan untuk membedakan produk antar perusahaan yang bersaing. Berikut ini merupakan 8 dimensi kualitas menurut (Tannady 2015):

1) *Performance* (Kinerja)

Performance atau Kinerja merupakan Dimensi Kualitas yang berkaitan dengan karakteristik utama suatu produk. Contohnya sebuah Televisi, Kinerja Utama yang kita kehendaki adalah kualitas gambar yang dapat kita tonton dan kualitas suara yang dapat didengar dengan jelas dan baik.

2) *Features* (Fitur)

Features atau Fitur merupakan karakteristik pendukung atau pelengkap dari Karakteristik Utama suatu produk. Misalnya pada produk Kendaraan beroda empat (mobil), Fitur-fitur pendukung yang diharapkan oleh konsumen adalah seperti DVD/CD *player*, sensor atau kamera mundur serta *remote control* mobil.

3) *Reliability* (Kehandalan)

Reliability atau Kehandalan adalah Dimensi Kualitas yang berhubungan dengan kemungkinan sebuah produk dapat bekerja secara memuaskan pada waktu dan kondisi tertentu.

4) *Conformance* (Kesesuaian)

Conformance adalah kesesuaian kinerja dan kualitas produk dengan standar yang diinginkan. Pada dasarnya, setiap produk memiliki standar ataupun spesifikasi yang telah ditentukan.

5) *Durability* (Ketahanan)

Durability ini berkaitan dengan ketahanan suatu produk hingga harus diganti. *Durability* ini biasanya diukur dengan umur atau waktu daya tahan suatu produk.

6) *Serviceability*

Serviceability adalah kemudahan layanan atau perbaikan jika dibutuhkan. Hal ini sering dikaitkan dengan layanan purna jual yang disediakan oleh produsen seperti ketersediaan suku cadang dan kemudahan perbaikan jika terjadi kerusakan serta adanya pusat pelayanan perbaikan (*Service Center*) yang mudah dicapai oleh konsumen.

7) *Aesthetics* (Estetika/keindahan)

Aesthetics adalah Dimensi kualitas yang berkaitan dengan tampilan, bunyi, rasa maupun bau suatu produk. Contohnya bentuk tampilan sebuah Ponsel yang ingin dibeli serta suara merdu musik yang dihasilkan oleh Ponsel tersebut.

8) *Perceived Quality* (Kesan Kualitas)

Perceived Quality adalah Kesan Kualitas suatu produk yang dirasakan oleh konsumen. Dimensi Kualitas ini berkaitan dengan persepsi Konsumen terhadap kualitas sebuah produk ataupun merek. Seperti ponsel Iphone, mobil toyota, kamera Canon, printer Epson dan jam tangan Rolex yang menurut Kebanyakan konsumen merupakan produk yang berkualitas.

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu aktivitas manajemen perusahaan untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk dan jasa perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan (Elmas, 2017). Pengertian pengendalian kualitas menurut Sofjan Assauri (2008) adalah Pengawasan mutu merupakan usaha untuk mempertahankan mutu/kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan. Menurut Vincent Gasperz (2005:480), pengendalian kualitas adalah: "*Quality control is the operational techniques and*

activities used to fulfill requirements for quality.” Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen.

2.3.1 Tujuan Pengendalian Kuallitas

Berikut ini merupakan maksud dan tujuan dari pengendalian kualitas secara terperinci menurut (Elmas, 2017) yaitu:

1. Meningkatkan kepuasan konsumen
2. Proses produksi dapat dilaksanakan dengan biaya seminimal mungkin dan selesai dengan waktu sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa kualitas produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin. Pengendalian kualitas tidak dapat dilepaskan dari pengendalian produksi, karena pengendalian kualitas merupakan bagian dari pengendalian produksi. Pengendalian produksi baik secara kualitas maupun kuantitas merupakan kegiatan yang sangat penting dalam suatu perusahaan.

Hal ini disebabkan karena semua kegiatan produksi yang dilaksanakan akan dikendalikan, supaya barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, dimana penyimpangan-penyimpangan yang terjadi diusahakan serendah-rendahnya. Pengendalian kualitas juga menjamin barang atau jasa yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan seperti halnya pada pengendalian produksi. Dengan demikian antara pengendalian produksi dan pengendalian kualitas erat kaitannya dalam pembuatan barang.

2.3.2 Faktor-faktor Pengendalian Kualitas

Menurut Douglas C. Montgomery (2009, h. 26) dan berdasarkan beberapa literatur lain menyebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas yang dilakukan perusahaan adalah:

1. Kemampuan proses
Batas-batas yang ingin dicapai haruslah disesuaikan dengan kemampuan proses yang ada. Tidak ada gunanya mengendalikan suatu proses dalam batas-batas yang melebihi kemampuan atau kesanggupan proses yang ada.
2. Spesifikasi yang berlaku
Spesifikasi hasil produksi yang ingin dicapai harus dapat berlaku, bila ditinjau dari segi kemampuan proses dan keinginan atau kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari hasil produksi tersebut. Dalam hal ini haruslah dapat dipastikan dahulu apakah spesifikasi tersebut dapat berlaku dari kedua segi yang telah disebutkan di atas sebelum pengendalian kualitas pada proses dapat dimulai.
3. Tingkat ketidaksesuaian yang dapat diterima
Tujuan dilakukan pengendalian suatu proses adalah dapat mengurangi produk yang berada di bawah standar seminimal mungkin. Tingkat pengendalian yang diberlakukan tergantung pada banyaknya produk yang berada di bawah standar yang dapat diterima.
4. Biaya kualitas
Biaya kualitas sangat mempengaruhi tingkat pengendalian kualitas dalam menghasilkan produk dimana biaya kualitas mempunyai hubungan yang positif dengan terciptanya produk yang berkualitas.

2.3.3 Langkah-Langkah Pengendalian Kualitas

Standarisasi sangat diperlukan sebagai tindakan pencegahan untuk memunculkan kembali masalah kualitas yang pernah ada dan telah diselesaikan. Menurut Montgomery (2009) berikut ini adalah langkah-langkah yang sering digunakan dalam analisis dan solusi masalah kualitas.

- 1) Memahami kebutuhan peningkatan kualitas.
Dalam peningkatan kualitas, hal pertama yang harus dilakukan adalah bahwa manajemen harus secara jelas memahami kebutuhan untuk peningkatan kualitas. Manajemen harus secara sadar memiliki alasan-alasan untuk peningkatan mutu. Peningkatan kualitas dapat dimulai dengan mengidentifikasi masalah kualitas yang terjadi atau kesempatan peningkatan apa yang mungkin dapat dilakukan.

- 2) Menyatakan masalah kualitas yang ada
Masalah-masalah utama yang telah dipilih dalam langkah pertama perlu dinyatakan dalam suatu pernyataan yang spesifik. Apabila berkaitan dengan masalah kualitas, masalah itu harus dirumuskan dalam bentuk informasi-informasi spesifik jelas tegas dan dapat diukur dan diharapkan dapat dihindari pernyataan masalah yang tidak jelas dan tidak dapat diukur.
- 3) Mengevaluasi penyebab utama
Penyebab utama dapat dievaluasi dengan menggunakan diagram sebab-akibat dan menggunakan teknik *brainstorming*. Dari berbagai faktor penyebab yang ada, kita dapat mengurutkan penyebab-penyebab dengan menggunakan diagram pareto berdasarkan dampak dari penyebab terhadap kinerja produk, proses, atau sistem manajemen mutu secara keseluruhan
- 4) Merencanakan solusi atas masalah.
Diharapkan rencana penyelesaian masalah berfokus pada tindakan-tindakan untuk menghilangkan akar penyebab dari masalah yang ada. Rencana peningkatan untuk menghilangkan akar penyebab masalah yang ada diisi dalam suatu formulir daftar rencana tindakan.
- 5) Melaksanakan perbaikan
Implementasi rencana solusi terhadap masalah mengikuti daftar rencana tindakan peningkatan kualitas. Dalam tahap pelaksanaan ini sangat dibutuhkan komitmen dan *partisipasi* manajemen dan karyawan untuk menghilangkan akar penyebab masalah kualitas yang telah teridentifikasi.
- 6) Meneliti hasil perbaikan.
Setelah melaksanakan peningkatan kualitas perlu dilakukan studi dan evaluasi berdasarkan data yang dikumpulkan selama tahap pelaksanaan untuk mengetahui apakah masalah yang ada telah hilang atau berkurang. Analisis terhadap hasil-hasil temuan selama tahap pelaksanaan akan memberikan tambahan informasi bagi pembuatan keputusan dan perencanaan peningkatan berikutnya
- 7) Menstandarisasikan solusi terhadap masalah.
Hasil-hasil yang memuaskan dari tindakan pengendalian kualitas harus distandarisasikan, dan selanjutnya melakukan peningkatan terus-menerus pada jenis masalah yang lain. Standarisasi dimaksudkan untuk mencegah masalah yang sama terulang kembali.

8) Memecahkan masalah selanjutnya.

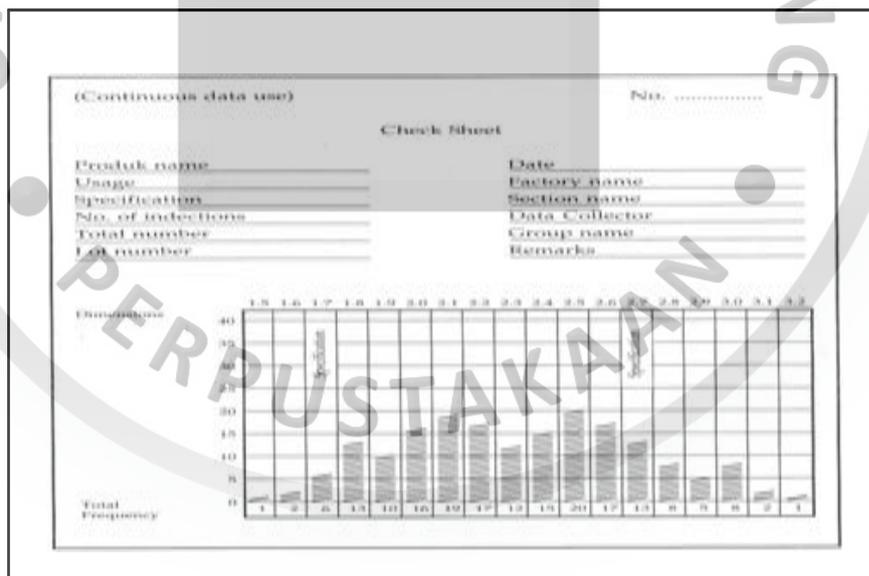
Setelah selesai masalah pertama, selanjutnya beralih membahas masalah selanjutnya yang belum terpecahkan.

2.3.4 Alat Pengendalian Kualitas

Dalam upaya menciptakan perbaikan kualitas yang berkelanjutan diperlukan *tools* yang bisa merealisasikan hal tersebut. Pada dasarnya terdapat tujuh alat yang biasa disebut *seven quality control tools* yang dapat dipergunakan dalam pengendalian kualitas yaitu :

a) **Check Sheet**

Check Sheet merupakan alat yang mempermudah dalam pengumpulan data untuk tujuan-tujuan tertentu. *Check sheet* adalah alat digunakan untuk menghitung kesalahan-kesalahan terjadi pada suatu proses dengan mencatat kesalahan tersebut. Contohnya untuk pengumpulan data jumlah produk cacat yang dihasilkan oleh perusahaan. Terdapat beberapa jenis lembar *check sheet* yang umum digunakan yaitu (Wignjosuebrotto, 2006) Contoh sebuah lembar *check sheet* dari distribusi produksi dapat dilihat pada Gambar 2.3:



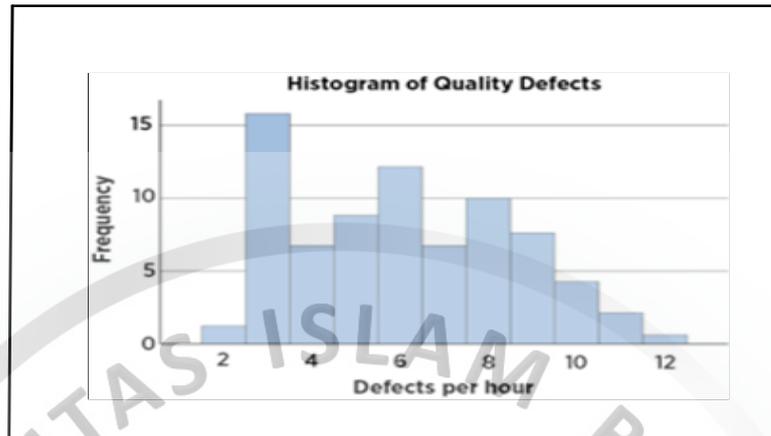
Gambar 2.3 Contoh *Check Sheet*

Sumber: Wignjosuebrotto (2006)

b) **Histogram**

Histogram adalah salah satu alat di dalam metode implementasi perbaikan kualitas yang berfungsi untuk memetakan distribusi atas sejumlah data. Kata

“Histogram” berasal dari kosakata Yunani “*histo*” dan “*grama*.” *Histogram* merupakan instrumen penting di dalam statistik yang juga dapat digunakan sebagai *quality tools*. Contoh diagram *pareto* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Diagram Histogram
Sumber: Tannady.H (2015)

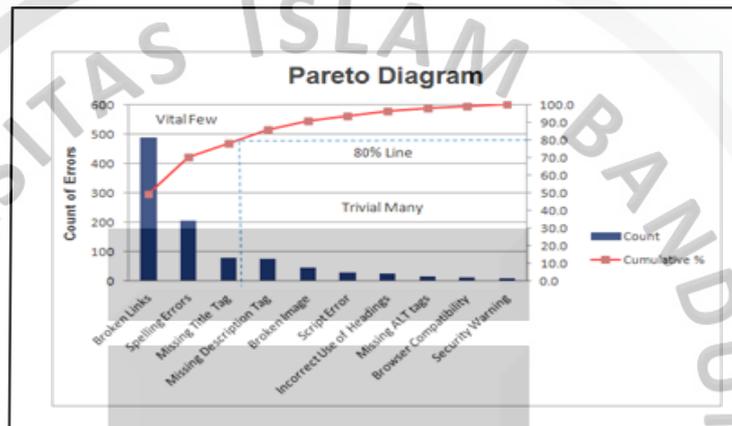
c) **Diagram Pareto**

Diagram *pareto* (*pareto diagram*) adalah *histogram* data yang mengurutkan data dari frekuensi terbesar hingga terkecil. Menurut Ramadhani, dkk (2014) dalam Nina, dkk (2019) diagram *pareto* dapat digunakan untuk mencari 20% jenis cacat yang merupakan 80% kecacatan keseluruhan proses produksi (Ramadhani, Wilandari, & Suparti, 2014). Fungsi diagram *pareto* adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar ke yang paling kecil. Diagram *pareto* membantu mencari jenis-jenis kesalahan yang harus menjadi prioritas utama perbaikan dalam upaya untuk peningkatan kualitas. Contoh diagram *pareto* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Kegunaan dari diagram *pareto* dan langkah-langkah pembuatan diagram *pareto* (Wignjosoebroto, 2006) kegunaan diagram *pareto*:

- ❖ Menunjukkan persoalan utama yang dominan dan perlu diatasi.
- ❖ Menyatakan perbandingan masing-masing persoalan yang ada dan kumulatif secara keseluruhan.
- ❖ Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan koreksi dilakukan pada daerah terbatas.
- ❖ Menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan sesudah perbaikan.

Langkah-langkah pembuatan diagram pareto:

- 1) Kelompokkan masalah yang ada dan nyatakan hal tersebut dalam angka yang bisa terukur secara kuantitatif
- 2) Urutkan masing-masing masalah dari nilai kuantitatif yang terbesar hingga terkecil dalam bentuk grafik. Nilai kuantitatif terkecil digambarkan paling kanan.
- 3) Buatlah grafik garis secara komulatif (berdasarkan persentase penyimpangan) di atas grafik kolom ini. Grafik garis ini dimulai dari penyebab penyimpangan terbesar sampai terkecil.



Gambar 2.5 Contoh Diagram Pareto

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

d) **Stratifikasi**

Alat bantu ini mengelompokkan sekumpulan data yang mempunyai karakteristik sama. Stratifikasi merupakan teknik pengelompokan data ke dalam kategori-kategori tertentu, agar data dapat menggambarkan permasalahan secara jelas sehingga kesimpulan-kesimpulan dapat lebih mudah diambil. Diagram Histogram, diagram pareto, dan stratifikasi memiliki fungsi yang sama yaitu memudahkan dalam membaca data yang ada.

e) **Control Chart**

Control Chart merupakan peta-peta kendali yang digunakan untuk menganalisis proses secara terus menerus. Peta kendali ditampilkan dalam bentuk grafik garis untuk mendeteksi penyimpangan *abnormal* atau diluar batas kelas atas dan batas kelas bawah. Grafik kendali adalah grafik yang digunakan untuk menentukan apakah suatu proses berada dalam keadaan *in control* atau *out control*. Batas pengendalian yang meliputi batas atas (*upper control limit*) dan batas bawah

(*lower control limit*) dapat membantu untuk menggambarkan *performansi* yang diharapkan dari suatu proses, yang menunjukkan bahwa proses tersebut konsisten.

Dengan mengetahui kondisi proses, maka kita dapat mengetahui sumber variasi proses, pada dasarnya variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas pada produk yang sama. Terdapat beberapa jenis peta kendali/*control chart* antara lain:

- Peta Kendali X-Bar dan R

Peta ini disebut peta untuk variabel atau peta untuk X dan R (*mean* dan *range*). Peta kontrol *X-Bar* menjelaskan kepada kita tentang apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran titik pusat (*central tendency*) atau rata-rata dari proses.

- Rumus mencari nilai *range* rata-rata

$$R = X_{\max} - X_{\min} \dots \dots \dots (II.1)$$

- Rumus mencari rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots \dots \dots (II.2)$$

- Rumus mencari garis tengah peta kendali X

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{g} \dots \dots \dots (II.3)$$

- Batas Kendali untuk peta kendali X

$$UCL = \bar{X} + (A2 \times \bar{R}) \dots \dots \dots (II.4)$$

$$LCL = \bar{X} - (A2 \times \bar{R}) \dots \dots \dots (II.5)$$

- Rumus mencari garis tengah peta kendali R

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{g} \dots \dots \dots (II.6)$$

- Rumus batas kendali untuk peta kendali R

$$UCL = D_4 \bar{R} \dots \dots \dots (II.7)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \dots \dots \dots (II.8)$$

- Peta kendali P

Peta kontrol untuk proporsi atau perbandingan antara banyaknya produk yang cacat dengan seluruh produksi.

- Rumus mencari garis tengah untuk peta kendali P

$$\bar{P} = \frac{\sum Pi}{g} \dots \dots \dots (II.9)$$

- Rumus batas Kendali untuk peta kendali P:

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \dots\dots\dots (II-10)$$

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \dots\dots\dots (II-11)$$

- Peta kendali C & u

Peta kendali C digunakan untuk pengendalian jumlah item yang tidak sesuai dalam suatu subgrup dan Peta kendali u digunakan untuk pengendalian proporsi yang tidak sesuai di dalam subgrup. Peta kendali c dan u disarankan untuk digunakan jika masing-masing unit mungkin memuat lebih dari satu kriteria ketidaksesuaian.

- Garis tengah untuk peta kendali C

$$\bar{c} = \frac{\sum ci}{n} \dots\dots\dots (II-12)$$

- Batas Kendali untuk peta C:

$$UCL = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}} \dots\dots\dots (II-13)$$

$$LCL = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}} \dots\dots\dots (II-14)$$

- Batas Kendali untuk peta U:

$$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \dots\dots\dots (II-15)$$

$$LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \dots\dots\dots (II-16)$$

f) **Scatter Diagram**

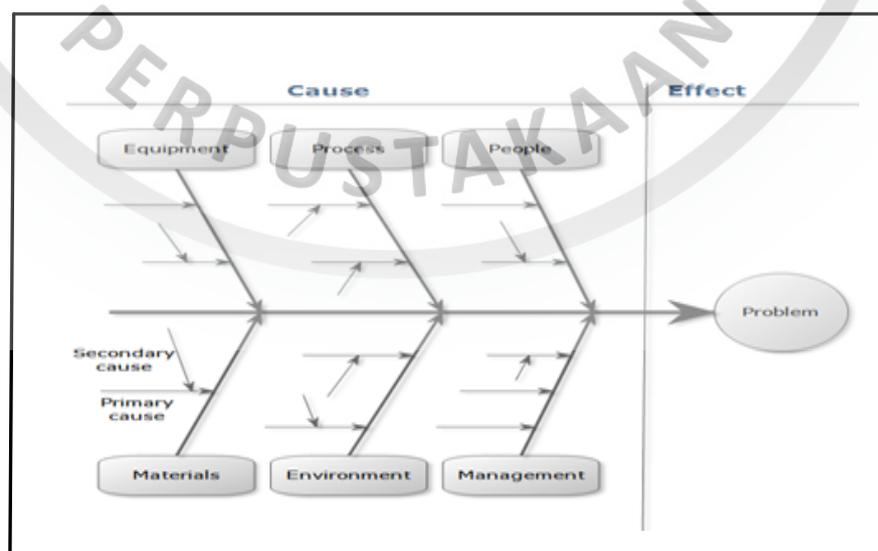
Scatter diagram merupakan dua buah variabel yang sesuai dipetakan dalam diagram sebar. Hubungan antara titik-titik yang dipetakan menghubungkan antara kedua variabel tersebut yaitu antara faktor proses yang memengaruhi proses dengan kualitas produk. Pada dasarnya diagram sebar merupakan suatu alat interpretasi data yang digunakan untuk menguji bagaimana kuatnya hubungan antara dua variabel dan menentukan jenis hubungan dua variabel tersebut, apakah positif, negatif, atau tidak ada hubungan. Diagram ini berupa titik yang menghubungkan paling tidak dua variabel, X dan Y yang menunjukkan keeratannya, sehingga dapat dilihat apakah suatu kesalahan dapat disebut berhubungan atau terkait dengan masalah yang lain.

g) **Diagram sebab akibat**

Diagram sebab akibat (*Cause Effect Diagram*) atau yang disebut juga diagram tulang ikan merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis

suatu proses dan menemukan penyebab suatu persoalan. Persoalan-persoalan tersebut bisa disebabkan oleh material, peralatan, lingkungan, metode, dan manajemen sistem. Wignjosoebroto (2006) langkah-langkah pembuatan diagram sebab-akibat:

- 1) Tetapkan karakteristik kualitas yang akan dianalisis. Gambarkan panah dengan kotak diujung kanannya dan tuliskan masalah atau sesuatu yang akan diperbaiki atau diamati pada kotak tersebut.
- 2) Tulis faktor-faktor penyebab utama (*main causes*) yang diperkirakan merupakan sumber terjadinya penyimpangan atau yang mempunyai akibat pada permasalahan tersebut. Faktor-faktor penyebab ini biasanya faktor manusia, mesin, bahan baku, metode, dan lingkungan kerja. Gambarkan anak panah (cabang-cabang) yang menunjukkan faktor-faktor penyebab mengarah pada panah utama yang telah digambarkan.
- 3) Cari lebih lanjut faktor-faktor yang lebih terperinci yang mempengaruhi faktor penyebab utama. Tuliskan detail faktor tersebut dikiri-kanan gambar panah cabang faktor-faktor utama dan buatlah anak panah (ranting) menuju ke arah panah cabang tersebut.
- 4) *Check* Apakah semua items yang berkaitan dengan karakteristik kualitas output sudah kita cantumkan dalam diagram?
- 5) Carilah faktor-faktor penyebab yang paling dominan. Dari diagram yang sudah lengkap, dibuat pada langkah 3 dicari faktor-faktor penyebab yang dominan secara berurutan.



Gambar 2.6 Diagram *Fishbone*
Sumber: Wignjosoebroto (2006)

2.4 Perbandingan Metode Identifikasi Masalah

Permasalahan yang terjadi tidak begitu saja mendapat penanganan dengan cepat, tetapi perlu adanya suatu alat identifikasi masalah. Metode identifikasi masalah membantu dalam mencari penyebab-penyebab timbulnya permasalahan. Adapun beberapa perbandingan metode identifikasi masalah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Metode Identifikasi Masalah

Metode	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Fault Tree Analysis</i> (Blanchard dan Blyler, 2016)	Pendekatan deduktif yang melibatkan pencacahan grafis dan analisis berbagai cara di mana kegagalan sistem tertentu dapat terjadi, dan kemungkinan kemunculannya. Pohon kesalahan yang terpisah dapat dikembangkan untuk setiap mode kegagalan kritis, atau kejadian tingkat atas yang tidak diinginkan.	<ul style="list-style-type: none"> - Bersifat sistematis, analisis sistem yang kompleks. - Menentukan interaksi yang sangat kompleks. - Memberikan pandangan secara kualitatif dengan mudah terhadap <i>plant</i>. - Dapat digunakan untuk mengevaluasi sesuatu yang tidak pasti. - Dapat membuat tindakan pencegahan yang tepat untuk mengeliminasi penyebab dasar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada jaminan semua kejadian awal sudah teridentifikasi. - Perlu pemahaman terlebih dahulu mengenai simbol logika boolean untuk menguraikan penyebab <i>top event</i>. - Keefektifan analisis sangat bergantung kepada pemilihan <i>top event</i>.
<i>Event Tree Analysis</i> (Blanchard dan Blyler, 2016)	Teknik yang bersifat grafis yang mencoba menampilkan <i>event</i> yang sifatnya <i>mutually exclusive</i> yang bisa menyebabkan tidak berfungsinya suatu sistem.	<ul style="list-style-type: none"> - Pendekatan terstruktur dan ketat. - Sebagian besar pekerjaan dapat menjadi terkomputerisasi. - Dapat secara efektif dilakukan pada berbagai tingkat desain. 	<ul style="list-style-type: none"> - Keberhasilan atau kegagalan parsial tidak dibedakan. - Membutuhkan seorang analisis sudah mendapat pelatihan dan berpengalaman.
<i>Statistical Quality Control</i> (SQC) (Heizer dan Render, 2006)	merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode statistik	<ul style="list-style-type: none"> - Pengendalian proses statistic, pengendalian produk, dan analisis kemampuan proses - Dapat digunakan pada bidang produk maupun jasa. - Pencarian masalah yang detail. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengambilan data variabilitas tidak dikenal, maka dilakukan pencarian dengan penyesuaian proses dan klasifikasi bahan baku yang datang.
<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) (Tannady, 2015)	Suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (<i>failure mode</i>). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas.	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatnya keakuratan dari perkiraan terhadap peluang dari kegagalan yang akan dikembangkan, khususnya juga data dari peluang <i>reliabilitas</i> didapat dengan menggunakan FMEA. - Reliabilitas dari produk akan meningkat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Semua dianalisis didokumentasikan dan juga kegagalan dari beberapa faktor dan sebab tidak ada dampak dari hasil perbaikan

2.4.1 Perbandingan Metode Perbaikan Kualitas

Perbaikan kualitas perlu adanya suatu metode yang dapat dijadikan alat untuk memperbaiki kualitas yang menurun. Dengan adanya metode perbaikan kualitas, permasalahan dapat diselesaikan dengan tepat dan dapat mengurangi dampak permasalahan yang terjadi. Adapun perbandingan metode perbaikan kualitas dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan Metode Perbaikan Kualitas

Metode	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
TRIZ (Rantanen, Conley, dan Domb, 2018).	TRIZ mampu memberikan ide yang lebih baik dan efektif. Ide baik yang dimaksud adalah ide yang dapat menyelesaikan permasalahan yang kontradiktif meningkatkan keidealan sistem, dan mempergunakan sumber yang tersedia.	<ul style="list-style-type: none"> - Menyelesaikan sebuah masalah berarti membuang kontradiksi. - Dapat digunakan untuk mendapatkan ide baru dan memprediksi sistem. - Prinsip-prinsip inovatif, memberikan isyarat konkrit bagi solusi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Harus teliti dalam menggunakan matriks kontradiksi untuk mengetahui persilangan antara <i>improving feature</i> dengan <i>worsening feature</i>.
SIX SIGMA (Pande, P.S., Neuman, R.P., dan Cvanagh, R.R., 2002)	Six Sigma adalah referensi ke tujuan tertentu untuk mengurangi cacat hingga mendekati nol. Sigma, atau standar deviasi, memberi tahu berapa banyak variabilitas yang ada dalam suatu kelompok item ("populasi"). Semakin banyak variasi, semakin besar standar deviasinya.	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat melakukan, perbaikan produktivitas, pengurangan waktu siklus, pengurangan cacat, retensi pelanggan, pertumbuhan pangsa pasar, pengurangan biaya. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan diperlukan waktu yang sangat lama, perlunya ketekunan dalam menjalankan strategi ini. - Perlu orang-orang yang memang terlatih dan memiliki pengetahuan tinggi
FMEA (Tannady, 2015)	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (<i>failure mode</i>). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas.	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatnya keakuratan dari perkiraan terhadap peluang dari kegagalan yang akan ikembangkan. - Reliabilitas dari produk akan meningkat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Semua hasil analisis didokumentasikan, dan juga kegagalan dari beberapa beberapa faktor dan sebab tidak ada dampak dari hasil perbaikan

2.5 Statistical Quality Control (SQC)

Statistic Qaulity Control (SQC) atau pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan,

menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode-metode statistik. Pengendalian kualitas statistik (*Statistic Quality Control*) sering disebut sebagai pengendalian proses statistik (*Statistical Process Control/SPC*).

Assauri (2008) *Statistical Quality Control* (SQC) adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk menjaga standar yang uniform dari kualitas hasil produksi, pada tingkat biaya yang minimum dan menetapkan bantuan untuk mencapai efisiensi. Untuk menerapkan SQC, harus dilakukan secara menyeluruh dan mendeteksi pada proses produksi yang mana telah berada dalam batasan pengendalian kualitas statistik baik data variabel maupun data atribut. Data variabel merupakan data yang diukur untuk keperluan analisis, contohnya berat produk, tinggi produk, diameter produk, dan lain-lain. Sedangkan data atribut merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencacatan analisis, contohnya ketidaksesuaian warna, banyaknya jenis cacat produk, dan ketidaksesuaian spesifikasi atribut yang ditetapkan.

Statistical Quality Control (SQC) ini dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

1. Penggunaan *Statistical Quality Control* (SQC) untuk pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas menggunakan *Statistical Quality Control* (SQC) memiliki 7 alat statistik utama yang bisa digunakan sebagai alat bantu, antara lain yaitu:

- Lembar Pemeriksaan (*Checksheet*)
- Histogram
- Stratifikasi
- Peta Kendali
- Diagram Pareto
- Diagram Sebab Akibat
- *Scatter Diagram*

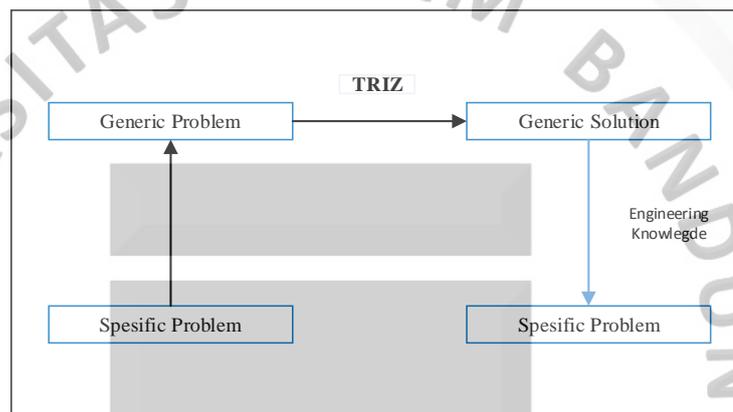
2. Penggunaan *Statistical Quality Control* (SQC) untuk penerimaan sampel produk (*Acceptance Sampling*)

Dalam *Acceptance Sampling* seluruh hasil produksi ditolak atau diterima jika sample yang relatif kecil menyatakan/ menunjukkan lebih atau kurang dari jumlah yang telah ditetapkan/diizinkan ditolak. Jika jumlah penolakan tidak dapat

memutuskan, maka dilakukan penambahan sampel, yang dalam hal ini disebut “double” atau *multiple sampling*.”

2.6 Metode TRIZ

Theory of inventive problem solving (TRIZ) dikembangkan oleh ilmuwan Rusia G.S. Altshuller pada tahun 1946 yang meneliti 400.000 paten di seluruh dunia dari berbagai disiplin ilmu. TRIZ adalah metode pemecahan masalah sistematis yang berdasarkan *human oriented knowledge*. TRIZ dapat didefinisikan dengan pendekatan *knowledge based* berikut merupakan skema metode TRIZ. Berikut merupakan skema dari konsep triz yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema Konsep TRIZ
Sumber: Rantanen dan Domb (2018)

TRIZ adalah sebuah akronim berbahasa rusia yaitu *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* yang dalam bahasa inggrisnya berarti *Theory of Inventive Problem Solving*. Teori ini dibutuhkan karena tanpa teori sering kali orang menghasilkan ide dengan cara menduga dan memilih apa yang mereka sukai atau yang mereka pikir orang lain akan sukai. Dengan TRIZ, peneliti akan mampu menghasilkan ide yang lebih baik dalam waktu yang lebih cepat dan kita akan memiliki dasar dalam memilih ide yang terbaik, ide yang akan menyelesaikan masalah secara efektif. Ide baik yang dimaksud adalah ide yang dapat menyelesaikan permasalahan yang kontradiktif meningkatkan keidealan sistem, dan mempergunakan sumber yang tersedia (Rantanen dan Domb, 2018). TRIZ dapat didefinisikan sebagai pendekatan berbasis pengetahuan karena (Savransky, 2000):

1. Pengetahuan tentang heuristik pemecahan masalah generik (yaitu, aturan untuk membuat langkah-langkah selama pemecahan masalah) diekstraksi dari sejumlah besar paten di seluruh dunia di bidang teknik yang berbeda.

2. Menggunakan pengetahuan tentang efek dalam ilmu alam dan teknik. Informasi yang besar ini diringkas dan ditata ulang untuk penggunaan yang efisien selama pemecahan masalah.
3. Menggunakan pengetahuan tentang domain tempat masalah terjadi. Pengetahuan ini mencakup informasi tentang teknik itu sendiri, serta sistem dan proses yang serupa atau berlawanan, lingkungan teknik, dan evolusi atau perkembangannya.

TRIZ dapat juga diartikan pendekatan sistematis untuk memecahkan berbagai macam permasalahan dengan memberikan solusi yang terbaik. Lima konsep dasar TRIZ untuk mencapai solusi terbaik tersebut yaitu (Rantanen dan Domb, 2018):

1. Kontradiksi, menyelesaikan sebuah masalah berarti membuang kontradiksi.
2. Sumber daya, sumber daya tersedia tetapi tidak dipakai, energi, sifat atau benda lain dalam atau di dekat sistem dapat digunakan untuk menyelesaikan kontradiksi.
3. Hasil akhir yang ideal, dicapai pada saat kontradiksi diselesaikan. Parameter yang diinginkan harus diperoleh tanpa kompromi
4. Prinsip-prinsip inovatif, memberikan isyarat konkrit bagi solusi.

2.6.1 Tahapan TRIZ

Menurut Assauri (2008) Proses penyelesaian masalah menggunakan metode TRIZ memiliki tiga tahapan yaitu sebagai berikut:

➤ 39 Parameter

Dalam parameter ini terbagi menjadi dua bagian yaitu *improving feature* merupakan hal yang ingin dicapai untuk perbaikan kualitas dan *worsing feature* merupakan hal yang menjadi efek samping dari *improving feature*. Berikut merupakan langkah-langkah TRIZ:

1. Menentukan penyebab masalah berdasarkan hasil dari diagram *Fishbone*. Penyebab masalah tersebut ditentukan berdasarkan 5 elemen yaitu manusia, mesin, lingkungan, metode, dan material.
2. Menentukan *improve* dari setiap penyebab masalah, tujuan dilakukannya *improve* ini yaitu menentukan perbaikan dan peningkatan performa yang harus dilakukan untuk menangani penyebab masalah tersebut. Penentuan *improve* ini dapat dilihat pada tabel 39 parameter yang telah tersedia dan telah ditetapkan.

3. Menentukan *worsening* dari penyebab masalah, *worsening* disini dapat diartikan sebagai suatu dampak yang akan terjadi ketika dilakukan perbaikan. Penentuan *worsening* ini dapat dilihat pada tabel 39 parameter yang telah tersedia dan telah ditetapkan.

➤ **Matriks Kontradiksi**

Parameter-parameter tersebut saling dibandingkan sehingga membentuk Matriks TRIZ. Cara menggunakan Matriks tersebut cukup mudah, yaitu dengan membandingkan parameter yang ingin diperbaiki (bagian kiri) dengan parameter yang menjadi kontradiksi (bagian atas). Pada persilangan antara kedua parameter tersebut mendapatkan angka-angka yang merupakan solusi dari penyelesaian konflik tersebut. Dapat dilihat bahwa terdapat beberapa matriks yang tidak memiliki nilai, karena kedua parameter tersebut tidak memiliki hubungan kontradiksi (Rantanen dan Domb, 2018).

➤ **40 Prinsip**

Prinsip tersebut bertujuan memberikan solusi-solusi untuk mengatasi kontradiksi yang terjadi antar karakteristik. Prinsip kreatif merupakan *tools* utama dalam metode TRIZ yang berusaha menggunakan solusi kreatif untuk menanggulangi konflik pada sistem. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan usulan perbaikan dengan menggunakan 40 prinsip kreatif.

1. Pembuatan tabel solusi berdasarkan hasil dari matriks kontradiksi
2. Penentuan sub prinsip *inventive principles*. Penentuan sub prinsip ini berdasarkan dari hasil solusi matriks TRIZ.
3. Penentuan solusi terbaik berdasarkan dari sub prinsip.

2.6.2 *Tools* TRIZ

TRIZ merupakan alat yang membantu menyelesaikan permasalahan dengan dasar berbagai macam pengalaman terdahulu dalam menghilangkan kontradiksi. Penemu TRIZ adalah Genrikh Althshuller pada tahun 1946. Penelitian yang dilakukan oleh Genrich Saulovich Atshuller menghasilkan alat-alat penelitian yang dapat digunakan di antaranya:

1. **39 Parameter TRIZ**

Parameter ini merupakan alat bantu untuk mengubah suatu pernyataan ataupun permintaan teknis permasalahan ke dalam bentuk parameter teknis yang berpengaruh

pada permasalahan tersebut. untuk penjelasan mengenai 39 parameter dapat dilihat pada Lampiran 1. Namun berikut ditampilkan poin-poin dari 39 parameter pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 39 Parameter TRIZ

No	Parameter	No	Parameter
1	Berat obyek bergerak (<i>Weight of moving object</i>)	21	Daya (<i>Power</i>)
2	Berat obyek tidak bergerak atau diam (<i>Weight of stationary object</i>)	22	Kehilangan energi (<i>Loss of energy</i>)
3	Panjang obyek bergerak (<i>Length of moving object</i>)	23	kehilangan material, unsur, inti, atau zat (<i>Loss of substance</i>)
4	Panjang obyek tidak bergerak (<i>Length of stationary object</i>)	24	Kehilangan informasi (<i>Loss Of Information</i>)
5	Luas obyek bergerak (<i>Area of moving object</i>)	25	Kehilangan waktu (<i>Loss of time</i>)
6	Luas obyek tidak bergerak (<i>Area of stationary object</i>)	26	Kuantitas unsur atau material yang dikeluarkan (<i>Amount of substance</i>)
7	Volume obyek bergerak (<i>Volume of moving object</i>)	27	Keandalan (<i>Reliability</i>)
8	Volume obyek tidak bergerak (<i>Volume of stationary object</i>)	28	Akurasi pengukuran (<i>Measurement accuracy</i>)
9	Kecepatan (<i>Speed</i>)	29	Kepresisian manufaktur (<i>Accuracy of Manufacturing</i>)
10	Gaya atau daya angkat (<i>Force</i>)	30	Bahaya eksternal yang memengaruhi obyek (<i>External harm effect the object</i>)
11	Stres atau tekanan (<i>Stress or pressure</i>)	31	Faktor berbahaya dari obyek yang dihasilkan (<i>Object generated harmful factors</i>)
12	Bentuk (<i>Shape</i>)	32	Kemudahan pembuatan (<i>Ease of manufacture</i>)
13	Stabilitas komposisi obyek terhadap sistem (<i>Stability of object Composition</i>)	33	Kemudahan pengoperasian (<i>Ease of operation</i>)
14	Kekuatan (<i>Strength</i>)	34	Kemudahan perbaikan (<i>Ease of repair</i>)
15	Durasi tindakan oleh obyek bergerak (<i>Duration of action by a moving object</i>)	35	Fleksibilitas dalam beradaptasi (<i>Adaptibility of versatinty</i>)
16	Durasi tindakan oleh obyek tidak bergerak (<i>Duration of action by a stationary object</i>)	36	Kompleksitas perangkat (<i>Device Complexity</i>)
17	Suhu (<i>Temperature</i>)	37	Kesulitan mendeteksi dan mengukur (<i>Difficulty of detecting and measuring</i>)
18	Intensitas pencahayaan (<i>Illumination Intensity</i>)	38	Tingkat otomasi (<i>Extent of automation</i>)
19	Penggunaan energi oleh obyek bergerak (<i>Use of energy by moving object</i>)	39	Produktivitas (<i>Productivity</i>)
20	Penggunaan energi oleh obyek tidak bergerak (<i>Use of energy by stationary object</i>)		

Sumber: Rantanen dan Domb (2018)

2. Matriks Kontradiksi

Cara menggunakan Matriks tersebut cukup mudah, yaitu dengan membandingkan parameter yang ingin diperbaiki (bagian kiri) dengan parameter yang menjadi kontradiksi (bagian atas). Pada persilangan antara kedua parameter tersebut mendapatkan angka-angka yang merupakan solusi dari penyelesaian konflik tersebut. Dapat dilihat bahwa terdapat beberapa matriks yang tidak memiliki nilai, karena kedua parameter tersebut tidak memiliki hubungan kontradiksi (Rantanen dan Domb, 2018). Matrik kontradiksi secara lengkap dapat dilihat pada berikut diberikan contoh gambaran matriks kontradiksi pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Matrik Kotradiksi

		Worsened Featur									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Improved Featur		Weight of Moving Object	Weight of Stationary Object	Length of Moving Object	Length of Stationary Object	Area of Moving Object	Area of Stationary Object	Volume of Moving Object	Volume of Stationary Object	Speed	Force
1	Weight of Moving Object	All	All	15, 8, 29, 34	All	29, 17, 38, 34	All	29, 2, 40, 28	All	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
2	Weight of Stationary Object	All	All	All	10, 1, 29, 35	All	35, 30, 13, 2	All	5, 35, 14, 2	All	8, 10, 19, 35
3	Length of Moving Object	8, 15, 29, 34	All	All	All	15, 17, 4	All	7, 17, 4, 35	All	13, 4, 8	17, 10, 4
4	Length of Stationary Object	All	35, 28, 40, 29	All	All	All	17, 7, 10, 40	All	35, 8, 2, 14	All	28, 10
5	Area of Moving Object	2, 17, 29, 4	All	14, 15, 18, 4	All	All	All	7, 14, 17, 4	All	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
6	Area of Stationary Object	All	30, 2, 14, 18	All	26, 7, 9, 39	All	All	All	All	All	1, 18, 35, 36
7	Volume of Moving Object	2, 26, 29, 40	All	1, 7, 4, 35	All	1, 7, 4, 17	All	All	All	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
8	Volume of Stationary Object	All	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	All	All	All	All	All	2, 18, 37
9	Speed	2, 28, 13, 38	All	13, 14, 8	All	29, 30, 34	All	7, 29, 34	All	All	13, 28, 15, 19
10	Force	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	All

Sumber: Rantanen dan Domb (2018)

3. 40 Prinsip TRIZ

Hasil penelitian Althsuller (2006) juga dipetakan ke dalam sebuah 40 *inventive principles*. Prinsip tersebut bertujuan memberikan solusi-solusi untuk mengatasi kontradiksi yang terjadi antar karakteristik. Prinsip kreatif merupakan tools utama dalam metode TRIZ yang berusaha menggunakan solusi kreatif untuk menanggulangi konflik pada sistem. Berikut merupakan 40 prinsip TRIZ pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 40 Prinsip TRIZ

No	Prinsip	No	Prinsip
1	<i>Segmentation</i> (Membagi menjadi ruas-ruas)	4	<i>Asymmetry</i> (merubah bentuk simetri menjadi asimetri)
2	<i>Extraction</i> (pemisahan)	5	<i>Combining</i> (menggabungkan suatu obyek yang identik)
3	<i>Local Quality</i> (kualitas lokal)	6	<i>Universality</i> (Memaksimalkan semua fungsi)
7	<i>Nesting</i> (Tempatkan objek di dalam yang lain)	24	<i>Mediator</i> (Perantara)
8	<i>Counterweight</i> (menggabungkan objek dengan benda lain)	25	<i>Self-service</i> (Objek melayani dirinya sendiri)
9	<i>Prior Counteraction</i> (Anti tindakan awal)	26	<i>Copying</i> (Menyalin sebuah objek atau sistem)
10	<i>Prior Action</i> (Tindakan awal sebelum hal tersebut dibutuhkan)	27	<i>Dispose</i> (Objek identik dan murah)
11	<i>Beforehand</i> (Menyiapkan kondisi darurat) <i>compensation</i>	28	<i>Replacement of a mechanical system</i> (Mengganti ke sistem sensorik)
12	<i>Equipotentiality</i> (Menyiapkan kondisi paling dekat)	29	<i>Pneumatic or hydraulic construction</i> (menggunakan gas / cairan)
13	<i>Do it in Reverse</i> (Tindakan sebaliknya untuk penyelesaian masalah)	30	<i>Flexible membranes or thin film</i> (Kerangka yang flexible)
14	<i>Spheroidality</i> (Merubah objek datar menjadi bulat)	31	<i>Porous materials</i> (Objek / sistem yang dititipkan)
15	<i>Dynamicity</i> (Membuat objek menjadi dinamis/optimal)	32	<i>Changing the color</i> (Perubahan warna)
16	<i>Partial or excessive action</i> (Memperbaiki objek secara bertahap)	33	<i>Homogeneity</i> (Interaksi Objek)
17	<i>Moving to a new dimension</i> (Berpindah ke dimensi yang baru)	34	<i>Rejecting and regenerating parts</i> (Pembuangan dan pemulihan)
18	<i>Mechanical vibration</i> (Meningkatkan frekuensi)	35	<i>Transformation of properties</i> (Perubahan parameter)
19	<i>Periodic action</i> (Tindakan Periodik)	36	<i>Phase Transition</i> (Fase Transisi)
20	<i>Continuity of a useful action</i> (Tindakan yang bermanfaat)	37	<i>Thermal Expansion</i> (Expansi Termal)
21	<i>Rushing through</i> (Melakukan proses tertentu)	38	<i>Accelerated Oxidation</i> (Oksidan yang kuat)
22	<i>Convert harm into benefit</i> (Tindakan lanjut yang berguna)	39	<i>Inert Environment</i> (Atmosfir tanpa daya)
23	<i>Feedback</i> (Umpan balik)	40	<i>Composite materials</i> (Material komposit)

Sumber: Rantanen dan Domb (2018)