

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Sebelum dilakukannya penelitian, maka terlebih dahulu melakukan pendalaman terkaian dengan beberapa penelitian yang memiliki kesamaan yang telah dilakukan sebelumnya. Ini dilakukan agar penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan atau referensi dalam penelitian ini. Tinjauan pustaka pada penelitian ini menggunakan *database* google dengan menggunakan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan untuk mencari tinjauan pustaka yaitu “perencanaan produksi”, “manajemen produksi”, “tata letak produksi”, “tempat penyimpanan” dan “Perancangan produk”

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Sebelum dilakukannya proses produksi sebaiknya dilakukan perencanaan agar proses produksi dapat berjalan dengan maksimal, (Soeltanong & Sasongko, 2021) melakukan penelitian menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk Perencanaan dan persediaan bahan baku produksi. Dalam penelitian (Lestari & Nurdiansah, 2018) menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP) untuk menentukan kebutuhan bahan baku yang akan digunakan dalam produksi.

Assembly merupakan suatu proses menggabungkan beberapa komponen menjadi satu, dalam hal ini banyak proses yang dilakukan tergantung pada komponen produk yang akan dirakit. Oleh karena itu, terdapat perbedaan waktu antara operator satu dengan yang lainnya ketika melakukan proses perakitan. Metode penelitian yang dilakukan oleh (Made Suartika & Alit Triadi, 2022) untuk pengukuran waktu kerja yaitu dengan metode *Stopwatch Time Study*.

Produktivitas merupakan hal yang penting dalam proses produksi karena memiliki dampak besar terkait produk yang akan dilakukan. Peneliiian yang dilakukan oleh Kusuma & Firdaus (2019) yang menggunakan metode *Westinghouse* karena mengarah pada 4 faktor yaitu keterampilan, kondisi kerja, usaha, dan konsistensi. Selain itu penelitian yang dilakukan juga untuk mengetahui jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan agar tidak terjadinya anterian produk pada bagian produksi. Selain itu dalam penelitian Ahmed & Chowdhury (2018) melakukan penelitian dalam upaya peningkatan produktivitas dan efisiensi dengan mengidentifikasi para

pekerja yang masih memiliki performansi yang rendah. Pada masing-masing operator akan diidentifikasi *waste* apa yang ditemukan dengan penggunaan pendekatan *lean*.

Tata letak dalam memproduksi suatu barang sangat berpengaruh pada tingkat efisiensi kerja seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Anugerah & Puteri (2022) menggunakan metode *Activity Relationship Chart* untuk memaksimalkan tata letak dan prinsip ergonomi untuk mengurangi keluhan pekerja. Penelitian yang dilakukan oleh Hartari & Herwanto (2021) juga meneliti tentang tata letak stasiun kerja menggunakan metode *Systematic Layout Planning, Systematic Layout Planning (SLP)* merupakan metode untuk membuat perancangan ulang suatu *layout (re-layout)* berdasarkan hasil dari optimalisasi jarak dan Ongkos Material Handling (OMH).

Dalam perancangan dibutuhkan metode yang cocok untuk perancangan suatu produk, sehingga produk yang akan diproduksi dapat digunakan dengan maksimal dan dapat mengatasi masalah yang ada. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Pahira dkk. (2022) merancang menggunakan metode kreatif dengan 7 tahap diantaranya identifikasi kebutuhan, identifikasi tujuan, identifikasi masalah, pengembangan konsep, perancangan konsep, pemilihan konsep, dan pengujian yang dilakukan dengan voting, dengan hasil 80 dari 100 menyukai desain yang telah dipilih. Dalam penelitian yang dilakukan Ardian & Werdhaningsih (2019) juga menggunakan metode kreatif dan Desain thinking dalam penelitiannya pada kerajinan patung subang. Pada penelitian ini menggunakan 5 tahapan *empathize, define, ideate, prototype, dan test* yang nantinya akan menghasilkan pola kerja yang lebih baik dan kreatif dalam menghasilkan sebuah ide pembuatan produk unik dan kualitas produk yang lebih baik lagi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2020) merancang kontainer berpendingin pada sepeda motor dengan menggunakan metode QFD dan TRIZ. Peneliti lainnya yaitu Santosa & Yuliati (2022) menggunakan metode TRIZ untuk perancangan ulang alat pemotong kerupuk agar lebih produktif. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Liansari (2021) juga melakukan penelitian menggunakan metode TRIZ dalam memecahkan masalah perancangan jam tangan untuk meningkatkan kualitas sehingga menjadi produk yang inovatif.

Tabel 2. 1. Tinjauan Pustaka Terdahulu Terkait dengan Proyek Penelitian

Nama Peneliti	Aspek Yang diteliti	Objek Yang diteliti	Permasalahan	Metode Yang digunakan	Solusi
Ahmed Chowdhury & (2018)	Peningkatan produktivitas dan efisiensi	Industri garmen yang berada di Bangladesh	Rendahnya tingkat performansi para pekerja sehingga menyebabkan terkendalanya produksi	Metodologi <i>Lean</i> pada operator yang performansinya masih rendah	Memberikan solusi berdasarkan waste yang masih teridentifikasi pada operator dengan tingkat performansi rendah
Lestari Nurdiansah & (2018)	Perencanaan kebutuhan material	Perusahaan manufaktur kertas	Rusaknya bahan baku yang disebabkan lamanya disimpan pada gudang penyimpanan	Menggunakan metode MRP untuk penentuan kebutuhan bahan baku	Perencanaan kebutuhan material paling murah dengan menggunakan metode <i>Lot For Lot</i> .
Kusuma & Firdaus (2019)	Penentuan jumlah tenaga kerja	Penentuan jumlah tenaga kerja optimal untuk peningkatan produktifitas kerja di UD.Rekayasa Wangdi W	Perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan konsumen tiap tahunnya	Menggunakan metode <i>Westinghouse</i> dalam penentuan jumlah tenaga kerja yang optimal	Mengetahui jumlah tenaga kerja yang optimal sebanyak 63 tenaga kerja
Made Suartika & Alit Triadi (2022)	Pengukuran waktu kerja	Perbandingan waktu kerja dengan alat bantu standar dan alat bantu TsA-1	Pelayanan pada pergantian oli shock di AHHAS yang kurang produktif	Pengukuran waktu kerja dilaksanakan secara langsung dengan metode jam henti (<i>Stopwatch Time Study</i>)	penggunaan alat TsA-1 (<i>Tool shock absorber</i>) mampu meningkatkan waktu kerja mekanik dan efisien dibandingkan alat biasa/standar

Tabel 2.1. Lanjutan

Nama Peneliti	Aspek Yang diteliti	Objek Yang diteliti	Permasalahan	Metode Yang digunakan	Solusi
Alfonso dkk. (2022)	Beban Kerja	16 operator produksi	Analisa beban kerja fisik dan mental	Metode CVL dan NASA-TLX	Penambahan 1 tenaga kerja pada pengelasan
Anugerah & Puteri (2022)	Tata letak	Desain <i>layout</i> Fadhel Furniture	Tata letak tiap stasiun proses tidak memiliki kedekatan proses sehingga kurang efektif	<i>Activity Relationship Chart</i>	Pengurangan jarak perpindahan material
Hartari & Herwanto (2021)	Tata letak	Desain <i>layout</i> PT. Adhimix Precast Indonesia	Tata letak yang berjauhan sehingga terjadi persilangan arus produksi	<i>Systematic Layout Planning, Systematic Layout Planning (SLP)</i>	Perubahan <i>layout</i> kerja sehingga tidak terjadi persilangan tiap departemen
Fransisca & Maulana (2023)	Perancangan rak sepatu	<i>Eksplorasi</i> material dalam desain rak sepatu <i>eco friendly</i>	Bahan baku yang masih kurang ramah lingkungan	Metode Kualitatif	Menghasilkan teknik mendaur ulang limbah kertas dan material lainnya sehingga menjadi lebih ramah lingkungan
Wiraghani & Prasnowo (2017)	Perancangan dan pengembangan	Perancangan dan pengembangan produk alat potong sol sandal	Penggunaan alat potong sandal manual yang kurang efektif	metode <i>binary dominance matrix</i>	Perancangan alat dengan mekanisme otomatis dengan memanfaatkan motor listrik dan hidrolis angin

Tabel 2.1. Lanjutan

Nama Peneliti	Aspek Yang diteliti	Objek Yang diteliti	Permasalahan	Metode Yang digunakan	Solusi
Dwilaga & Zaen (2023)	Perancangan produk	Perancangan produk rak sepatu dengan fungsi penyimpanan kaus kaki dan tempat duduk	Rak sepatu yang dapat beradaptasi menjadi produk lainya dan dapat menghemat ruang yang ada	<i>Quality Function Deployment (QFD)</i> dengan matriks HOQ	Mengubah dimensi berdasarkan kebutuhan utama produk dengan urutan yang dibutuhkan konsumen berdasar survei yang telah dilakukan
Saputro & Maftuh (2023)	Perancangan alat penyimpanan	UMKM pembuat tempe di kota Surabaya	Tempat peyimpanan yang masih sederhana yang sering mengalami kegagalan karena suhu ekstrim	<i>Quality Function Deployment (QFD)</i> dengan matriks HOQ	Membuat alat peyimpanan baru yaitu Boksterra yang dapat mengatur suhu, kelembaban dan sistem kontrol.
Martono (2010)	Ruang kerja yang terbatas	Ruangan yang terbatas	Meningkatnya resiko bahaya pada ruang kerja yang terbatas	Penerapan K3	Menggunakan APD, aliran udara yang baik dan SOP yang wajib dilakukan pekerja
Maharja Rizky dkk. (2023)	K3 pada ruang terbatas	Konstruksi pada pertambangan	Ruang kerja yang terbatas memiliki resiko kerja kecelakaan yang tinggi	Metode Deskriptif	Menerapkan K3 dengan bai dan mematuhi dan melaksanakan SOP dengan benar
Liansari (2021)	Perancangan produk jam tangan	Jam tangan kayu	Kualitas bahan baku dari jam tangan kayu yang kurang baik	Metode TRIZ	Menggunakan material bahan baku kayu yang lebih baik dan merancang ulang produk jam tangan kayu

Tabel 2.1. Lanjutan

Nama Peneliti	Aspek Yang diteliti	Objek Yang diteliti	Permasalahan	Metode Yang digunakan	Solusi
Santosa & Yuliati (2022)	Perancangan Ulang Alat Pemotong Kerupuk	Alat Pemotong Kerupuk	Alat potong yang digunakan kurang efisien dalam memotong lontongan kerupuk	Metode TRIZ	Melakukan perancangan ulang pada pemotong kerupuk yang dapat memotong 3 lontongan dalam 1 kali rotasi
Dewi dkk. (2020)	Perancangan produk baru	Perancangan Kontainer Berpendingin pada Sepeda Motor	Distribusi sayuran kepada konsumen agar tetap segar setelah dipanen dengan area yang luas	Menggunakan metode QFD dan TRIZ untuk merancang kontainer berpendingin pada sepeda motor	Aluminium sebagai material utama dan rak utama yang digunakan untuk tempat menyimpan sayuran dan ruang kaki digunakan sebagai tempat untuk meletakkan kompresor dan juga genset
Pahira dkk. (2022)	Perancangan Desain	Merchandise sebagai promosi brand produk	Desain Merchandise yang menarik konsumen sebagai media promosi	Metode Kreatif	Mendesain Merchandise dengan 7 tahapan dan melakukan voting pada pengikut sosial media brand
Ardian & Werdhaningsih (2019)	Pengrajin Kayu	Sentra kerajinan patung kayu, Subang	Kualitas produk	Metode Kreatif dengan <i>Design Thinking</i>	Dari penelitian ini menghasilkan beberapa solusi bentuk prototipe produk baru dengan pola kerja yang lebih kreatif, baik, dan produktif sehingga meningkatkan kualitas produk dan keunikan produk

2.2. Dasar Teori

Proses produksi adalah fungsi utama dari perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur, maka dari itu dalam proses produksi harus memiliki sistem yang dapat mengendalikan dan merancang pada proses produksi tersebut (Akmaliyah, 2016). Produksi merupakan kegiatan dapat menghasilkan suatu produk/barang, baik itu berupa produk jadi, produk setengah jadi, bahan/material industri, suku cadang, dan komponen (Kadim, 2017). Selain menghasilkan produk yang memiliki wujud produksi juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang tidak memiliki wujud /jasa (Agusli dkk., 2019). Dalam proses produksi harus memiliki kebijakan manajemen produksi dan operasional yang erat pada kebijakan fungsional khususnya yaitu kebijakan pemasaran. Dalam menentukan kapasitas perusahaan diperlukan data dari berbagai sumber yang nantinya dapat dijadikan taksiran kapasitas produksi perusahaan. Ini diperlukan agar prediksi atau ramalan penjualan pada periode yang akan datang dapat memprediksi persediaan material atau bahan yang akan diproses untuk menentukan seberapa besar kapasitas produksi dan penunjang lainnya (Ilhamsyah, 2012). Dalam produksi kualitas merupakan hal yang penting untuk kepuasan pelanggan, kualitas produk dapat diartikan sebagai kekuatan, kehandalan, ketelitian, fungsional, dan kemudahan dalam pemakaian produk yang telah dibuat. Selain kualitas produk, kualitas pelayanan juga harus dijaga dan ditingkatkan karena kualitas pelayanan adalah persepsi dari pelanggan yang terbentuk atas penilaian pelanggan dari keunggulan produk yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan (Ibrahim & Thawil, 2019). Dengan demikian jika produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi maka ini dapat meningkatkan kepuasan pelanggan. Dalam melakukan produksi keamanan, kesehatan, dan keselamatan para pekerja menjadi hal yang wajib dijaga baik itu dari pekerja itu sendiri dan perusahaan, menurut Mangkunegara (2005) dalam bukunya menyatakan keselamatan dapat dibedakan pada bidang ketenagakerjaan yaitu menjadi risiko kesehatan dan risiko keselamatan. Keselamatan kerja mengacu pada kondisi yang selamat dan aman dari terjadinya kerugian, kerusakan, dan penderitaan ketika berada di tempat kerja (Zulyanti, 2013). Selain memiliki tujuan untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja pada proses produksi, program K3 juga dapat meningkatkan kegairahan, keserasian, dan partisipasi dari pekerja sehingga berdampak bagi peningkatan kinerja pekerja (Munandar, 2014).

2.2.1. Tata Letak Fasilitas

Berdasarkan Sritomo (2000), tata letak pabrik merupakan cara pengaturan fasilitas pabrik yang memiliki tujuan untuk menunjang kelancaran ketika proses produksi. Tata letak pada area kerja merupakan bagian utama dalam dunia industri. Dengan perencanaan tata letak yang baik dapat meningkatkan efisiensi suatu industri. Adapun empat macam tata letak secara umum yaitu:

a. Tata Letak Fasilitas Berdasar Produksi Aliran

Pada tipe ini secara khusus digunakan sebagai perancangan terhadap tata letak dengan jumlah produksi yang banyak dan dengan jangka produksi yang lama. Dengan tata letak tipe ini maka penempatan mesin dan fasilitas yang ada akan diatur secara maksimal sesuai dengan aliran proses.

b. Tata Letak Fasilitas Berdasar Posisi Material Yang Permanen

Pada tipe ini material tidak berpindah tetapi alat atau mesin untuk memproses material yang akan menyesuaikan lokasi, alat atau mesin yang digunakan akan di desain sesuai proses aliran. pada tipe ini digunakan untuk memproduksi produk yang berskala besar dan berat.

c. Tata Letak Fasilitas Berdasar Lokasi Material Tetap

Pada tipe ini didasarkan oleh pengelompokan produk yang akan dibuat. Pengelompokan ini akan didasari oleh Tahapan-tahapan proses produksi, *machine* dan peralatan yang digunakan.

d. Tata Letak Berdasarkan kegunaan/jenis proses

Pada tipe ini dirancang sesuai tipe proses pengaturan dan penempatan mesin dan peralatan sesuai dengan tipe dan jenis yang sama kedalam satu departemen yang sama.

2.2.2. Metode TRIZ

Metode TRIZ merupakan metode yang dikembangkan oleh Genrich Altshuller yang berasal dari Rusia. TRIZ merupakan bahasa rusia yaitu "Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadach" dan dalam bahasa Inggris yaitu "Theory of Inventive Problem Solving". TRIZ adalah metode sistematis yang dikembangkan untuk membantu dalam menemukan solusi kreatif untuk masalah teknis dan teknologi. Salah satu konsep kunci dalam TRIZ adalah konsep masalah inventif, yang mengacu pada masalah-masalah yang muncul dalam pengembangan produk atau proses yang memerlukan solusi inovatif.

Masalah inventif adalah masalah yang sulit dipecahkan dengan metode konvensional dan memerlukan pendekatan inovatif. TRIZ memandang bahwa

setiap masalah inventif memiliki pola tertentu dan dapat dipecahkan dengan menerapkan prinsip-prinsip umum yang telah diidentifikasi melalui analisis ribuan paten dan penemuan inovatif. Dalam memecahkan masalah dengan TRIZ Kontradiksi muncul ketika ada dua persyaratan atau parameter yang saling bertentangan. Dalam TRIZ, kontradiksi diidentifikasi dan dianalisis dengan tujuan menemukan solusi inovatif yang dapat mengatasi konflik tersebut. Berikut adalah penjelasan mengenai tiga kontradiksi utama dalam TRIZ:

1. Kontradiksi fisik terjadi ketika peningkatan satu parameter menyebabkan penurunan parameter lainnya. Dalam hal ini, peningkatan kinerja satu aspek seringkali mengakibatkan penurunan kinerja aspek lainnya. Contoh Sebuah mobil yang lebih berat mungkin lebih aman, tetapi konsumsi bahan bakar menjadi lebih tinggi.
2. Kontradiksi teknik muncul ketika ada konflik antara dua kebutuhan teknis yang saling bertentangan. Resolusi kontradiksi ini mencari cara untuk memenuhi kedua kebutuhan tersebut tanpa mengorbankan salah satu. Contoh Sebuah baterai yang tahan lama tetapi ringan dengan baterai yang berat tetapi memiliki kapasitas besar.
3. Kontradiksi administratif melibatkan konflik antara persyaratan manajerial atau kebijakan. Dalam hal ini, pemenuhan satu persyaratan dapat menghambat pencapaian persyaratan lainnya. Contoh kebijakan penghematan biaya yang dapat menyebabkan penurunan kualitas produk atau pelayanan.

beberapa cara memodelkan masalah (*model the problem*) dari *function analysis*, *engineering contradiction*, dan *physical contradiction*

1. Analisis Fungsi (*Function Analysis*):

Analisis fungsi adalah langkah awal dalam menerapkan TRIZ. Ini melibatkan identifikasi fungsi-fungsi utama suatu sistem atau produk dan pemahaman bagaimana fungsi-fungsi tersebut terhubung satu sama lain. Tujuan analisis fungsi adalah menganalisis fungsi membantu mengidentifikasi esensi masalah dan memahami tujuan sebenarnya dari sistem tersebut. Pada tahap ini, kita mengidentifikasi fungsi yang perlu dipertahankan, ditingkatkan, atau diubah dalam mencapai solusi inovatif.

2. Kontradiksi Teknik (*Engineering Contradiction*):

Kontradiksi teknik terjadi ketika ada konflik antara dua persyaratan atau parameter teknis yang saling bertentangan. Peningkatan satu aspek seringkali menyebabkan penurunan aspek lainnya. Tujuan kontradiksi teknik adalah

menemukan solusi yang dapat mengatasi konflik antara persyaratan teknis tersebut tanpa mengorbankan satu aspek di atas yang lain. Pada tahap ini digunakan tabel kontradiksi teknik TRIZ untuk menemukan prinsip-prinsip umum yang dapat membantu dalam mengatasi kontradiksi tersebut.

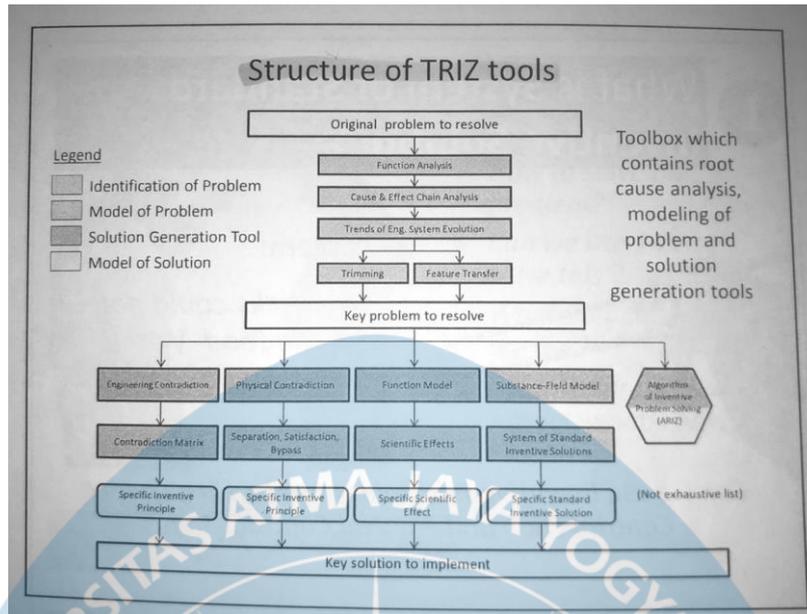
3. Kontradiksi Fisik (*Physical Contradiction*):

Kontradiksi fisik terjadi ketika ada konflik antara dua sifat fisik yang saling bertentangan dalam sistem atau produk. Tujuannya adalah mencari solusi yang dapat mengatasi kontradiksi fisik dan memungkinkan pemenuhan kedua sifat tersebut secara bersamaan. Dalam menyelesaikan kontradiksi fisik, digunakan *separation concept* untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip resolusi yang dapat digunakan untuk mengatasi konflik antara sifat-sifat fisik yang bertentangan.

Pada metode TRIZ terdapat *contradiction matrix*, 40 *inventive principles* dan 39 *system parameters*. Kontradiksi matriks merupakan saran dalam menentukan potensial inventive principles dari *worsening feature* dan *improving* suatu produk.

Tabel 2. 2. Prinsip inventif pada matriks kontradiktif Altshuller

The table is a 39x40 matrix. The rows represent 39 technical parameters, and the columns represent 40 inventive principles. Each cell in the matrix contains a number (1-40) indicating which principle is applicable to a specific pair of conflicting parameters. The parameters include things like 'Weight of moving object', 'Length of moving object', 'Volume of moving object', etc. The principles include 'Segmentation', 'Taking Out', 'Local Quality', etc. The table is titled 'Contradiction Matrix for Solving Technical Contradictions' and is attributed to Altshuller. There is a logo for 'FORD CREATIVITY' in the top right corner of the table area.



Gambar 2. 1. Structure of TRIZ Tools

- | | |
|--|---|
| 1. Berat objek bergerak (Weight of moving object) | 20. Tenaga yang digunakan oleh objek tak bergerak (Use of energy by stationary object) |
| 2. Berat objek tak bergerak (Weight of stationary object) | 21. Kuasa (Power) |
| 3. Panjang objek bergerak (Length or angle of moving object) | 22. Pembaziran tenaga (Loss of energy) |
| 4. Panjang objek tak bergerak (Length or angle of stationary object) | 23. Pembaziran bahan (Loss of substance) |
| 5. Luas objek bergerak (Area of moving object) | 24. Kehilangan maklumat (Loss of information) |
| 6. Luas objek tak bergerak (Area of stationary object) | 25. Pembaziran masa (Loss of time) |
| 7. Isi padu objek bergerak (Volume of moving object) | 26. Hasil tambah bahan (Quantity of substance) |
| 8. Isi padu objek tak bergerak (Volume of stationary object) | 27. Keandalan (Reliability/robustness) |
| 9. Kelajuan (Speed) | 28. Ketepatan pengukuran (Measurement accuracy) |
| 10. Daya (Force a.k.a torque) | 29. Ketepatan pengilangan (Manufacturing precision) |
| 11. Tegasan, tekanan (Stress/pressure) | 30. Faktor yang memudaratkan yang bertindak ke atas objek (Object affected harmful factors) |
| 12. Bentuk (Shape) | 31. Kesan sampingan yang memudaratkan (Object generated harmful factors) |
| 13. Kestabilan (Stability of the object's composition) | 32. Boleh dikilangkan (Ease of manufacture) |
| 14. Kekuatan (Strength) | 33. Senang penggunaan (Ease of operation) |
| 15. Ketahanan objek bergerak (Duration of action of moving object) | 34. Boleh dibaiki (Repairability) |
| 16. Ketahanan objek tak bergerak (Duration of action of stationary object) | 35. Kebolehsuaian (Adaptability or versatility) |
| 17. Suhu (Temperature) | 36. Kekompleksan peranti (Device complexity) |
| 18. Kecerahan (Illumination intensity) | 37. Kekompleksan kawalan (Difficulty of detecting and measuring) |
| 19. Tenaga yang digunakan oleh objek bergerak (Use of energy by moving object) | 38. Tahap automasi (Extent of automation) |
| | 39. Produktiviti (Productivity) |

Gambar 2. 2. 39 Parameter TRIZ

(Sumber : Ang, 2011)

1. Pemetaan/pembahagian (Segmentation)
2. Pengekstrakan (Taking out/extraction)
3. Kualiti setempat (Local quality)
4. Asimetri (Asymmetry)
5. Menggabungkan (Merging/combination)
6. Kesemestaan (Universality)
7. Penyarangan ("Nested doll")
8. Berat pengimbang (Anti-weight/ counter-weight)
9. Tindak balas sebelumnya (Preliminary anti action/ prior counter-action)
10. Tindakan sebelumnya (Preliminary action/ prior action)
11. Perlindungan sebelumnya (Beforehand cushioning/ prior cushioning)
12. Kesamaupayaan (Equi-potentiality/ remove tension)
13. Penyongsangan ("The other way round")
14. Kebolehsferaan (Spheroidality-curvedness)
15. Kedinamikan (Dynamics)
16. Tindakan separa atau berlebih-lebihan (Partial or excessive actions)
17. Bergerak ke dimensi lain (Another dimension)
18. Getaran mekanik (Mechanical vibration)
19. Tindakan berkala (Periodic action)
20. Keberterusan tindakan berguna (Continuity of useful action)
21. Meluru (Skipping/ hurrying)
22. Menukar keburukan kepada kebaikan ('Blessing in disguise')
23. Maklum balas (Feedback)
24. Orang tengah (Intermediary)
25. Layan diri (Self-service)
26. Meniru (Copying)
27. Murah / tidak tahan lama (Cheap/short living)
28. Penggantian sistem mekanik (Mechanics substitution/ another sense)
29. Penggunaan binaan pneumatik atau hidraulik (Pneumatics and hydraulics/ fluidity)
30. Selaput fleksibel atau membran nipis (Flexible shells and thin films/ thin & flexible)
31. Penggunaan bahan berpori (Porous materials/ holes)
32. Ubah warna (Colour changes)
33. Kehomogenan (Homogeneity)
34. Menolak atau menjana semula bahagian (Discarding and discovering)
35. Perubahan keadaan fizik atau kimia objek (Parameter changes)
36. Peralihan fasa (Phase transitions)
37. Pengembangan haba (Thermal expansion/relative change)
38. Pengoksida kuat (Strong oxidants/enriched atmosphere)
39. Persekitaran lengai (Inert atmosphere/calmed atmosphere)
40. Bahan komposit (Composite materials/composite structures)

Gambar 2. 3. 40 Prinsip Inventif TRIZ

(Sumber : Ang, 2011)

		Ciri bertambah							
		buruk				baik			
		Berat objek bergerak	Berat objek tak bergerak	Panjang objek bergerak	Panjang objek tak bergerak	Luas objek bergerak	Luas objek tak bergerak	Isi padu objek bergerak	Isi padu objek tak bergerak
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Berat objek bergerak	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28	
2	Berat objek tak bergerak		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2
3	Panjang objek bergerak	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35	
4	Panjang objek tak bergerak		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14
5	Luas objek bergerak	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		7, 14, 17, 4	
6	Luas objek tak bergerak		30, 2, 14, 18		29, 7, 9, 39		+		
7	Isi padu objek bergerak	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		+	
8	Isi padu objek tak bergerak		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14				+
9	Kelajuan	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34	

Gambar 2. 4. Matriks Kontradiksi

(Sumber : Ang, 2011)

Konsep "*separation*" dalam TRIZ merujuk pada strategi untuk memecahkan masalah dengan mengisolasi atau memisahkan elemen-elemen tertentu dalam sistem. Terdapat empat jenis pemisahan yang sering digunakan dalam TRIZ, yaitu *separation in time, space, level, dan relation*.

1. *Separation in Time* (Pemisahan dalam Waktu):

Separation in Time yaitu Pemisahan elemen-elemen sistem dalam dimensi waktu. Ini melibatkan memisahkan peristiwa atau fungsi yang sebelumnya terjadi secara bersamaan agar terjadi dalam urutan waktu yang berbeda. Contoh: Jika dua peristiwa saling mengganggu, memisahkan mereka dalam waktu dapat mengurangi konflik. Misalnya, melakukan dua tugas berbeda di waktu yang berbeda.

2. *Separation in Space* (Pemisahan dalam Ruang):

Separation in Space yaitu Pemisahan elemen-elemen sistem dalam dimensi ruang. Ini melibatkan memisahkan komponen atau objek yang berinteraksi dalam sistem agar tidak berada dalam jarak yang sama. Contoh: Jika dua komponen saling menghambat, memisahkan mereka dalam ruang fisik dapat menghilangkan interferensi. Misalnya, memisahkan dua mesin yang menghasilkan getaran yang saling mengganggu.

3. *Separation in Level* (Pemisahan dalam Tingkatan):

Separation in Level yaitu Pemisahan elemen-elemen sistem dalam tingkatan hierarki. Ini melibatkan memindahkan fungsi atau beban kerja dari satu tingkat ke tingkat yang berbeda dalam hierarki sistem. Contoh: Jika suatu fungsi berada pada tingkat yang sama dan saling mengganggu, memisahkan fungsi tersebut dalam tingkatan hierarki dapat meningkatkan kinerja. Misalnya, memindahkan fungsi kendali ke tingkat yang lebih tinggi dalam hierarki sistem.

4. *Separation in Relation* (Pemisahan dalam Hubungan):

Separation in Relation Pemisahan elemen-elemen sistem dalam hubungan atau interaksi mereka. Ini melibatkan mengurangi atau menghilangkan hubungan yang dapat menimbulkan konflik atau interferensi. Contoh: Jika dua elemen memiliki hubungan yang saling bertentangan, memisahkan hubungan atau mengganti dengan hubungan yang lebih sesuai dapat membantu mengatasi konflik. Misalnya, mengganti metode komunikasi yang mengganggu dengan metode yang lebih efektif.

Penerapan konsep-konsep pemisahan ini membantu untuk mengatasi konflik dan kontradiksi dalam sistem, mengarah pada solusi inovatif yang lebih efisien.

Pemisahan memungkinkan untuk mengidentifikasi solusi yang tidak hanya mengatasi masalah, tetapi juga meningkatkan kinerja atau fungsi sistem secara keseluruhan.

2.2.3. Pengertian Perancangan dan Pengembangan Produk

Menurut (Ulrich & Eppinger, 2022) yang merupakan ahli di bidang manajemen produk dan perancangan, perancangan produk adalah suatu proses penciptaan dan pengembangan produk yang menggabungkan elemen-elemen teknik, bisnis, dan estetika. Mereka menekankan bahwa perancangan produk melibatkan keputusan-keputusan desain yang mencakup aspek-aspek seperti kebutuhan pelanggan, konsep produk, perancangan detail, dan pengembangan. Dalam melakukan perancangan produk dapat dibedakan menjadi 2 yaitu produk berupa barang dan produk berupa jasa.

2.2.4. Fishbone Diagram

Fishbone diagram adalah suatu alat visual yang digunakan untuk menganalisis penyebab dari suatu masalah atau isu tertentu. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat berkontribusi terhadap masalah tersebut. menurut (Ishikawa, 1976) *Fishbone diagram* adalah alat yang membantu dalam menganalisis dan memahami hubungan sebab-akibat antara berbagai faktor yang dapat mempengaruhi suatu masalah. *Fishbone diagram* umumnya terdiri dari sumbu tengah (tulang ikan) yang mewakili masalah atau hasil yang ingin dianalisis, dan cabang-cabang yang mewakili berbagai kategori atau faktor yang dapat menjadi penyebab masalah tersebut. Dengan menggunakan diagram ini, kita dapat secara sistematis menyelidiki dan mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah.

2.2.5. Interrelationship Diagram

Interrelationship Diagram juga dikenal sebagai diagram hubungan atau diagram frekuensi, adalah alat manajemen kualitas yang digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara sejumlah variabel atau elemen dalam suatu sistem atau situasi. Diagram ini membantu dalam pemahaman lebih baik tentang interaksi antara elemen-elemen tersebut. Menurut Ishikawa (1976), *interrelationship diagram* adalah suatu alat yang membantu untuk menyajikan dan memahami hubungan antara berbagai variabel atau elemen dalam suatu situasi atau masalah. *Interrelationship diagram* biasanya menggambarkan hubungan antara berbagai variabel atau elemen dalam bentuk grafik atau diagram,

memungkinkan tim atau pengambil keputusan untuk dengan jelas melihat dan menganalisis interaksi antara faktor-faktor yang relevan. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi pola, keterkaitan, atau dependensi antara elemen-elemen tersebut, yang dapat memberikan wawasan penting untuk pengambilan keputusan dan perbaikan proses.

2.2.6. Peta Proses Operasi

Peta proses operasi adalah suatu representasi grafis dari langkah-langkah atau aktivitas-aktivitas yang terlibat dalam suatu proses operasional. Peta ini membantu untuk memvisualisasikan urutan kegiatan dan mengidentifikasi elemen-elemen penting dalam suatu operasi atau proses bisnis. Menurut (Evans & Lindsay, 2016) peta proses operasi adalah suatu representasi grafis dari suatu sistem operasi yang mencakup langkah-langkah atau aktivitas-aktivitas yang terlibat dalam mengubah input menjadi output. Peta proses operasi sering kali menggunakan simbol-simbol standar untuk merepresentasikan berbagai elemen dalam proses, termasuk aktivitas, keputusan, arus informasi, dan lainnya. Pemahaman yang baik tentang proses operasi melalui peta proses membantu organisasi untuk mengidentifikasi peluang perbaikan, mengelola risiko, dan meningkatkan kualitas serta efisiensi operasional.

2.2.7. Software Microsoft Excel

Microsoft Excel adalah program *spreadsheet* yang dikembangkan oleh Microsoft. Sebagai bagian dari paket perangkat lunak Microsoft Office, Excel dirancang untuk membantu pengguna dalam membuat, mengelola, dan menganalisis data dalam bentuk tabel. Program ini menyediakan berbagai fungsi dan fitur untuk melakukan perhitungan, analisis data, dan pembuatan grafik. Dengan menggunakan tabel di dalam lembaran kerja, pengguna dapat menyusun data dengan format tabel yang terstruktur. Excel menyediakan beberapa rumus matematika dan fungsi yang memungkinkan pengguna melakukan perhitungan secara otomatis dan analisis data. Selain itu, program ini juga dilengkapi dengan berbagai alat visualisasi, seperti grafik dan diagram, untuk membantu pengguna mempresentasikan data dengan lebih jelas.

2.2.8. Software Solidworks

SolidWorks adalah perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) yang digunakan untuk merancang dan membuat model 3D dari suatu produk atau sistem. SolidWorks memungkinkan penggunanya untuk membuat model

parametrik yang dapat diubah secara dinamis, memudahkan eksplorasi berbagai opsi desain. Dengan menggunakan SolidWorks, pengguna dapat membuat model 3D dari berbagai jenis komponen, seperti bagian-bagian mesin, peralatan elektronik, kendaraan, dan lain-lain. SolidWorks menyediakan berbagai alat dan fitur untuk memfasilitasi proses desain, termasuk pembuatan cetak biru, simulasi, analisis, dan visualisasi.

2.2.9. Microsoft Visio

Microsoft Visio adalah perangkat lunak diagram dan visualisasi yang dikembangkan oleh Microsoft. Microsoft Visio adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat diagram, bagan alir, dan visualisasi lainnya. Visio memungkinkan pengguna membuat representasi grafis dari informasi kompleks atau ide, yang membantu dalam pemahaman dan komunikasi konsep-konsep yang melibatkan banyak elemen. Visio menyediakan berbagai bentuk, simbol, dan alat untuk memudahkan pembuatan diagram yang kompleks. Perangkat lunak ini memiliki antarmuka pengguna yang intuitif dan terintegrasi dengan aplikasi Microsoft Office lainnya