

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Induktif

Pada kajian induktif, penulis mengkaji informasi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan pada penelitian ini untuk bahan perbandingan, serta untuk melihat kelebihan dan kekurangan dari penelitian terdahulu mengenai penelitian yang berkaitan dengan perancangan jendela dan pintu pada rumah bersubsidi. Berikut ini merupakan beberapa kajian yang dikaji penulis:

Terdapat penelitian yang mengkaji tentang pengaturan privasi dalam rumah yang dilakukan oleh (Anisa, 2014), dimana penelitian tersebut menjelaskan mengenai pengaturan privasi dalam desain rumah sederhana dengan tipe 36 dan 45. Agar mendapatkan alternatif desain sebagai solusi untuk pengaturan privasi pada rumah sederhana dengan tipe 36 dan 45, maka digunakan metode perencanaan dan perancangan pada objek penelitian ini, yaitu pagar, pintu, dan jendela. Kesimpulannya adalah pada rumah sederhana dengan tipe 36 atau 45 sebenarnya sudah mengupayakan pengaturan privasi. Namun, keterbatasan luasan bangunan serta ruang terkadang membuat pengaturan privasi tersebut menjadi kurang efektif. Sama halnya dengan pengaturan sirkulasi, pengaturan privasi di dalam rumah diupayakan supaya jalur sirkulasi tidak mengganggu aktivitas. Selain itu, sirkulasi lebih baik jika tidak bisa digunakan untuk melihat langsung dalam aktivitas yang ada pada dalam rumah untuk menambah rasa privasi. Elemen bangunan yang dapat menunjukkan tentang pengaturan privasi antara lain adalah pemagaran, pintu, dan jendela.

Terdapat penelitian tentang desain jendela untuk menahan kebisingan pada rumah oleh (Rizani, 2009) bertujuan mengamati, menemukan, dan menganalisa desain-desain

jendela yang dapat mengurangi kebisingan pada rumah tinggal. Penelitian tersebut menggunakan metode studi literatur untuk mendapatkan berbagai macam teori yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian tersebut. Selain itu survei lapangan juga dilakukan dalam upaya mengumpulkan variabel-variabel objek yang diteliti. Hasilnya adalah nilai dari perhitungan insulasi kombinasi dinding dan jendela tidak selalu presisi, namun dapat memberikan perkiraan tingkat insulasi. Jika tingkat kebisingan pada jalan depan rumah dapat diukur akan sangat membantu menentukan model jendela terutama pada sisi-sisi rawan kebisingan. Rumah yang terletak pada tepi jalan memungkinkan untuk memilih dinding tebal homogen atau memasang jendela kaca mati pada sisi yang menghadap jalan agar ketenangan didalam rumah terjaga. Angka 45 dBA merupakan standar kebisingan untuk rumah tinggal.

Penelitian yang dilakukan oleh (Muhammad, Prama, & Aji, 2014)) mengenai pembuatan jendela otomatis menggunakan sensor cahaya dengan tujuan untuk membuka dan menutup jendela secara otomatis menggunakan sensor cahaya karena membuka dan menutup jendela dengan tangan sendiri dirasa merepotkan, melelahkan, dan memakan banyak waktu jika jumlahnya banyak pada masa sekarang ini. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan eksperimen perancangan alat, dimana dalam penelitian ini akan dibuat jendela otomatis dengan menggunakan sensor cahaya. Prinsip kerja dari jendela ini adalah bila sensor cahaya yang digunakan mendapatkan cahaya terang maka secara otomatis akan membuka. Begitu pula sebaliknya, jika sensor mendapatkan cahaya gelap maka jendela akan menutup secara otomatis. Apabila cahaya yang diterima oleh sensor redup, maka jendela akan membuka hanya setengah saja. Kesimpulan dari penelitian ini adalah mikrokontroler dapat digunakan untuk memproses data pada pembuatan jendela otomatis ini. Kemudian aplikasi pembuatan jendela otomatis ini menggunakan sensor cahaya dapat dengan aplikasi *visual basic 6.0*.

Penelitian yang dilakukan (Yingni, Yi, Yanqiu, & Xiaojing, 2018) tentang optimasi multi objektif untuk desain jendela dengan mempertimbangkan konsumsi energi, lingkungan termal, dan kinerja visual. Pada penelitian ini dikatakan bahwa desain jendela melibatkan berbagai parameter seperti ukuran jendela dan bahan kaca. Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan secara simultan parameter jendela agar mendapatkan

solusi mengenai konsumsi energi, lingkungan termal dalam ruangan, serta kinerja visual. Metode yang digunakan adalah menggabungkan *non dominated and crowding Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II)* dengan *EnergyPlus* untuk optimasi desain jendela, serta dibantu oleh pendekatan pareto untuk memilih solusi yang optimal.

Penelitian yang dilakukan (Igor, 2015) berisi tentang usulan dalam penggunaan elemen metode TRIZ pada proses desain arsitektur. Tujuannya adalah untuk meningkatkan proses desain arsitektur dengan menggunakan elemen metode TRIZ dan khususnya 40 *inventive principles*, karena dimasa yang akan datang dengan perkembangan teknologi yang semakin dinamis penggunaan metode akan menentukan daya saing dari seorang desainer di pasar global. Elemen metode TRIZ dapat digunakan untuk mendukung mendefinisikan dan menyelesaikan permasalahan sulit pada proses desain. Dengan memperkenalkan elemen TRIZ kepada *software* atau program komputer yang mendukung kegiatan arsitek, dapat menjadi solusi untuk membantu pengambilan keputusan dari seorang desainer dan menghasilkan proses inovasi desain arsitektur yang sistematis. Fungsi utama dari metode TRIZ dalam proses perancangan arsitektur dapat menggerakkan pemikiran kreatif desainer agar dapat memecahkan masalah desain yang sulit. Sehingga dapat mempersingkat waktu kerja yang sangat penting jika dipandang dari segi ekonomi. Selain itu, *inventive principles* dapat membantu proses konseptual dan pengambilan keputusan dalam perancangan arsitektur.

Penelitian dengan judul *Triz Methodology and an Application Example for Product Development* yang dilakukan oleh (Ekmekci & Koksal, 2015) bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi industri dengan menerapkan metode TRIZ untuk pengembangan produk sehingga daya saing industri di pasaran dapat meningkat. Peneliti menggunakan TRIZ sebagai metode penyelesaian masalah dengan 39 parameter sistem TRIZ dan 40 *inventive principles*. Penerapan metode TRIZ ini digunakan untuk mengatasi masalah dalam pelayanan pesan antar *pizza*, dimana *pizza* cepat dingin dan lembab karena kondisinya yang masih panas dan dibungkus. Sedangkan, pelanggan menginginkan *pizza* yang dipesan hangat dan segar. Dengan menggunakan matriks kontradiksi berukuran 39×39 , diketahui prinsip TRIZ yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan cara melakukan desain ulang kotak *pizza*. Dengan prinsip TRIZ

yang relevan, solusi dari permasalahan kotak *pizza* adalah dengan mengurangi konsentrasi didalam kotak, menambah tinggi dasar kotak, penggunaan uap air untuk meningkatkan suhu dalam kotak, memperbaharui dasar kotak berbentuk bulat, dan membuat kotak berpori.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Rumah Subsidi

Rumah berfungsi memberikan rasa aman serta perlindungan dari lingkungan sekitar. Sebuah rumah akan berkontribusi terhadap keberlangsungan sebuah rumah tangga dan pembangunan sosial ekonomi sebuah negara. selain fungsi diatas, rumah memiliki banyak sekali manfaat, diantaranya adalah menjadi tempat berlindung, menjadi tempat berlangsungnya tumbuh kembang manusia, dan rumah juga menjadi bagian dari gaya hidup manusia (Andie, 2009).

Upaya dalam memenuhi kebutuhan rumah bagi masyarakat adalah dengan adanya Kredit Pemilikan Rumah (KPR) bersubsidi. KPR bersubsidi merupakan kredit kepemilikan rumah yang segmentasinya adalah masyarakat berpenghasilan menengah kebawah agar dapat memiliki hunian yang layak. Subsidi yang diberikan pemerintah berbentuk meringankan kredit dengan membayar jumlah angsuran yang seharusnya dibayarkan dan bentuk yang lainnya pemerintah membantu dana terhadap pembangunan ataupun perbaikan rumah (Rumah.com, 2019). Oleh karena pemberi subsidi adalah pemerintah, maka pemerintah juga yang mengatur semua aturan-aturan sehingga seseorang dapat memiliki rumah tersebut. Harga rumah tersebut relatif murah dan berbeda tiap pulau, dengan rentang harga berkisar 130 juta hingga 140 juta untuk pulau Jawa. Kriteria konsumen tersebut diantaranya adalah harus sudah berusia 21 tahun atau telah menikah dengan penghasilan maksimal Rp. 4 juta perbulan untuk rumah tapak sedangkan untuk rumah susun sebesar Rp. 7 juta perbulan, belum pernah mengambil kredit perumahan rakyat (KPR) dalam 1 KK atau KPR nya sudah lunas, wajib memiliki NPWP dan SPT tahunan, serta tidak mengalih tangankan rumah subsidi kepada orang lain dalam kurun waktu minimal 5 tahun .

Perusahaan pengembang juga mempunyai syarat dari pemerintah jika ingin mendirikan rumah subsidi agar pengembang tidak asal-asalan dalam membangun rumah tersebut. Syarat tersebut diantaranya adalah pengembang harus terdaftar dalam Sistem Registrasi (Sireng) Pengembang milik Kementerian PUPR, melakukan pengecekan legalitas dari tanah yang akan dibangun rumah subsidi, memiliki surat pernyataan pengelolaan lingkungan (SPPL) dan mengurus izin prinsip dan analisis mengenai dampak lingkungan (Amdal) setelah SPPL terbit, pengembang melakukan pengesahan *sheet plan* atau rancangan desain dari perusahaan mengenai pembangunan rumah subsidi sedetail mungkin, pengembang mempunyai izin mendirikan bangunan (IMB) dari pemerintah daerah (Pemda), serta mendapatkan surat izin rekomendasi dari PDAM dan PLN di wilayah pembangunan rumah subsidi.

2.2.2 Rumah Panel

Perkembangannya pembangunan rumah terdapat berbagai macam bentuknya, salah satunya adalah rumah panel atau yang banyak berkembang saat ini dengan program dari kementerian PUPR adalah Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA). Risha merupakan inovasi teknologi konstruksi bangunan rumah dengan komponen modular serta menggunakan sistem *knock down* yang telah dirilis pada 20 Desember 2004. Risha sebagai bentuk rekayasa teknologi *knock down* telah sesuai dengan Kimpraswil No. 403/KPTS/ M/ 2003 tentang Pedoman Teknis Rumah Sederhana Sehat dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pembangunan rumah ini menerapkan teknologi konstruksi pracetak kecil yang nantinya didukung dengan sistem sambungan menggunakan mur dan baut (Arief, 2006).

Prinsip kerja dari pembuatan panel dengan dibangun pada dua tempat, yaitu industri komponen dan installing di site. Pada saat proses penyiapan lahan yang nantinya digunakan untuk pembuatan rumah tersebut, secara bersamaan komponen-komponen yang dibutuhkan pada rumah tersebut dapat dibuat. Ketika lahan atau lokasi yang nantinya akan digunakan untuk membangun rumah panel dan komponen-komponenya

sudah siap, maka kegiatan selanjutnya adalah merakit komponen di site atau lokasi. Dengan kata lain, pembuatan rumah panel dapat dilakukan secara paralel.

Pada pengaplikasiannya, rumah panel memiliki keunggulan dan kelemahan yang tidak dapat dihindarkan. Keunggulan dan kekurangannya adalah sebagai berikut (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, 2017):

Keunggulan:

1. Waktu yang dibutuhkan dalam pembangunan rumah panel cukuplah singkat dibandingkan dengan pembangunan rumah konvensional pada umumnya.
2. Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk membangun rumah ini hanya berjumlah 3 orang.
3. Bangunan rumah panel tahan terhadap bencana alam gempa bumi sehingga sangat cocok untuk kawasan rawan bencana atau kawasan pasca bencana.
4. Rumah panel ramah lingkungan dikarenakan hemat sumber daya alam, hemat pemeliharaan, dan hemat waktu.
5. Mutu antara satu bangunan dengan bangunan lainnya akan sama dikarenakan dalam proses produksinya terukur secara jelas dan terkonsentrasi.

Kelemahan:

1. Biaya yang cukup mahal bila produksinya satuan, dikarenakan harus berinvestasi pada cetaknya.
2. Denah yang sangat kaku karena komponennya mengacu pada ukuran modular. Apabila memiliki lahan yang memiliki ukuran diluar modul tersebut, penerapan rumah panel akan sedikit agak merepotkan.

2.2.3 Jendela dan Pintu

Rumah merupakan susunan dari komponen-komponen yang dijadikan satu kesatuan agar dapat berdiri sehingga dapat menjalankan fungsinya dengan tepat. Komponen tersebut diantaranya adalah jendela dan pintu. Menurut KBBI, jendela berarti suatu lubang yang dapat diberikan tutup. Sedangkan pintu berarti tempat untuk keluar masuk atau penutup. Jalan masuk udara dan cahaya secara alami melalui jendela dan pintu merupakan cara yang efektif jika didesain dengan benar. Namun, apabila didesain dengan sembarangan dapat berakibat ruang menjadi panas (Lori, 2010).

Menurut (Yuswanto, 2001), fungsi dan guna jendela adalah memberikan penerangan dalam ruangan, untuk jalannya sirkulasi udara, dan jalan masuknya sinar matahari agar ruangan tetap sehat. Sedangkan fungsi dan guna pintu adalah menghubungkan ruang yang satu dengan ruangan yang lain, memberikan penerangan dalam ruangan, memasukkan udara kedalam ruangan untuk sirkulasi udara, dan masuknya sinar ultra violet dari sinar matahari agar ruangan tetap sehat. Jendela dan pintu sendiri tersiri dari beberapa bagian, diantaranya adalah tiang, ambang, spooneng, telinga, alur kapur, angkur, duk (neut) (Yuswanto, 2001).

Jendela memiliki ukuran standar yang terbagi kedalam beberapa kategori, yaitu jendela utama, jendela kamar, jendela boven, dan jendela dekorasi. Dalam kategori-kategori tersebut memiliki ukuran yang berbeda-beda seperti pada dibawah ini:

a. Jendela Utama

Terletak pada bagian depan rumah yang biasanya di dekat pintu utama ini memiliki ukuran lebar minimal 80 cm dengan tinggi 120 cm. Alasan dari ukuran tersebut adalah untuk fungsi dekorasi, pencahayaan alami, nilai seni rumah, dan sirkulasi udara.

b. Jendela Kamar

Sesuai dengan namanya, jendela ini terletak pada kamar dengan fungsi untuk pencahayaan dan sirkulasi udara. Jendela pada kamar ini pada umumnya lebar minimal berukuran 60 cm dengan tinggi 80 cm.

c. Jendela Boven

Jendela boven merupakan jendela kecil untuk memenuhi kebutuhan udara dan pencahayaan alami yang biasanya terletak pada dapur dan kamar mandi. Ukurannya sangat beragam dengan lebar minimal dan tinggi minimal 30 cm.

d. Jendela Dekorasi

Jendela dekorasi merupakan jendela yang tidak wajib ada pada sebuah rumah dengan fungsi sebagai variasi belaka. Oleh karena itu, ukuran dari jendela ini berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan dan keindahan desain bangunan rumah.

Sama halnya dengan jendela, pintu juga mempunyai ukuran standar serta memiliki beberapa kategori, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Pintu Utama

Pintu utama atau pintu depan biasanya merupakan akses utama untuk keluar masuk seseorang atau suatu benda. Ukuran yang ideal untuk pintu utama adalah lebar diantara 70 cm hingga 100 cm dengan tinggi minimal 210 cm.

b. Pintu Kamar

Berukuran lebih kecil daripada pintu utama, pintu kamar biasanya terletak pada kamar tidur, ruang makan, ruang keluarga, dapur, dan ruangan lainnya yang ada di dalam rumah. Lebar minimalnya adalah 80 cm dengan tinggi kurang lebih 190 cm.

c. Pintu Kamar Mandi

Pada umumnya, pintu kamar mandi berukuran lebih kecil daripada pintu lainnya. Hal itu dikarenakan pintu kamar mandi hanya digunakan untuk akses keluar masuk penghuni rumah saja. Setidaknya pintu kamar mandi berukuran lebar 70 cm dengan tinggi 180 cm.

2.2.4 TRIZ

Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch yang dikembangkan oleh Genrich Altshuller pada tahun 1946 berasal dari bahasa Rusia, jika diterjemahkan kedalam bahasa Inggris berarti *Theory of Inventive Problem Solving*. TRIZ merupakan perpaduan dari beberapa disiplin ilmu pengetahuan seperti ilmu pengetahuan yang mempelajari alam, ilmu pengetahuan yang mempelajari kebiasaan serta kehidupan bermasyarakat, dan ilmu pengetahuan yang mempelajari objek buatan (Rantanen & Domb, 2002).

Pemecahan masalah dalam metode TRIZ adalah dengan cara menentukan kontradiksi. Terdapat dua macam kontradiksi yaitu, kontradiksi teknik dan kontradiksi fisik (Gadd, 2011). Kontradiksi teknik adalah upaya meningkatkan suatu sisi sebuah fitur akan berdampak pada penurunan fitur yang lainnya. Sebagai contoh jika seseorang ingin menaikkan kecepatan sebuah kendaraan, maka disisi lain konsumsi bahan bakar kendaraan tersebut akan meningkat atau dapat dikatakan boros. Sedangkan kontradiksi fisik adalah situasi dimana kita menginginkan manfaat/fitur yang berlawanan. Apabila kita meningkatkan suatu parameter, namun parameter tersebut akan menurun.

2.2.4.1 Prosedur Penggunaan Metode TRIZ

Menyelesaikan permasalahan dalam metode TRIZ terdapat beberapa prosedur atau langkah-langkah yang perlu dilakukan. Berikut merupakan prosedur tersebut:

1. **Pemilihan masalah teknis**
Teknis masalah dalam kontradiksi merupakan konflik antara dua hal dari sebuah sistem. Memperbaiki salah satu aspek dalam sistem atau produk akan memberikan pengaruh bagi aspek yang lain dalam sistem tersebut.
2. **Menerjemahkan kedalam masalah konsep**
Mengidentifikasi permasalahan teknis kedalam konsep dengan menggunakan 39 *feature principles* untuk menentukan *improving* yang ingin dilakukan dan *worsening* yang ditimbulkan. Hal tersebut dapat menunjukkan inti masalah.
3. **Mencari solusi ideal**
Menentukan cara untuk meningkatkan kualitas yang diinginkan dan menghilangkan aspek-aspek yang tidak diharapkan. Hasil yang didapat dalam tahap ini akan menentukan faktor utama kontradiksi. Pada tahap ini digunakan tabel altshuller untuk mendapatkan alternatif-alternatif solusi.
4. **Menggunakan kapabilitas TRIZ untuk solusi**
Mencari solusi dari kontradiksi yang telah didapatkan ditahap sebelumnya dengan menggunakan bantuan 40 prinsip solusi.
5. **Menentukan target yang ingin dicapai dan pemilihan solusi terbaik**
Memilih solusi terbaik dari beberapa alternatif yang diberikan. Pemilihan solusi didasari pada permasalahan yang dihadapi dan juga target dari perusahaan.
6. **Prediksi pengembangan sistem**
Memperkirakan potensi masalah yang akan terjadi pada sistem dimasa yang akan datang dengan tujuan untuk memperbaiki sistem kedepannya.
7. **Analisa solusi yang diterapkan**
Menganalisa solusi-solusi yang didapatkan untuk permasalahan sebagai tindakan preventif.

2.2.4.2 39 Parameter

TRIZ mempunyai 39 parameter sistem serta terdapat matriks yang berukuran 39 x 39 untuk mewakili kondisi kontradiksi ini (Altuntas & Yener, 2012). Tabel berikut merupakan 39 parameter TRIZ (Jahau & Chih-Chen, 2001).

Tabel 2. 1 Parameter Triz

No	Parameter	Keterangan
1.	<i>Weight of moving object</i>	Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Kekuatan yang digunakan untuk mendukung atau menekan objek tersebut.
2.	<i>Weight of stationary object</i>	Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Kekuatan yang digunakan untuk mendukung atau menekan objek tersebut atau ketika objek tersebut diam.
3.	<i>Length of moving object</i>	Salah satu dimensi ukuran, tidak harus yang terpanjang tetapi mempertimbangkan panjang.
4.	<i>Length of stationary object</i>	Sama dengan <i>length of moving object</i> .
5.	<i>Area of moving object</i>	Karakteristik geometris digambarkan dengan bagian – bagian dari objek tersebut. Bagian permukaan yang digunakan oleh objek. Atau ukuran luas permukaan yang digunakan baik bagian dalam maupun luar dari objek.
6.	<i>Area of stationary object</i>	Sama dengan <i>area of moving object</i> .
7.	<i>Volume of moving object</i>	Ukuran volume ruang yang digunakan oleh objek. Panjang × lebar × tinggi untuk objek yang berbentuk kubus, tinggi × luas lingkaran untuk objek berbentuk tabung, dll.
8.	<i>Volume of stationary object</i>	Sama dengan <i>volume of stationary object</i> .
9.	<i>Speed</i>	Kecepatan dari objek; tingkat nilai atau rating dari proses atau gerakan dalam satuan waktu.
10.	<i>Force</i>	Gaya digunakan untuk mengukur interaksi sistem. Dalam fisika newton, Gaya = massa × percepatan. Dalam TRIZ,
11.	<i>Stress or pressure</i>	Gaya per area unit dan juga tegangan.
12.	<i>Shape</i>	Bentuk luar objek, tampilan dari sebuah sistem.
13.	<i>Stability of the object's composition</i>	Keutuhan atau integritas sistem; hubungan dari elemen – elemen inti sistem. Ketahanan, penguraian secara kimia, dan membongkar semua kekurangan secara stabil. Meningkatkan entropi sama dengan mengurangi stabilitas.
14.	<i>Strength</i>	Tingkatan sejauh mana objek mampu menahan perubahan gaya. Daya tahan untuk tidak rusak.
15.	<i>Duration of action by a moving object</i>	Waktu selama objek dapat bekerja sesuai fungsinya. Waktu produktif objek. Waktu rata – rata antara kerusakan merupakan ukuran dari waktu bekerja objek. Dan juga durabilitas objek.

No	Parameter	Keterangan
16.	<i>Duration of action by a stationary object</i>	Sama dengan <i>duration of action by a moving object</i> .
17.	<i>Temperature</i>	Kondisi termal dari objek atau sistem. Melonggarkan termasuk didalamnya parameter termal, yang terdiri dari kapasitas suhu panas yang mempengaruhi tingkat perubahan temperature.
18.	<i>Illumination intensity (jargon)</i>	Fluks cahaya per area unit, juga karakteristik penerangan lainnya dari sistem seperti kecerahan, kualitas cahaya, dll.
19.	<i>Use of energy by moving object</i>	Ukuran dari kapasitas objek untuk melakukan fungsinya. Dalam mekanika klasik, energi merupakan hasil dari gaya \times jarak. Hal ini termasuk penggunaan energi yang disediakan oleh <i>super-system</i> (seperti energi listrik atau panas). Energi dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
20.	<i>Use of energy by stationary object</i>	Sama dengan <i>use of energy by moving object</i> .
21.	<i>Power (jargon)</i>	Waktu dimana objek melakukan pekerjaan. Jumlah dari energi yang digunakan.
22.	<i>Loss of energy</i>	Penggunaan energi yang tidak memberikan kontribusi untuk menyelesaikan pekerjaan. Lihat pada poin 19. Mengurangi energi yang terbuang terkadang membutuhkan Teknik yang berbeda dari meningkatkan penggunaan energi, oleh karena itu mengapa bagian ini dipisahkan.
23.	<i>Loss of substance</i>	Sebagian atau menyeluruh, permanen atau sementara, kehilangan beberapa dari material sistem, bahan, bagian atau subsistem.
24.	<i>Loss of information</i>	Sebagian atau menyeluruh, permanen atau sementara, kehilangan data atau akses pada data didalam atau oleh sistem. Sering kali termasuk data tentang indera manusia seperti bau tekstur, dll.
25.	<i>Loss of time</i>	Waktu merupakan durasi dari sebuah aktivitas. Memperbaiki waktu yang hilang berarti mengurangi waktu yang digunakan untuk suatu aktivitas.
26.	<i>Quantity of substance/the matter</i>	Angka atau jumlah dari material sistem, bahan, bagian atau subsistem yang mungkin dirubah secara menyeluruh atau sebagian, secara permanen atau sementara.
27.	<i>Reliability</i>	Kemampuan sistem untuk menjalankan fungsi yang diharapkan sesuai prediksi dan kondisi.
28.	<i>Measurement accuracy</i>	Kemiripan dari nilai yang terukur dengan nilai actual dari properti sistem. Mengurangi kesalahan dalam pengukuran agar dapat meningkatkan keakuratan dalam pengukuran.
29.	<i>Manufacturing precision</i>	Meluaskan karakteristik aktual yang ada dari sebuah sistem atau perhitungan pada objek secara spesifik atau karakteristik permintaan yang ada.

No	Parameter	Keterangan
30.	<i>External harm affects the object</i>	Kelemahan dari sistem untuk menghindari efek <i>externally generated</i> (berbahaya).
31.	<i>Object-generated harmful factors</i>	Efek yang berbahaya adalah salah satu yang mengurangi efisiensi atau kualitas fungsi dari objek atau sistem. Efek tersebut distandarkan oleh objek atau sistem sebagai bagian dari operasionalnya.
32.	<i>Ease of manufacture</i>	Derajat dari fasilitas, nyaman atau tidak membutuhkan banyak tenaga dalam proses manufaktur atau fabrikasi dari objek atau sistem.
33.	<i>Ease of operation</i>	Proses tidak mudah jika membutuhkan pekerja yang banyak, langkah pekerjaan yang banyak, membutuhkan alat khusus dll. <i>Hard Processes</i> hasilnya rendah dan <i>Easy Processes</i> hasilnya tinggi; semuanya mudah untuk melakukan yang benar.
34.	<i>Ease of repair</i>	Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, simple dan waktu yang digunakan untuk memperbaiki kesalahan, kerusakan atau cacat didalam sistem.
35.	<i>Adaptability of versatility</i>	Perluasan bagi sistem atau objek untuk menerima secara positif perubahan dari luar. Juga sistem yang dapat digunakan dalam beberapa cara pada beberapa lingkungan yang tidak baik.
36.	<i>Device complexity</i>	Jumlah dan perbedaan dari elemen-elemen dan elemen timbal balik diantara sistem. Pengguna bisa jadi menjadi bagian dari sistem yang meningkatkan tingkat kompleksitas. Kesulitan dalam menguasai sebuah sistem adalah ukuran dari kompleksitas tersebut.
37.	<i>Difficulty of detecting and measuring</i>	Mengukur atau mengamati sistem yang kompleks, mahal membutuhkan waktu yang banyak dan pekerja untuk <i>men-setup</i> dan menggunakannya atau yang mempunyai hubungan kompleks antara komponen atau komponen yang mempengaruhi yang lain " <i>difficulty of detecting and measuring</i> ". Meningkatkan biaya dalam pengukuran ketidakpuasan juga tanda meningkatnya tingkat kesulitan dalam pengukuran.
38.	<i>Extent of automation</i>	Perluasan bagi fungsi suatu sistem atau objek tanpa campur tangan manusia. Level terendah dalam otomasi adalah menggunakan alat operasi manual. Untuk level lanjutan program yang dibuat manusia sebagai alat, mengamati operasi tersebut dan menyela atau memrogram ulang jika dibutuhkan. Untuk level tertinggi, mesin mengerti kebutuhan operator, memrogram sendiri dan mengamati operasinya sendiri.
39.	<i>Productivity</i>	Jumlah fungsi atau performa operasional oleh sistem tiap satuan waktu. Waktu untuk unit berfungsi atau beroperasi. <i>Output</i> tiap satuan waktu atau biaya tiap <i>output</i> yang dihasilkan.

2.2.4.3 Matriks Kontradiksi

Matriks kontradiksi merupakan matriks berukuran 39 x 39 yang asimetris dengan 39 elemen horisontal (*improving feature*) dan 39 elemen vertikal (*worsening feature*) untuk mengetahui prinsip yang sesuai dan relevan dari 40 *inventive principle* dalam menyelesaikan suatu masalah (Gadd, 2011).

IMPROVED ATTRIBUTE DETERIORATED ATTRIBUTE	1	2	3	4	5	22	30	39
	Weight of a moving object	Weight of a stationary object	Length of a moving object	Length of a stationary object	Area of a moving object			
1 Weight of a moving object			15,8 29,34		29,17 38,34	6,12 34,19	22,21 18,27	35,3 24,37
2 Weight of a stationary object				10,1 29,35		18,19 28,15	2,19 22,37	1,28 15,35
3 Length of a moving object	8,15 29,34				15,17 4	7,2 35,39	1,15 17,24	14,4 28,29
4 Length of a stationary object		35,28 40,29				6,28	1,18	30,14 7,26
5 Area of a moving object	2,17 29,4		14,15 18,4			15,17 30,26	22,33 28,1	10,26 34,2
33 Ease of operation	25,2 15,13	6,13 1,25	1,17 13,12		1,17 13,18	2 19,13	2,25 28,39	15,1 28
39 Productivity	35,28 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	28,10 29,35	22,35 13,24	

Gambar 2. 1 Matriks Kontradiksi

Sumber: (Rivin & Fey, 2005)

2.2.4.1 Inventive Principle

Berikut adalah 40 prinsip yang dijelaskan oleh (Gadd, 2011):

1. *Segmentation* (Segmentasi)
 - a. Membagi objek menjadi beberapa bagian tersendiri.
 - b. Membuat bagian objek agar mudah dirakit atau dibongkar.
 - c. Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.
2. *Taking Out or Extraction* (Memisahkan atau Ekstraksi)
 - a. Memisahkan bagian yang mengganggu dari suatu objek.
 - b. Memilih hanya bagian yang diperlukan dari suatu objek.
3. *Local Quality* (Optimasi Lokal)
 - a. Mengubah struktur suatu objek dari seragam ke non-seragam.

- b. Mengubah suatu tindakan atau lingkungan eksternal dari seragam ke non-seragam.
 - c. Membuat masing – masing bagian dari suatu fungsi objek dalam kondisi yang paling sesuai untuk operasi.
 - d. Membuat masing – masing bagian dari suatu objek yang memenuhi fungsi yang berguna dan/atau berbeda.
4. *Assymetry* (Ketidaksimetrisan)
- a. Mengubah bentuk atau ciri suatu objek dari simetris menjadi asimetris.
 - b. Mengubah bentuk suatu objek agar sesuai dengan asimetris luar.
 - c. Jika suatu benda asimetris, tingkatkan derajat asimetris.
5. *Merging* (Penggabungan)
- a. Menggabungkan objek atau operasi yang identic atau sama.
 - b. Membuat objek atau operasi berdekatan atau sejajar dalam waktu yang bersamaan.
6. *Universality* (Multiguna / Multifungsi)
- Membuat objek dapat melakukan fungsi ganda untuk menghilangkan kebutuhan akan bagian lain.
7. *Nested doll* (Persarangan)
- a. Menempatkan satu objek dalam objek yang lain; menempatkan setiap objek, pada gilirannya.
 - b. Menempatkan banyak objek dalam objek yang lain.
 - c. Membuat satu bagian yang dapat melewati bagian yang lain.
8. *Anti-weight* (Penyeimbang)
- a. Untuk menyeimbangi berat/beban dari suatu objek, gabungkan dengan objek lain yang menyediakan lift.
 - b. Untuk menyeimbangi berat/beban dari suatu objek agar dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar (misalnya menggunakan aerodinamis, hidrodinamis, daya apung dan atau gaya angkat keseluruhan).
9. *Prior Counteraction* (Pencegahan)
- a. Ketika akan melakukan tindakan diperhitungkan efek baik dan buruknya.
 - b. Membuat prototype objek agar dpat menghindari tekanan yang tidak diinginkan di kemudian hari.

10. *Prior action* (Persiapan)
 - a. Melakukan tindakan perubahan yang diperlukan untuk suatu objek terlebih dahulu.
 - b. Menyusun objek terlebih dahulu sedemikian rupa sehingga dapat beraksi dari tempat yang paling nyaman dan tanpa kehilangan waktu pengiriman mereka.
11. *Beforehand cushioning* (Pengamanan)

Menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek.
12. *Equipotentiality* (Penyelarasan)

Pembatasan perubahan kedudukan dari objek atau sistem (misalnya) melakukan uji coba dengan menaikkan atau menurunkan objek untuk menghilangkan bagianbagian yang kurang penting).
13. *The other way round* (Pembalikan)
 - a. Membalikkan tindakan yang digunakan untuk memecahkan masalah.
 - b. Membuat bagian bergerak yang tetap, dan memastikan bagian tetap bergerak.
 - c. Mengubah objek atau proses menjadi terbalik.
14. *Spheroidality* (Pelengkungan)
 - a. Memindahkan objek dari permukaan datar menjadi ke bentuk melengkung dan dari bagian yang berbentuk kubus ke bentuk melengkung seperti bola.
 - b. Menggunakan rol, bola, dan spiral.
 - c. Beralih dari gerak linear menjadi gerakan melingkar.
 - d. Menggunakan gaya sentrifugal.
15. *Dynamics* (Pendinamisan / Adaptasi)
 - a. Mengubah objek atau lingkungan sekitar agar kinerja optimal pada setiap kondisi operasi.
 - b. Membagi objek menjadi bagian – bagian yang mampu melakukan kerja sama satu sama lain.
 - c. Mengubah dari tidak bergerak menjadi bergerak.
 - d. Meningkatkan kemampuan untuk dapat bergerak bebas.
16. *Partial or excessive actions* (Pelebihan / Pengurangan)

Jika tidak mampu mencapai 100 persen dari target yang diinginkan, maka lakukan pelebihan atau pengurangan.

17. *Another dimension* (Penambahan Dimensi)
 - a. Mengubah objek menjadi dimensi tambahan, dari satu menjadi dua, dari dua menjadi tiga.
 - b. Mengubah single-storey atau single layer menjadi multi-storey atau multi layer.
 - c. Memiringkan atau re-orientasi objek, menempatkan objek pada sisinya.
 - d. Menggunakan bagian lain dari objek.
18. *Mechanical vibration* (Penggetaran)
 - a. Penyebab objek berpaling atau bergetar.
 - b. Meningkatkan frekuensi sampai ke ultrasonik.
 - c. Menggunakan frekuensi resonan atau gema objek.
 - d. Menggunakan vibrator piezoelectric yang bukan mekanik.
 - e. Menggunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik.
19. *Periodic action* (Periodisasi)
 - a. Mengganti tindakan berkelanjutan dengan tindakan periodik.
 - b. Jika tindakan sudah periodik, ganti ukuran atau besar/kecilnya periodik atau frekuensi.
 - c. Gunakan jeda antara tindakan untuk melakukan tindakan yang berbeda.
20. *Continuity of useful action* (Pemberlanjutan Manfaat)
 - a. Membiarkan objek bekerja terus menerus. Semua bagian – bagian dari objek beroperasi secara konstan pada kapasitas penuh.
 - b. Menghilangkan semua idle atau gerakan berulang – ulang.
21. *Skipping/ Rushing Through* (Percepatan Perlakuan)

Melakukan proses, atau tahap tertentu (misalnya uji kerusakan, uji bahaya) dengan percepatan.
22. *Blessing in disguise or Turn Lemons into Lemonade* (Pemanfaatan Kerugian)
 - a. Gunakan faktor bahaya (khususnya efek bahaya dari lingkungan atau sekitar) untuk memperoleh efek positif.
 - b. Menghilangkan tindakan utama yang berbahaya dengan mengalihkannya ke tindakan berbahaya lain untuk memecahkan masalah.
 - c. Menghilangkan faktor berbahaya sehingga tidak berbahaya lagi.
23. *Feedback* (Timbal Balik)

- a. Melakukan koreksi untuk memperbaiki proses atau tindakan.
 - b. Jika sudah menggunakan feedback maka dapat mengubah besarnya atau pengaruh yang sesuai dengan kondisi operasi.
24. *Intermediary/Mediator* (Perantara)
- a. Menggunakan operator atau proses sebagai perantara.
 - b. Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan).
25. *Self-service* (Pelayanan Sendiri)
- a. Sebuah objek perlu untuk dapat melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yang membantu.
 - b. Menggunakan sumber daya lain.
26. *Copying* (Penyalinan)
- a. Mengganti objek yang tidak tersedia, mahal, dan mudah pecah dengan tiruan yang tidak mahal.
 - b. Mengganti sebuah objek atau proses dengan proses salinan optik.
 - c. Jika sudah menggunakan proses Salinan optik, gunakan optic inframerah atau ultraviolet.
27. *Cheap short-living objects* (Murah / Sekali Pakai)
Menggantikan objek atau sistem dengan yang lebih murah dengan mengorbankan kualitas tertentu.
28. *Mechanics substitution* (Penggantian Sistem / Teknik)
- a. Mengganti hal yang mekanis dengan perasaan (penglihatan, pendengaran, perasa atau penciuman) yang lebih berarti.
 - b. Gunakan listrik, magnet atau medan elektromagnetik untuk menjalankan objek atau sistem tersebut.
 - c. Mengubah sistem yang tadinya statis menjadi bergerak atau yang tadinya tidak terstruktur menjadi lebih terstruktur.
 - d. Gunakan bersama dengan bidang-bidang yang lain.
29. *Pneumatic and hydraulics* (Sistem Pneumatik dan Hidrolik)
Menggunakan bagian yang lain yang tidak ada didalam objek atau sistem.
30. *Flexible shells and thin films* (Pemakaian Membran / Lapisan)
- a. Menggunakan flexible shells and thin films untuk struktur 3D.

- b. Menggunakan flexible shells and thin films untuk mengisolasi objek atau sistem dari lingkungan sekitar.
31. *Porous materials* (Pemakaian Material Berpori / Rongga)
- a. Buat objek atau sistem menggunakan material berpori atau berongga sebagai pelapis.
 - b. Jika suatu objek atau sistem sudah keropos maka gunakan pori-pori tersebut untuk menggantikan fungsi bagian yang keropos tersebut.
32. *Color changes* (Pengubahan Warna)
- a. Mengubah warna dari objek atau lingkungan sekitar.
 - b. Mengubah transparansi dari objek atau lingkungan sekitar.
 - c. Untuk meningkatkan daya pengamatan dari benda yang sulit untuk dilihat, gunakan bahan tambahan warna atau elemen luminescent.
 - d. Mengubah sifat emisivitas dari subjek objek dengan memancarkan panas.
33. *Homogeneity* (Homogenitas)
- Membuat objek dapat berinteraksi atau disatukan dengan lingkungan sekitarnya dengan menggunakan bahan yang sama.
34. *Discarding and recovering* (Menghilangkan dan Memperbaiki)
- a. Membuat atau menghilangkan bagian-bagian dari objek atau sistem atau memodifikasi secara langsung selama operasi.
 - b. Mengembalikan bagian-bagian yang dihilangkan selama operasi berjalan.
35. *Parameter changes* (Transformasi)
- a. Mengubah keadaan fisik (misalnya untuk gas, cair, atau padat).
 - b. Mengubah konsentrasi atau konsistensi.
 - c. Mengubah tingkat fleksibilitas.
 - d. Mengubah suhu atau volume.
 - e. Mengubah tekanan.
 - f. Mengubah parameter lain.
36. *Phase transitions* (Masa Transisi)
- Menggunakan fenomena yang terjadi selama masa transisi (misalnya perubahan volume, proses menghilang atau penyerapan panas).
37. *Thermal expansion* (Perluasan Pemasaran)
- a. Gunakan ekspansi termal (kontraksi) dari bahan.

- b. Jika ekspansi termal sudah digunakan, maka gunakan beberapa bahan yang berbeda dengan koefisiensi termal.
38. *Strong oxidants/Accelerated Oxidation* (Interaksi dengan Masyarakat)
- a. Mengganti udara biasa dengan udara yang diperkaya oksigen.
 - b. Mengganti udara yang diperkaya oksigen dengan oksigen murni.
 - c. Membiarkan udara atau oksigen terpapar radiasi.
 - d. Menggunakan oksigen yang terpapar.
 - e. Mengganti oksigen terpapar dengan ozon.
39. *Inert atmosphere* (Lingkungan Netral)
- a. Menggantikan lingkungan yang normal dengan lingkungan yang netral.
 - b. Menambahkan bagian yang netral kedalam objek atau sistem.
40. *Composite materials* (Komposisi Gabungan Bahan Baku)
Perubahan terhadap beberapa bahan baku yang digunakan.

