

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan kajian pustaka secara empiris dan teoritis. Kajian empiris adalah kajian yang berisis tentang informasi penelitian terdahulu yang diperoleh dari artikel dalam jurnal. Sedangkan kajian teoritis ialah kajian yang berisi tentang informasi yang diperoleh dari buku – buku atau teks yang sifatnya telah dianggap *general* (umum). Kedua kajian ini sangat diperlukan untuk mengetahui *gap* (kesenjangan) kajian, antara yang akan dilakukan dengan yang telah dilakukan. Sehingga akan menjamin adanya *novelty* kajian (*state of the art*) dan adanya pengulangan penelitian yang sama. Sehingga karya ini terhindar dari plagiarisme.

2.1. Kajian Empiris

Berbagai macam penelitian yang mengkaji tentang perbaikan pada alat evaporasi mulai dari pengaturan input, prosesnya, maupun perancangan mesin juga pernah dilakukan. Nazaruddin, et al. (2015) dalam penelitiannya melakukan perancangan alat evaporasi berjenis vakum evaporator, dengan objek yang akan diuapkan berupa madu hutan Riau. *Vacuum evaporator* dirancang standar ASME *section VIII Boiler and Pressure Vessel Code*. Fokus penelitian tersebut dibagi kedalam lima bagian yang akan dilakukan perancangan yaitu *Shell, Head, Opening/ nozzle, Support* dan pengaduk. Hasil penelitian tersebut didapatkan spesifikasi dimensi dari setiap bagian yang diteliti seperti diameter *shell* bagian dalam adalah 22,55 inch, ketebalan 0,142 inch, diameter *nozzle* pada pompa vakum 1 inch dengan ketebalan 0,065 inch dan lain sebagainya.

Muhlisin, et al. (2015) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kualitas gula yang kurang baik dapat disebabkan dari kelemahan pada proses pemanasannya (evaporasi). Penelitian yang dilakukan ialah dengan melakukan uji performansi dan keseimbangan massa evaporator vakum *double jacket* tipe *water jet* dalam proses pengolahan gula merah tebu. Penelitian tersebut menghasilkan suatu kesimpulan bahwa perlakuan perbedaan suhu pada proses penguapan nira tebu hingga menjadi

gula merah berpengaruh pada sifat fisik dan lama waktu pemasakan serta massa gula merah yang dihasilkan. Misalnya saja nilai rerata kadar air tertinggi dicapai pada perlakuan dengan suhu 60°C sebesar 10,60% dan rerata kadar air terendah dicapai pada suhu 80°C sebesar 9,38 %. Kehilangan massa terbesar pada proses penguapan di dapatkan pada suhu 80°C sebesar 84,34 % dan kehilangan massa terendah pada suhu 60°C sebesar 80,81 %.

Terdapat juga penelitian yang mengkaji proses evaporasi dalam memekatkan suatu larutan dimana umumnya dilakukan pada fluida yang sensitif terhadap panas oleh Triwulandari & Zawawi (2013), dimana penelitian tersebut melakukan simulasi proses evaporasi nira dalam *falling film evaporator* dengan adanya aliran udara yang bertujuan untuk menurunkan tekanan uap air, sehingga akan terjadi penurunan titik didih larutan. Penelitian tersebut menggunakan variabel laju alir liquida yang divariasikan, laju alir udara dan konsentrasi awal nira yang juga divariasikan. Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB penelitian tersebut dapat menunjukkan prediksi distribusi temperatur liquida, distribusi temperatur gas dan distribusi konsentrasi.

Sama halnya yang telah dilakukan oleh Soetedjo & Suharto (2009) mengenai perancangan dan uji coba alat evaporator nira aren, dengan tujuan dapat mempelajari pengaruh faktor kecepatan pengadukan dan bahan pengawet natrium bisulfit terhadap kualitas gula aren yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode yang dibagi kedalam 4 tahapan yaitu, perancangan, tahap konstruksi alat, tahap instalasi alat dan tahap uji coba terhadap hasil konstruksi alat yang telah dibuat. Pada tahap perancangan dilakukan pemilihan tipe dan perhitungan kapasitas dari komponen-komponen alat, seperti jenis dan ukuran tabung evaporator, pengaduk, motor penggerak; serta perkiraan kebutuhan energi teoritis. Pada tahap konstruksi dan instalasi alat dilakukan pembuatan, pemasangan komponen serta perbaikan bentuk dan ukuran sehingga alat dapat berjalan baik pada kondisi kosong dan dengan penambahan air. Sedangkan pada tahap uji coba, alat diisi dengan nira aren, lalu dilakukan pengamatan terhadap efisiensi alat serta pengaruh kecepatan pengadukan dan penambahan pengawet pada kualitas gula aren yang dihasilkan. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah terdapatnya efisiensi aktual alat yang

bervariasi walaupun dapat dikatakan masih rendah yaitu 52,96 – 82,47%, penambahan pengawet natrium bisulfit sebesar 10 ppm mengakibatkan proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan tanpa bahan pengawet, dan penambahan pengawet tersebut tidak memberikan perbedaan rasa dan aroma yang nyata terhadap gula aren yang dihasilkan.

Perbaikan proses produksi gula aren semut dengan subjek penelitian Kelompok Usaha Bersama (KUB) di kabupaten Lebak juga pernah dilakukan oleh Ferdinant, et al. (2017). Penelitian dengan tujuan membuat inovasi produk berupa teknologi *Vacuum Evaporator* dan mesin *Spinner* untuk perbaikan proses produksi memiliki objek penelitian berupa mesin evaporator dan mesin *spinner*. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa rancangan mesin evaporator tersebut memiliki bahan bakar gas dengan suhu umpan yang diperukan sebesar 50-60°C dengan bahan dasar pembuatan mesin tersebut ialah *stainless steel* tipe 316 untuk *food grade*. Proses pembuatan mesin vakum evaporator ini diawali dengan pembuatan bak penampung nira, dengan total kapasitas produksi diyakini hingga mencapai 25 liter perjamnya.

Dalam melakukan suatu rancangan pengembangan produk/ mesin juga diperlukan suatu metode yang tepat, guna menghindari kesalahan dalam memprediksi keinginan pengguna terhadap mesin yang akan digunakan. Tiafani, et al. (2014) melakukan penelitian dengan tujuan menghasilkan rancangan produk *baby walker* yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan meningkatkan keamanan produk dan bermanfaat bagi pertumbuhan fisik serta perkembangan mental anak pada usia 9-24 bulan tanpa menimbulkan kontradiksi dalam proses pembuatannya. Penelitian tersebut menggunakan metode TRIZ dalam perancangan produknya. Hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa didapaknya konsep rancangan *baby walker* dengan bahan dasar terpilih menggunakan bahan *non-toxic*, dimana dimensi produk yang dibuat berdasarkan ilmu antropometri yang dilengkapi dengan sistem pengemaman berupa kunci ditiap masing – masing roda.

Penelitian serupa menggunakan metode TRIZ juga pernah dilakukan oleh Ramos, et al. (2015) dengan produk atau objek penelitian yang berbeda yaitu tas ransel anak. Tahap identifikasi kebutuhan konsumen dilakukan dengan

menyebarkan kuisisioner kebutuhan konsumen. Tahap perancangan tas ransel dilakukan menggunakan *innovation situation questionnaire*, *situation model*, dan *inventive principles* guna menyelesaikan masalah kontradiksi desain dengan tingkat ergonomi tas ransel dengan cara yang inovatif. Hasil menunjukkan bahwa terpilihnya salah satu dari tiga model alternatif yang telah diseleksi, dimana hasil rancangan produk didesain sesuai dengan keinginan konsumen yang telah melalui kontradiksi fitur yang dapat berupa penentuan tampilan dan bentuk ransel, fasilitas penunjang tambahan pada tas berupa tali dada, tali pinggang serta dimensi badan ransel yang telah disesuaikan dengan antropometri tubuh anak pada umumnya.

Sama halnya seperti yang dilakukan oleh (Rinawati & Dei, 2015) dengan penelitiannya yang berjudul Redesain Egrang Menggunakan Integrasi ECQFD, TRIZ dan AHP yang memiliki tujuan untuk merancang ulang egrang sesuai keinginan konsumen dengan memperhatikan aspek lingkungan dan kontradiksi desain. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa *customer requirements* berupa egrang yang ringan, *portable*, ukuran yang sesuai, kuat, awet dan aman. Opsi desain yang diperoleh dari ECQFD menunjukkan adanya kontradiksi sehingga dilanjutkan dengan metode TRIZ menghasilkan tiga alternatif desain egrang kemudian pemilihan alternatif desain terbaik dilakukan menggunakan metode AHP.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat diketahui bahwa ternyata belum ada atau masih sedikitnya khasanah kajian yang membahas tentang pengembangan produk inovasi berupa alat evaporasi nira tebu yang dapat dilakukan secara *mobile process* dengan mempertimbangkan kebutuhan *stakeholder* dan kontradiksi yang mungkin terjadi dalam perancangan atau pembuatan mesin tersebut. Sehingga munculah *state of the art* kajian dalam penelitian ini dengan adanya penambahan variasi kajian serta inovasi pemecahan masalah yang menggabungkan beberapa metode dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2.2. Kajian Teoritis

2.2.1 TRIZ (*Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch*)

Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ) atau dapat juga dikenal sebagai *Theory of Inventive Problem Solving* (TIPS) merupakan suatu metode dalam pemecahan masalah bukan hanya sekedar intuisi, namun berdasarkan logika dan data yang dapat mempercepat penyelesaian masalah secara kreatif (Dian et. al. 2011). Silverstein, et. al. (2007) juga mengatakan bahwa teori ini dapat meminimalisi waktu yang terbuang dalam penyelesaian permasalahan kontradiktif karena metode ini menegaskan bahwa setiap inovasi obyektif memiliki seperangkat kemungkinan solusi dengan konstrain yang ada. Kontradiksi merupakan sesuatu kondisi yang bertentangan dari segi hasil, oleh karena itu ketika suatu parameter yang ingin diperbaiki memiliki kontradiksi terhadap parameter lain, kondisi perbaikan akan sulit dicapai. Sebuah kondisi yang ideal dapat tercapai apabila kontradiksi tersebut diselesaikan dengan prinsip – prinsip tertentu (Dian et. al. 2011).

Kontradiksi desain antara dua parameter kinerja dapat diselesaikan dengan menggunakan satu atau lebih 40 dasar inovasi. Dasar penggunaan secara sukses untuk 1263 kontradiksi ditunjukkan dalam sebuah matriks kontradiksi. Untuk mewakili kondisi kontradiksi teknis ini, TRIZ telah memilih 39 parameter sistem dan menyediakan matriks permasalahan berukuran 39 x 39. Kemudian, dengan survey sejumlah besar paten, tiap paten dianalisa untuk menemukan tipe mana (diantara 39 x 39) dari kontradiksi teknis dan prinsip mana dari penemuan yang paling banyak digunakan dalam tiap tipe 39 x 39 permasalahan. Empat prinsip teratas pada tiap-tiap tipe permasalahan dicatat dalam bentuk tabel dari 39 x 39 elemen; tabel hasil disebut “Matriks Kontradiksi Altshuller”. Sedangkan untuk kontradiktif fisik dapat diselesaikan dengan *four separation principles*. Biasanya kontradiktif yang diselesaikan dahulu adalah kontradiktif teknis karena hasilnya sangat konkret. Setelah itu langkah berikutnya belajar untuk memecahkan kontradiksi fisik, kemudian menggunakan kedua metode secara bergantian tergantung pada masalah yang dihadapi.

Pencipta TRIZ, Altshuller, telah merumuskan sekitar lebih dari 1.500.000 masalah menjadi 39 parameter yang menimbulkan kontradiksi teknis. Parameter-parameter tersebut dinamakan 39 parameter teknis (*the 39 Engineering Parameters*) yang tertera dalam tabel di bawah ini (Dian et. al., 2011):

Tabel 2.1 *39 Engineering Parameters*

<i>39 Engineering Parameters</i>		
1. <i>Weight of Moving Obj.</i>	14. <i>Strength</i>	27. <i>Reliability</i>
2. <i>Weight of non-Moving Obj.</i>	15. <i>Durability of moving Obj.</i>	28. <i>Accuracy of Measurement</i>
3. <i>Length of Moving Obj.</i>	16. <i>non-Moving Obj. Durability</i>	29. <i>Accuracy of Mnaufacturing</i>
4. <i>Length of non-Moving Obj.</i>	17. <i>Temperature</i>	30. <i>Harmful Factor Acting on Obj.</i>
5. <i>Area of Moving Obj.</i>	18. <i>Brightness</i>	31. <i>Harmful Side Effect</i>
6. <i>Area of non-Moving Obj.</i>	19. <i>Energy Spent by Moving Obj.</i>	32. <i>Manufacturability</i>
7. <i>Volume of Moving Obj.</i>	20. <i>Energy Spent by non-Moving Obj.</i>	33. <i>Convience of Use</i>
8. <i>Volume of non-Moving Obj.</i>	21. <i>Power</i>	34. <i>Ease of Repair</i>
9. <i>Speed</i>	22. <i>Waste of Energy</i>	35. <i>Portable</i>
10. <i>Force</i>	23. <i>Waste of Substance</i>	36. <i>Complexity of Device</i>
11. <i>Tension, Pressure</i>	24. <i>Loss of Information</i>	37. <i>Complexity of Control</i>
12. <i>Shape</i>	25. <i>Loss of Time</i>	38. <i>Level of Automation</i>
13. <i>Stability of Obj.</i>	26. <i>Amount of Substance</i>	39. <i>Productivity</i>

Moving Object ialah objek yang dapat dengan mudah dirubah posisinya didalam sebuah ruangan baik dengan bantuan maupun tidak dengan bantuan untuk digerakan atau dalam kata lain ialah objek yang didesain untuk mudah digerakan/ dipindahkan. Sedangkan *Stationary Object* merupakan objek yang tidak dapat berubah posisinya baik dengan bantuan maupun tidak dengan bantuan untuk menggerakannya. Hal ini tergantung pada kondisi objek yang sedang digunakan. Adapun penjelasan dari setiap parametes teknik tersebut dapat diketahui sebagai berikut.

1. *Weight of moving object* : Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Tenaga yang digunakan untuk menyokong atau menekan objek tersebut.

2. *Weight of Stationary object* : Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Tenaga yang digunakan untuk mensupport atau menekan objek tersebut atau pada saat objek tersebut diam.
3. *Length of moving object* : Salah satu dimensi ukuran, tidak yang terpanjang tentunya tetapi mempertimbang panjang.
4. *Length of stationary object* : Sama dengan *length of moving object*.
5. *Area of moving object* : Karakterisk geometris yang dijelaskan oleh bagian-bagian dari objek tersebut. Bagian permukaan yang digunakan oleh objek. Atau ukuran permukaan yang digunakan objek baik bagian dalam maupun luar dari objek.
6. *Area of stationary object* : Sama dengan *area of moving object*.
7. *Volume of moving object* : Ukuran volume yang digunakan dari objek. Panjang x tinggi x lebar untuk objek yang berbentuk kubus, tinggi x luas lingkaran untuk tabung, dll.
8. *Volume of stationary object* : Sama dengan *volume of moving object*.
9. *Speed* : Kecepatan dari objek, rating dari proses atau gerakan dalam suatu waktu.
10. *Force* : Ukuran gaya yang digunakan didalam interaksi sistem. Di dalam fisika Newtonian, gaya = massa x percepatan. Di TRIZ, gaya adalah beberapa interaksi yang digunakan untuk mengganti kondisi dari objek.
11. *Stress of pressure* : Gaya tiap area unit dan juga tegangan.
12. *Shape* : Bentuk luar dari objek atau tampilan dari sebuah sistem.
13. *Stability of the object's composition* : Keseluruhan atau keseluruhan dari sistem, hubungan yang terjadi diantara elemen-elemen inti dari sistem. Ketahanan, pembusukan secara kimia dan membongkar semua kekurangan secara stabil. Meningkatkan entropi adalah mengurangi stabilitas objek.
14. *Strength* : Tingkatan sebuah objek untuk menahan perubahan gaya. Daya tahan untuk tidak hancur.
15. *Duration of action by a moving object* : Waktu yang digunakan objek untuk dapat bekerja sesuai fungsi. Waktu produktif objek. Waktu rata-rata

antara kerusakan yang terjadi adalah ukuran dari waktu bekerja objek. Dan juga durabilitas objek.

16. *Duration of action by a stationary object* : Sama dengan *duration of action by moving object*.
17. *Temperature* : Kondisi termal dari objek atau sistem. Melonggarkan termasuk didalamnya parameter termal lainnya seperti kapasitas suhu yang menyebabkan tingkat perubahan temperatur.
18. *Illumination intensity* : Perubahan terus menerus secara cepat setiap unit area juga
19. *Use of energy by moving object*: Ukuran kapasitas objek untuk melakukan fungsinya. Di mekanika klasik, energi adalah bentuk dari gaya, waktu dan jarak. Hal ini termasuk pemakaian energi yang disediakan oleh *super-system* (seperti energi listrik atau energi panas). Energi membutuhkan perlakuan khusus.
20. *Use of energy by stationary object*: Sama dengan *use of energy by moving object*.
21. *Power*: Waktu yang digunakan objek pada saat melaksanakan fungsinya. Jumlah dalam menggunakan energi.
22. *Loss of energy*: Menggunakan energi yang tidak memberikan kontribusi untuk menyelesaikan pekerjaan. Lihat point 19. Untuk mengurangi energi yang terbuang sia-sia membutuhkan teknik yang berbeda dari improvisasi penggunaan energi oleh karena itu mengapa bagian ini dipisahkan.
23. *Loss of substance*: Setengah jadi atau jadi, permanen atau temporer, menghilangkan beberapa bahan baku/data dari sistem, bahan, *part* atau subsistem.
24. *Loss of Information*: Setengah jadi atau jadi, permanen atau temporer, menghilangkan data atau akses data didalam sistem secara berulang-ulang termasuk data tentang indra manusia seperti bau, tekstur dll.
25. *Loss of Time*: Waktu adalah durasi dari sebuah aktivitas. Memperbaiki waktu yang hilang berarti mengurangi waktu yang digunakan untuk beraktivitas.

26. *Quantity of substance /the matter*: Angka atau jumlah dari bahan yang digunakan, bahan baku, *part* atau subsistem yang mungkin diganti secara utuh atau perbagian secara permanen atau temporari.
27. *Reliability*: Kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi yang diharapkan yang telah diprediksikan sesuai dengan kondisi yang ada.
28. *Measurement accuracy*: Kemiripan dari nilai yang dihitung dengan nilai didunia nyata dari properti sistem. Mengurangi kesalahan yang terjadi saat melakukan pengukuran agar lebih akurat.
29. *Manufacturing precision*: Meluaskan karakteristik aktual yang ada dari sebuah sistem atau perhitungan pada objek secara spesifik atau karakteristik permintaan yang ada.
30. *External harm affects the object*: Kelemahan dari sistem untuk menghindari efek *externally generated* (berbahaya).
31. *Object-generated harmful factors*: 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. *Ease of manufacture*: Derajat dari fasilitas, nyaman atau tidak membutuhkan banyak tenaga dalam proses manufaktur atau fabrikasi dari objek atau sistem.
33. *Ease of operation*: Proses tidak mudah jika membutuhkan pekerja yang banyak, langkah pekerjaan yang banyak, membutuhkan alat khusus dll. *Hard Processes* hasilnya rendah dan *Easy Processes* hasilnya tinggi; semuanya mudah untuk melakukan yang benar.
34. *Ease of repair*: Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, *simple* dan waktu yang digunakan untuk memperbaiki kesalahan, kerusakan atau cacat didalam sistem.
35. *Adaptability or versality*: 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. *Device complexity*: 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. *Difficulty of detecting and measuring*: Mengukur atau mengamati sistem yang kompleks, mahal membutuhkan waktu yang banyak dan pekerja untuk men-setup dan menggunakannya atau yang mempunyai hubungan kompleks antara komponen atau komponen yang mempengaruhi yang lain “difficulty of detecting and measuring”. Meningkatkan biaya dalam pengukuran ketidakpuasan juga tanda meningkatnya tingkat kesulitan dalam pengukuran.
38. *Extent of automation*: Perluasan bagi fungsi suatu sistem atau objek tanpa campur tangan manusia. Level terendah dalam automasi 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. *Productivity*: Jumlah fungsi atau performa operasional oleh sistem tiap satuan waktu. Waktu untuk unit berfungsi atau beroperasi. *Output* tiap satuan waktu atau biaya tiap *output* yang dihasilkan.

Terdapat juga 40 *Inventive Principles* yang dapat dijadikan pertimbangan maupun solusi umum dalam menghadapi kontradiksi teknis yang terjadi antar fungsi/ parameter. Berikut merupakan ke-40 *inventive principles* yang dapat dilambangkan dari angka 1 hingga 40:

Tabel 2.2 40 Inventive Principles

<i>40 Inventive Principles</i>	
No. Principle	No. Principle
1. <i>Segmentation</i>	21. <i>Skipping</i>
2. <i>Taking Out</i>	22. <i>"Blessing in Disguise"</i>
3. <i>Local Quality</i>	23. <i>Feedback</i>
4. <i>Asymmetry</i>	24. <i>"intermediary"</i>
5. <i>Merging</i>	25. <i>Self Service</i>
6. <i>Universality</i>	26. <i>Copying</i>
7. <i>"Nested doll"</i>	27. <i>Cheap Short-Living Object</i>
8. <i>Antiweight</i>	28. <i>Mechanics substitution</i>
9. <i>Premilinary Antiaction</i>	29. <i>Pneumatics and Hydraulics</i>
10. <i>Premilinary Action</i>	30. <i>Flexible Shells and Thin films</i>
11. <i>Beforehand Cushioning</i>	31. <i>Porous Materials</i>
12. <i>Equipotentially</i>	32. <i>Color Changes</i>
13. <i>"The Other Way round"</i>	33. <i>Homogeneity</i>
14. <i>Spheroidality-Curvature</i>	34. <i>Discarding and Recovering</i>
15. <i>Dynamics</i>	35. <i>Parameter Changes</i>
16. <i>Partial or Excessive Actions</i>	36. <i>Phase Transitions</i>
17. <i>Another dimensions</i>	37. <i>Thermal Expansions</i>
18. <i>Mechanical Vibration</i>	38. <i>Strong Oxidants</i>
19. <i>Periodic Action</i>	39. <i>Inert Atmosphere</i>
20. <i>Continuity of Useful Action</i>	40. <i>Composite Materials</i>

Adapun penjelasan dari setiap prinsip tersebut dapat dipahami seperti yang dijelaskan oleh Chai et. al. (2005) sebagai berikut:

1. *Segmentation* (Segmentasi)

- a. Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian tersendiri.
- b. Membuat suatu objek atau sistem mudah untuk membongkar.

- c. Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.

2. *Taking Out* (Ekstraksi)

Memisahkan bagian yang mengganggu dari suatu objek/sistem, hanya diperlukan bagian dari suatu objek/sistem.

3. *Local Quality* (Optimasi Lokal)

- a. Mengubah struktur objek atau sistem dari seragam ke non-seragam, perubahan lingkungan eksternal atau pengaruh eksternal dari seragam ke non-seragam.
- b. Buatlah masing-masing bagian dari suatu objek atau fungsi sistem dalam kondisi yang paling cocok untuk operasi.
- c. Buatlah masing-masing bagian dari suatu objek atau sistem yang berbeda dan memenuhi fungsi yang berguna.

4. *Asymetry* (Ketidaksimetrisan)

- a. Perubahan bentuk suatu objek atau sistem dari simetris dengan asimetris.
- b. Jika suatu benda atau sistem yang asimetris, tingkatkan derajat asimetris tersebut.

5. *Merging or Combining* (Penggabungan)

- a. Menggabungkan objek atau sistem yang identik/sama dan menggabungkan bagian yang identik untuk melakukan operasi paralel.
- b. Membuat operasi bersebelahan atau sejajar dalam waktu yang bersamaan.

6. *Universality* (Multiguna / Multifungsi)

- a. Membuat sebagian objek atau sistem dengan melakukan fungsi ganda untuk menghilangkan kebutuhan pada bagian yang lainnya.
- b. Menggunakan fitur standar.

7. *Nested Doll* (Persarangan)

- a. Menempatkan satu objek atau sistem pada gilirannya.
- b. Membuat satu bagian melewati bagian yang lain.

8. *Anti Weight* (Penyeimbangan)

- a. Untuk menyeimbangkan berat/beban dari suatu objek atau sistem dengan objek atau sistem yang lain.
- b. Untuk menyeimbangkan berat/beban dari suatu objek atau sistem agar dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar (misalnya menggunakan aerodinamis, hidrodinamik, daya apung dan kekuatan lainnya).

9. *Preliminary Anti Action* (Pencegahan)

- a. Pada saat akan melakukan suatu tindakan diperhitungkan efek baik dan efek buruknya.
- b. Membuat *prototype* sebuah objek atau sistem agar dapat menghindari kejadian yang tidak diinginkan kemudian hari.

10. *Preliminary Action* (Persiapan)

- a. Melakukan tindakan persiapan untuk sebuah objek atau sistem baik lengkap maupun sebagian dari sistem atau objek tersebut.
- b. Mengatur objek atau sistem sehingga dapat lepas dari zona nyaman tanpa memakan waktu yang cukup lama.

11. *Beforehand Cushioning* (Pengamanan)

Menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem.

12. *Equipotentiality* (Penyelarasan)

Pembatasan perubahan kedudukan dari objek atau sistem (misalnya melakukan uji coba dengan menaikkan atau menurunkan objek untuk menghilangkan bagian - bagian yang kurang penting).

13. *The Other Way Round (Pembalikan)*

- a. Membalikan tindakan yang digunakan untuk memecahkan masalah.
- b. Membuat objek bergerak sebagian atau lingkungan sekitar yang tetap dan membiarkan beberapa bagian tersebut tetap bergerak.
- c. Gerakan objek dengan proses terbalik.

14. *Spheroidality (Pelengkungan)*

- a. Menggunakan bagian bujursangkar atau permukaan yang melengkung untuk menggerakkan suatu objek dari yang sebelumnya berbentuk kubus atau simetris ke bentuk yang lebih melengkung seperti bola.
- b. Menggunakan contoh objek yang tidak beraturan (rol, bola, spiral, kubus)
- c. Menggerakkan dari yang tadinya lurus menjadi melingkar menggunakan kekuatan sentrifugal.

15. *Dynamics (Pedinamisan / Adaptasi)*

- a. Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal.
- b. Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain.
- c. Jika suatu objek atau proses kaku atau tidak fleksibel maka objek atau proses tersebut dibuat untuk bergerak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

16. *Partial or Excessive Action (Pelebihan / Pengurangan)*

Apabila nilai sempurna sulit untuk dicapai dengan menggunakan metode yang ada maka dilakukan pelebihan atau pengurangan dengan menggunakan metode yang sama, kemungkinan mendapat nilai sempurna akan lebih mudah.

17. *Another Dimensions* (Penambahan Dimensi)

- a. Memindahkan objek atau sistem dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi.
- b. Menggunakan *multy-story* dalam menyusun objek atau sistem bukan menggunakan *single-story*.
- c. Re-orientasi dari objek atau sistem. Menggunakan bagian lain dari sebuah objek atau sistem.

18. *Mechanical Vibration* (Penggetaran)

- a. Penyebab suatu objek atau sistem untuk berosilasi atau bergetar.
- b. Meningkatkan frekuensi bahkan sampai ke ultrasonik.
- c. Gunakan *vibrator piezoelektrik* yang bukan mekanik.
- d. Gunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik.

19. *Periodic Action* (Periodisasi)

- a. Melakukan jeda (periodik).
- b. Apabila sudah ada jeda, maka perlu diatur besar/ kecil dari masa jeda tersebut.
- c. Gunakan jeda tersebut untuk melakukan tindakan yang berbeda.

20. *Continuity of Useful Action* (Pemberlanjutan Manfaat)

- a. Membiarkan sebuah objek atau sistem bekerja terus menerus dengan menggunakan beban penuh agar mengetahui kelebihan dan kekurangannya.
- b. Jangan melakukan tindakan pencegahan dalam pelaksanaannya.

21. *Skipping / Rushing Through* (Percepatan Perlakuan)

Melakukan tahap-tahap tertentu (misalnya tes kerusakan, tes berbahaya atau tidak) dengan percepatan.

22. *Blessing in Disguise / Turn Lemons into Lemonade* (Pemanfaatan Kerugian)

- a. Gunakan faktor bahaya khususnya efek bahaya terhadap lingkungan sekitar untuk mencapai efek yang positif.
- b. Menghilangkan tindakan utama yang berbahaya dengan mengalihkan tindakan tersebut untuk yang lainnya dalam memecahkan masalah.
- c. Menghilangkan faktor bahaya sedemikian rupa sehingga tidak berbahaya lagi.

23. *Feedback* (Timbal Balik)

- a. Melakukan koreksi (perujukan kembali, pengecekan silang) untuk melakukan perbaikan proses atau mengambil sebuah tindakan.
- b. Jika sudah menggunakan *feedback* maka melakukan perubahan besar atau kecil.

24. *Intermediary* (Perantara)

- a. Gunakan operator atau proses sebagai perantara.
- b. Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan).

25. *Self Service* (Pelayanan Sendiri)

- a. Buatlah sebuah objek atau sistem melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yaitu membantu.
- b. Gunakan sumber daya lain.

26. *Copying* (Penyalinan)

- a. Menggunakan objek atau sistem yang sudah tersedia supaya lebih sederhana dan murah.
- b. Gantikan objek atau sistem dengan proses salinan optik.
- c. Jika salinan optik sudah digunakan, gunakan inframerah atau ultraviolet eksemplar.

- d. Salin konsep layanan kreatif di industri yang berbeda.

27. *Cheap Short-Living Objects* (Murah / Sekali Pakai)

Menggantikan objek atau sistem dengan yang lebih murah dengan mengorbankan kualitas tertentu.

28. *Mechanic 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. Perubahan 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 / Intangibility* (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. *Colour Changes* (Pengubahan Warna)

- a. Mengubah warna suatu objek atau sistem disesuaikan dengan lingkungan sekitar.
- b. Mengubah transparansi suatu objek atau sistem.

33. *Homogeneity* (Homogenitas)

Membuat objek atau sistem 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 parameter sebuah objek atau sistem (misalnya untuk gas, cair atau padat).
- b. Mengubah konsentrasi atau konsistensi.
- c. Mengubah tingkat fleksibilitas.
- d. Mengubah atmosfer untuk pengaturan yang lebih optimal.

36. *Phase Transition* (Masa Transisi)

Menggunakan fenomena yang terjadi selama masa transisi (misalnya perubahan volume, proses menghilang atau penyerapan panas).

37. *Thermal Expansion / Strategic 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 Oxidant / Boosted Interaction* (Interaksi dengan Masyarakat)

- a. Mengganti keadaan yang biasa dengan keadaan yang lebih bermasyarakat.
- b. Meningkatkan partisipasi konsumen dalam pelayanan.
- c. Keadaan sekitar yang bertahan dari ancaman lingkungan lain.
- d. Menggunakan keadaan yang lebih baik.

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 Material* (Komposisi Gabungan Bahan Baku)

Perubahan terhadap beberapa bahan baku yang digunakan.

Di dalam matriks kontradiksi memungkinkan untuk terdapatnya lebih dari satu solusi umum (*Inventive Principles*) yang ditawarkan dalam satu kontradiksi antar dua parameter. Dari solusi umum itulah perlu dianalisa dan diambil keputusan yang tepat dalam pengalokasian pada masalah yang tengah dihadapi sehingga terciptanya istilah baru yaitu *specific solution*.

2.2.2. Validitas

Validitas berasal dari kata *validity* yang memiliki arti tingkatan ketepatan dan kecermatan suatu instrumen pengukur uji dalam melakukan fungsi ukurnya (Azwar, 1988). Suatu pengujian dapat dikatakan memiliki validitas yang tinggi apabila alat tersebut melakukan fungsi pengukuran secara tepat atau memberikan hasil ukur yang sesuai dengan maksud dilakukannya pengukuran tersebut. Artinya hasil ukur dari pengukuran tersebut merupakan besaran yang menampilkan secara tepat fakta atau keadaan sesungguhnya dari apa yang diukur.

Menurut Suryabrata (2000) validitas uji berkaitan dengan derajat fungsi pengukurnya suatu pengujian, atau derajat kecermatan ukurnya sesuatu pengujian. Validitas suatu uji bertujuan untuk mengetahui apakah tes tersebut benar-benar mengukur apa yang hendak diukur. Maksudnya adalah seberapa jauh suatu pengujian mampu menjawab dengan tepat ciri atau keadaan yang sesungguhnya dari obyek ukur, akan tergantung dari tingkat validitas tes yang bersangkutan. Bersamaan dengan hal itu Sudjana (2004) menyatakan bahwa validitas berhubungan dengan ketepatan alat penilaian terhadap konsep yang dinilai sehingga betul-betul menilai apa yang seharusnya dinilai.

Matondang (2009) membagi jenis validitas kedalam tiga macam yaitu validitas isi (*content validity*), validitas konstruk (*construct validity*) dan validitas

empiris atau kriteria. Adapun penjelasan dari ketiga jenis validitas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Validitas isi

Jenis validitas ini menunjukkan sejauh mana pertanyaan, tugas atau butir dalam suatu pengujian atau instrumen mampu mewakili secara keseluruhan dan proporsional perilaku sampel yang dikenai uji tersebut. Artinya pengujian itu valid apabila butir-butir uji itu mencerminkan keseluruhan konten atau materi yang diujikan atau yang seharusnya dikuasai secara proporsional.

Untuk mengetahui apakah tes itu valid atau tidak, harus dilakukan melalui penelaahan kisi-kisi tes untuk memastikan bahwa soal-soal tes itu sudah mewakili atau mencerminkan keseluruhan konten atau materi yang seharusnya dikuasai secara proporsional. Oleh karena itu validitas isi suatu tes tidak mempunyai besaran tertentu yang dihitung secara statistika tetapi dipahami bahwa tes itu sudah valid berdasarkan telaah kisi-kisi tes. Oleh karena itu, validitas isi sebenarnya mendasarkan pada analisis logika, tidak merupakan suatu koefisien validitas yang dihitung secara statistika.

2. Validitas konstruk (*construct validity*)

Adalah validitas yang mempermasalahkan seberapa jauh butir-butir pengujian mampu mengukur apa yang benar-benar hendak diukur sesuai dengan konsep khusus atau definisi konseptual yang telah ditetapkan. Validitas konstruk biasa digunakan untuk instrumen yang dimaksudkan mengukur variabel konsep, baik yang sifatnya performansi tipikal seperti instrumen untuk mengukur sikap, minat konsep diri, locus kontrol, gaya kepemimpinan, motivasi berprestasi, dan lain-lain, maupun yang sifatnya performansi maksimum seperti instrumen untuk mengukur bakat (tes bakat), inteligansi (kecerdasan intelektual), kecerdasan, emosional dan lain-lain.

Untuk menentukan validitas konstruk dilakukan proses penelaahan teoretik dari suatu konsep dari variabel yang hendak diukur, mulai dari perumusan konstruk, penentuan dimensi dan indikator, sampai kepada penjabaran dan penulisan butir-butir instrumen. Perumusan, konstruk harus

dilakukan berdasarkan sintesis dari teori-teori mengenai konsep variabel yang hendak diukur melalui proses analisis dan komparasi yang logik dan cermat.

3. Validitas Empiris atau Kriteria

Merupakan pengujian yang ditentukan berdasarkan kriteria, baik kriteria internal maupun kriteria eksternal. Validitas empiris diperoleh melalui hasil uji coba tes kepada responden yang setara dengan responden yang akan dievaluasi atau diteliti. Kriteria internal adalah tes atau instrumen itu sendiri yang menjadi kriteria, sedang kriteria eksternal adalah hasil ukur instrumen atau tes lain di luar instrumen itu sendiri yang menjadi kriteria. Ukuran lain yang sudah dianggap baku atau dapat dipercaya dapat pula dijadikan sebagai kriteria eksternal. Validitas yang ditentukan berdasarkan kriteria internal disebut validitas internal sedangkan validitas yang ditentukan berdasarkan kriteria eksternal disebut validitas eksternal.

2.2.3. Reliabilitas

Reliabilitas berasal dari kata *reliability* yang berarti sejauh mana hasil suatu pengukuran dapat dipercaya. Suatu hasil pengukuran dapat dipercaya apabila dalam beberapa kali pelaksanaan pengukuran terhadap kelompok subyek yang sama, diperoleh hasil pengukuran yang relatif sama, selama aspek yang diukur dalam diri subyek memang belum berubah (Matondang, 2009). Sama halnya dengan yang dinyatakan oleh Nur (1987) bahwa reliabilitas ukuran menyangkut seberapa jauh skor deviasi individu, atau skor-z, relatif konsisten apabila dilakukan pengulangan pengadministrasian dengan tes yang sama atau tes yang ekuivalen. Silverius (1991) menyatakan bahwa suatu tes dikatakan *reliable* jika selalu memberikan hasil yang sama bila diteskan pada kelompok yang sama pada waktu atau kesempatan yang berbeda. Sehingga dapat diketahui bahwa reabilitas suatu pengujian merupakan suatu konsistensi hasil uji tanpa dipengaruhi waktu.

Jenis reliabilitas terbagi kedalam dua macam, yaitu reliabilitas konsistensi tanggapan dan reliabilitas konsistensi gabungan butir. Adapun penjelasan dari kedua jenis reliabilitas dapat dijelaskan oleh Matondang (2009) sebagai berikut:

1. Reliabilitas Konsistensi Tanggapan

Reliabilitas konsistensi tanggapan responden berkaitan dengan apakah tanggapan responden atau obyek ukur terhadap tes atau instrumen tersebut sudah baik atau konsisten. Dalam hal ini apabila suatu tes atau instrumen digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap obyek ukur kemudian dilakukan pengukuran kembali terhadap obyek ukur yang sama, apakah hasilnya masih tetap sama dengan pengukuran sebelumnya. Jika hasil pengukuran kedua menunjukkan ketidakkonsistenan maka jelas hasil pengukuran itu tidak mencerminkan keadaan obyek ukur yang sesungguhnya.

Untuk mengetahui apakah tanggapan terhadap tes atau instrumen itu baik, konsisten atau tidak *plin-plan*, dapat dilakukan dengan cara memberikan tes yang sama secara berulang kali (dua kali) kepada obyek ukur atau responden yang sama. Pengetesan dua kali merupakan syarat minimal untuk mengetahui apakah tanggapan obyek ukur terhadap tes tersebut konsisten atau tidak

2. Reliabilitas Konsistensi Gabungan Butir

Reliabilitas konsistensi gabungan butir berkaitan dengan kesetaraan hasil antara butir suatu tes. Hal ini dapat diungkapkan dengan pertanyaan, apakah terhadap objek ukur yang sama, butir yang satu menunjukkan hasil ukur yang sama dengan butir yang lainnya. Dengan kata lain bahwa terhadap bagian objek ukur yang sama, apakah hasil ukur butir yang satu tidak kontradiksi dengan hasil ukur butir yang lain.

Jika terhadap bagian objek ukur yang sama, hasil ukur melalui butir yang satu kontradiksi atau tidak konsisten dengan hasil ukur melalui butir yang lain maka pengukuran dengan tes (alat ukur) sebagai suatu kesatuan itu tidak dapat dipercaya. Dengan kata lain tidak *reliable* dan tidak dapat digunakan untuk mengungkap ciri atau keadaan yang sesungguhnya dari objek ukur. Jika hal tersebut terjadi, maka kesalahan bukan terletak pada objek ukur, melainkan alat ukur (tes) yang dapat dikatakan salah, dengan mengatakan bahwa tes tersebut tidak *reliable* terhadap objek yang diukur.