

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka merupakan ulasan dari beberapa penelitian serupa yang pernah dilakukan. Tinjauan pustaka membantu penulis untuk melakukan analisis solusi dari permasalahan dalam tugas akhir ini. Selain itu, tulisan ini dapat membantu penulis sebagai referensi penggunaan metode maupun *tools* dalam penyelesaian masalah.

Permasalahan yang dihadapi oleh UMKM Maulana Do'a Ibu Mas Sunoto adalah tingkat cacat produk yang tinggi. Produk tempe yang diklasifikasikan sebagai cacat adalah kegagalan fermentasi dan adanya kotoran. Penulis melakukan analisis dari pustaka yang memiliki situasi atau permasalahan yang relevan. Berdasarkan hasil analisis seluruh pustaka sesuai Tabel 2.1, kecacatan produk disebabkan adanya masalah atau kesenjangan antara faktor manusia, mesin, material, metode dan lingkungan. Hasil peninjauan pustaka memberikan kesimpulan bagi penulis bahwa penyebab cacat yang sama dapat diselesaikan atau dikendalikan dengan metode maupun *tools* yang berbeda. Selain itu, jenis cacat yang sama dapat disebabkan oleh penyebab yang berbeda dan dapat diselesaikan dengan metode yang berbeda.

##### **2.1.1. Pengendalian Cacat Produk dengan Metode Statistical Quality Control (SQC)**

Alim dkk. (2024), Darmawan dkk. (2022) dan Hasanah dkk. (2018) memiliki permasalahan yang serupa yaitu pengendalian kualitas pada produk tempe. Alim dkk. (2024) melakukan analisis pengendalian kualitas tempe di UMKM Hartono Tempe dengan cacat produk berupa kemasukan benda asing dan kemasan rusak. Apabila ditelusuri hal tersebut terjadi karena adanya masalah yaitu masih menggunakan alat konvensional dan kurangnya inspeksi saat proses produksi. Metode yang digunakan untuk pengendalian cacat produk tersebut yaitu SQC dengan mengubah alat konvensional menjadi *impulse sealer* dan menerapkan Standar Operasional Prosedur (SOP). Darmawan dkk. (2022) dan Hasanah dkk. (2018) memiliki situasi yang hampir mirip mulai dari permasalahan dan metode yang digunakan. Namun, solusi yang diberikan berbeda-beda yaitu berturut-turut

melakukan analisis pengendalian proses produksi secara berlanjut dan proses produksi ulang.

### **2.1.2. Pengendalian Cacat Produk dengan Metode Seven Tools**

Anam & Jufriyanto (2022), Falah dkk. (2023) dan Idris dkk. (2016) menggunakan metode yang sama dalam kasus pengendalian cacat produk tempe. Masalah yang mereka hadapi sama yaitu cacat produk karena kemasukan benda asing, dimakan tikus, matang tidak tepat waktu, kemasan rusak, warna hitam dan bentuk tidak rata. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anam & Jufriyanto (2022) dan Idris dkk. (2016) menghasilkan adanya masalah pada faktor mesin, manusia, material, metode dan lingkungan sehingga menyebabkan cacat produk. Walaupun penelitian tersebut memiliki hasil temuan yang sama, tetapi usulan solusi yang diberikan berbeda. Anam & Jufriyanto (2022) memberikan solusi untuk memberikan waktu istirahat kepada pekerja, pembuatan SOP dan adanya jadwal cek mesin, sedangkan Idris dkk. (2016) mengusulkan untuk melakukan instalasi alat khusus fermentasi dan sosialisasi pekerja.

Berbeda dengan Falah dkk. (2023) yang menggunakan kombinasi metode yaitu Seven Tools dengan FMEA. Penelitian yang dilakukan dengan Seven Tools menggunakan tujuh alat yaitu Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, Fishbone Diagram dan Flowchart. Namun, Falah dkk. (2023) menambahkan metode FMEA sehingga dalam analisis pengendalian cacat produk menggunakan tambahan alat berupa Analisis Resiko. Penelitian tersebut mengindikasikan adanya masalah pada faktor manusia, mesin, metode dan material. Selanjutnya, dilakukan analisis resiko untuk mengidentifikasi akar penyebab dan tindakan perbaikan yang dapat dilakukan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, solusi yang diberikan yaitu penggantian alat atau mesin *press* kemasan, memberikan kontrak kerja antara pekerja sehingga pekerja dapat mudah diatur dan perlu membenahi ruang kerja.

### **2.1.3. Pengendalian Cacat Produk dengan Metode Six Sigma**

Metode Six Sigma digunakan oleh Hamzah (2023), Nastiti dkk. (2022) dan Sanny dkk. (2016) dalam pengendalian cacat tempe. Hamzah (2023) menghadapi masalah yaitu cacat produk yang berwarna hitam, tekstur lembek dan tempe kotor. Penelitian tersebut sedikit berbeda dari penelitian yang menggunakan metode Six Sigma. Penelitian tersebut mengkombinasikan dua metode dalam analisis pengendalian cacat produk yaitu Six Sigma dan Poka Yoke. Hamzah (2023)

menjelaskan bahwa cacat produk disebabkan karena adanya pemberian ragi yang terlalu banyak dan ketidaktepatan pekerja sehingga solusi yang diberikan yaitu pemberian alat takar ragi dan penetapan SOP. Nastiti dkk. (2022) dan Sanny dkk. (2016) mengalami masalah jenis cacat produk yang berbeda tetapi metode dan *tools* yang digunakan sama. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dihasilkan bahwa cacat produk terjadi karena adanya masalah pada faktor manusia, metode dan lingkungan sehingga solusi yang diberikan yaitu penutupan ruang fermentasi, penggunaan alat kemas yang lebih canggih, pelatihan pekerja dan penetapan SOP.

#### **2.1.4. Minimasi Cacat Produk dengan Perancangan Produk atau Alat**

Alim dkk. (2024) dalam penelitiannya memberikan solusi untuk mengubah beberapa alat kerja dengan alat lain untuk mengurangi cacat produk yaitu menggunakan *impulse sealer* dalam proses perekatan kemasan. Idris dkk. (2016) juga mengusulkan hal yang sama untuk mengurangi cacat produk dalam penelitiannya. Nazareth (2024) melakukan hal yang sama seperti kedua penelitian tersebut. Namun, perbedaannya yaitu terdapat langkah dalam perancangan produk atau alat dengan menggunakan metode perancangan khusus. Perancangan alat yang dilakukan oleh Nazareth dapat mengurangi cacat produk hingga 18%.

**Tabel 2.1. Ringkasan Tinjauan Pustaka**

| No. | Penulis                     | Objek              | Permasalahan                                                                      | Solusi                                                                                                                          | Metode                            | Tools                                                                                                    | Hasil/Temuan                                                                                                                                               |
|-----|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Alim dkk.<br>(2024)         | UMKM Hartono Tempe | Analisis pengendalian kualitas tempe.                                             | Pengubahan metode perekatan kemasan dengan menggunakan <i>impulse sealer</i> dan menerapkan Standar Operasional Prosedur (SOP). | Statistical Quality Control (SQC) | Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart dan Fishbone Diagram.             | Kecacatan tempe disebabkan adanya masalah pada bagian mesin, metode, manusia, material dan lingkungan.                                                     |
| 2   | Anam & Jufriyanto<br>(2022) | UMKM Tempe Lestari | Kecacatan karena dimakan tikus, ukuran, matang tidak tepat waktu.                 | Pemberian jam istirahat yang cukup, pembuatan SOP, pembuatan jadwal cek mesin.                                                  | Seven Tools                       | Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, Fishbone Diagram dan Flow Chart. | Kecacatan disebabkan oleh faktor metode, material dan lingkungan. Adanya hubungan antara jumlah produksi dengan jumlah kecacatan yang berkorelasi positif. |
| 3   | Darmawan dkk.<br>(2022)     | CV Aderina         | Cacat tempe karena kemasukan benda asing, tingkat kematangan dan warna kehitaman. | Adanya analisis proses produksi berkelanjutan dengan metode SQC.                                                                | Statistical Quality Control (SQC) | Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, Fishbone Diagram dan Flow Chart. | Cacat produk tidak terkendali dan disebabkan oleh faktor manusia, mesin, material, metode dan lingkungan.                                                  |

**Tabel 2.1. Lanjutan**

| <b>No.</b> | <b>Penulis</b>            | <b>Objek</b>                              | <b>Permasalahan</b>                                                                 | <b>Solusi</b>                                                                                 | <b>Metode</b>                              | <b>Tools</b>                                                                                                                                         | <b>Hasil/Temuan</b>                                                                                                |
|------------|---------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4          | Falah dkk.<br>(2023)      | UMKM<br>"Murni" Ibu<br>Nurchahyo          | Cacat tempe<br>karena<br>kemasan rusak,<br>warna hitam<br>dan dimakan<br>tikus.     | Penggantian mesin<br><i>press</i> , adanya<br>kontrak kerja dan<br>pengaturan ruang<br>kerja. | Seven<br>Tools dan<br>FMEA                 | Check Sheet,<br>Histogram,<br>Pareto Diagram,<br>Scatter<br>Diagram,<br>Control Chart,<br>Fishbone<br>Diagram, Flow<br>Chart dan<br>Analisis Resiko. | Kecacatan<br>disebabkan<br>masalah pada faktor<br>mesin, metode,<br>manusia dan<br>material.                       |
| 5          | Hasanah<br>dkk.<br>(2018) | Industri<br>Rumahah<br>Bapak<br>Aswariani | Cacat tempe<br>karena<br>fermentasi tidak<br>sempurna.                              | Adanya proses<br>produksi ulang<br>untuk produk yang<br>tidak terfermentasi<br>dengan baik.   | Statistical<br>Quality<br>Control<br>(SQC) | Flow Chart,<br>Histogram dan<br>Fishbone<br>Diagram.                                                                                                 | Kecacatan<br>disebabkan oleh<br>bahan baku yang<br>kurang baik,<br>ketidaktelitian<br>pekerja dan mesin<br>rusak.  |
| 6          | Hamzah<br>(2023)          | UMKM Tempe<br>Pak Ahmad                   | Cacat tempe<br>yaitu warna<br>tempe hitam,<br>tekstur lembek<br>dan tempe<br>kotor. | Penambahan alat<br>bantu berupa<br>penakar ragi atau<br>sendok takar dan<br>penetapan SOP.    | Six Sigma<br>dan Poka<br>Yoke              | SIPOC<br>Diagram, Pareto<br>Chart, Fishbone<br>Diagram,<br>Control Chart<br>dan Nilai<br>DPMO.                                                       | Kecacatan<br>disebabkan oleh<br>pemberian ragi<br>yang terlalu banyak<br>dan adanya<br>ketidaksiplinan<br>pekerja. |

**Tabel 2.1. Lanjutan**

| <b>No.</b> | <b>Penulis</b>         | <b>Objek</b>                                | <b>Permasalahan</b>                                                                     | <b>Solusi</b>                                                                     | <b>Metode</b>               | <b>Tools</b>                                                                                                                                                                         | <b>Hasil/Temuan</b>                                                                                               |
|------------|------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7          | Idris dkk.<br>(2016)   | IKM Ramli                                   | Cacat tempe karena warna kehitaman, dimakan hewan, kemasan rusak dan bentuk tidak rata. | Instalasi alat khusus fermentasi dan sosialisasi pekerja                          | Seven Tools                 | Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, Fishbone Diagram dan Flow Chart.                                                                             | Kecacatan disebabkan oleh faktor mesin, metode, material, lingkungan dan manusia.                                 |
| 8          | Nastiti dkk.<br>(2022) | Pondok Pesantren Sirajussa'adah Limo, Depok | Cacat tempe yaitu dimakan hewan dan kemasan tidak sempurna.                             | Penutupan ruang fermentasi, penggunaan alat pengemasan yang lebih modern dan SOP. | Six Sigma                   | Check Sheet, Control Chart, Histogram, Pareto Chart dan Fishbone Diagram.                                                                                                            | Cacat terbesar disebabkan oleh gangguan hewan dan perbaikan kualitas dilakukan pada faktor metode dan lingkungan. |
| 9          | Nazareth<br>(2024)     | CV Berkah Food                              | Cacat produk menyebabkan penurunan pendapatan.                                          | Perancangan mesin cetakan otomatis.                                               | Metode Kreatif dan Rasional | Objective Tree, Black Box, Transparent Box, Performance Specification, Morphology Chart, Tabel Bobot Kriteria, Skala Penilaian Empat Titik, Matriks Evaluasi Alternatif, QFD dan AHP | Perancangan mesin cetakan otomatis dapat menurunkan cacat produk hingga 18%.                                      |

**Tabel 2.1. Lanjutan**

| <b>No.</b> | <b>Penulis</b>       | <b>Objek</b>                    | <b>Permasalahan</b>                                                                    | <b>Solusi</b>                                                             | <b>Metode</b> | <b>Tools</b>                                                                                             | <b>Hasil/Temuan</b>                                                                      |
|------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10         | Sanny dkk. (2016)    | UKM Produksi Tempe di Indonesia | Cacat tempe karena tekstur mudah hancur dan warna kusam.                               | Peningkatan pelatihan karyawan, pengawasan ketat dan adanya SOP produksi. | Six Sigma     | Check Sheet, Control Chart, Histogram, Pareto Chart dan Fishbone Diagram.                                | Cacat tempe disebabkan oleh faktor manusia dan metode.                                   |
| 11         | Zendrato dkk. (2022) | IKM Bapak Warianto              | Cacat tempe karena dimakan hewan, bentuk tidak rata, berwarna hitam dan kemasan rusak. | Perbaikan proses produksi.                                                | Seven Tools   | Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, Fishbone Diagram dan Flow Chart. | Kecacatan produk disebabkan oleh faktor lingkungan, manusia, mesin, metode dan material. |

## **2.2. Dasar Teori**

Teori yang digunakan sebagai dasar perancangan pada Tugas Akhir ini merujuk pada mata kuliah Rekayasa dan Desain (TIND12202) serta Ergonomi dan Psikologi Industri (TIND18303).

### **2.2.1. Tempe sebagai Pangan**

Tempe merupakan salah satu pangan tradisional bangsa Indonesia. Sejarah mengatakan bahwa tempe telah menjadi pangan bangsa Indonesia sejak abad ke-17. Tempe sendiri merupakan pangan yang dihasilkan dari fermentasi kedelai. Tempe yang merupakan pangan lokal unggul dibuat dengan bantuan mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, kapang dan ragi. Tempe merupakan pangan yang sangat bermanfaat karena memberikan efek positif bagi janin seperti suplai asam folat sehingga dapat meningkatkan kecerdasan otak janin. Selain itu, tempe sangat membantu dalam peningkatan berat badan bagi yang memiliki gizi buruk serta menyembuhkan diare. Manfaat dan eksistensi yang dimiliki oleh tempe menjadikan tempe sebagai pangan bangsa Indonesia (Tamam, 2022).

### **2.2.2. Produk Cacat**

Besterfield (2003) menyatakan bahwa cacat produk merupakan barang yang tidak sesuai atau tidak mencapai standar kualitas yang telah ditentukan. Cacat produk diklasifikasikan menjadi tiga kategori sebagai berikut.

#### **a. Cacat Besar**

Cacat besar merupakan cacat yang memengaruhi fungsi utama produk dengan tidak memberikan risiko bagi pengguna.

#### **b. Cacat Kecil**

Cacat kecil merupakan cacat yang tidak mempengaruhi fungsi utama produk dengan mengurangi estetika produk.

#### **c. Cacat Kritis**

Cacat kritis merupakan cacat yang menyebabkan produk menjadi tidak aman dan tidak berfungsi.

Adapun faktor penyebab cacat produk dapat disebabkan oleh standar bahan baku tidak sesuai, mesin dan kelalaian manusia.

### **2.2.3. Perancangan Produk Metode Kreatif**

Menurut Cross (2005), perancangan produk dengan Metode Kreatif merupakan metode perancangan atau desain yang bekerja dengan meningkatkan atau

merangsang ide kreatif dengan menghilangkan berbagai hambatan dalam proses peningkatan ide tersebut. Metode Kreatif dapat membantu perancang untuk merangsang pemikiran yang kreatif dengan beberapa teknik seperti analogi, stimulasi acak dan kolaborasi kelompok.

#### a. Brainstorming

Metode dalam perancangan dengan prinsip Metode Kreatif yaitu Brainstorming. Teknik ini paling umum digunakan dalam perancangan Metode Kreatif dengan mendorong perancang untuk menghasilkan banyak ide tanpa takut dikritik. Teknik ini biasanya dilakukan dalam suatu kelompok yang terdiri dari beberapa peserta. Semakin banyak perbedaan latar belakang peserta yang terlibat dalam kelompok tersebut maka akan semakin baik. Hal tersebut dikarenakan ide cemerlang dan beragam banyak dilahirkan dari kombinasi latar belakang peserta yang berbeda-beda. Dalam proses penggunaan teknik ini, pemberian kritik merupakan suatu larangan karena dapat menghambat ide-ide cemerlang. Peserta dapat memberikan berbagai macam ide “liar”. Ide yang terdengar aneh dapat menjadi landasan solusi inovatif. Selanjutnya, ide-ide tersebut dapat digabungkan dan diolah sehingga menciptakan solusi yang lebih baik.

#### b. Synectics

Synectics merupakan penggunaan pemikiran analogis dalam perancangan dengan Metode Kreatif. Prinsip Synectics hampir mirip dengan prinsip Brainstorming yaitu terdiri dari beberapa peserta dalam suatu kelompok, tidak ada kritik dalam pemunculan ide dan adanya pengembangan ide kreatif. Namun, perbedaan dari teknik ini yaitu sesi diskusi lebih lama dan lebih menantang. Teknik ini mendorong peserta untuk menggunakan beberapa analogi yaitu analogi langsung, pribadi, simbolik dan fantasi. Analogi langsung yaitu membandingkan permasalahan yang ada dengan contoh nyata yang telah tersedia di alam maupun dunia fisik. Analogi pribadi yaitu peserta atau perancang membayangkan dirinya merupakan bagian dari solusi. Analogi simbolik yaitu penggunaan gambaran abstrak untuk menggambarkan inti masalah. Terakhir, analogi fantasi yaitu membayangkan suatu harapan yang mustahil dicapai dengan cara ajaib.

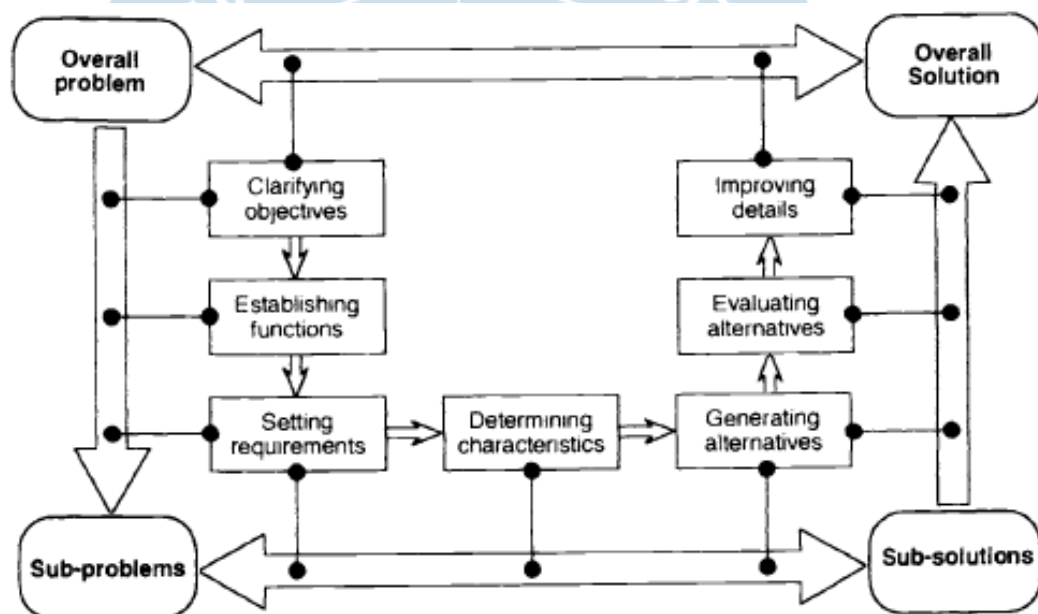
#### c. Enlarging the Search Space with Why? Why? Why?

Teknik ini merupakan salah satu teknik dari cara membantu memperluas ruang pencarian ide. Proses perluasan ide seringkali terjadi hambatan, bentuk hambatan yang paling umum yaitu adanya asumsi bahwa batasan sempit dalam pencarian

solusi. Teknik ini melibatkan pertanyaan bertingkat untuk menggali akar masalah dan membantu dalam mengatasi hambatan saat pencarian ide.

#### 2.2.4. Perancangan Produk Metode Rasional

Metode Rasional merupakan metode perancangan yang lebih sistematis dalam proses desain (Cross, 2005). Metode ini terkadang dianggap membatasi kreativitas atau ide “liar” yang mudah dihasilkan dengan Metode Kreatif. Namun, metode ini dapat membantu memilih solusi dengan lebih logis dan efisien. Oleh karena itu, biasanya Metode Rasional akan digunakan untuk melengkapi Metode Kreatif. Metode Rasional memiliki tujuh langkah sistematis sesuai dengan Gambar 2.1.

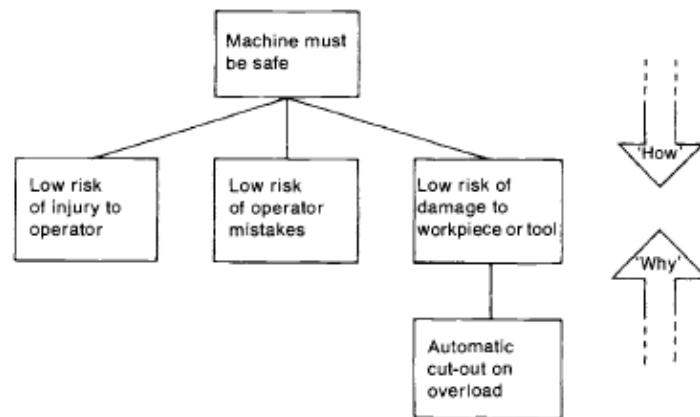


**Gambar 2.1. Tujuh Langkah Metode Rasional**

(Sumber: Cross, 2005)

##### a. Clarifying Objectives

Langkah pertama yaitu pendefinisian tujuan utama dari perancangan atau desain produk. Langkah ini merupakan alat untuk mengkomunikasikan tujuan atau keinginan pengguna produk sehingga perancang dapat mengetahui prioritas dan tujuan umum dari perancangan produk yang akan dilakukan. Langkah ini menggunakan Objectives Tree sebagai alat penetapan tujuan sesuai dengan Gambar 2.2.

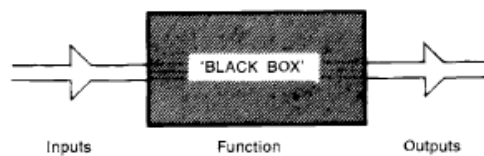


**Gambar 2.2. Objective Tree**

(Sumber: Cross, 2005)

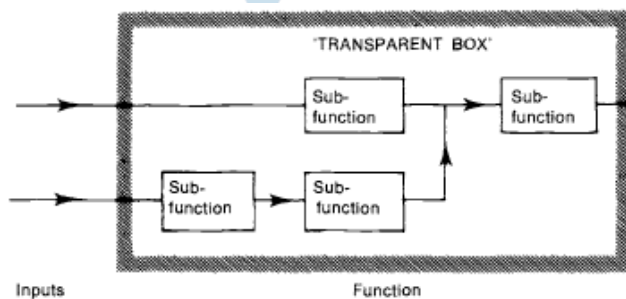
#### b. Establishing Functions

Langkah berikutnya yaitu menentukan fungsi dasar dari produk yang akan dirancang. Fungsi yang ditetapkan biasanya dinyatakan dalam bentuk kata kerja. Alat yang digunakan untuk melakukan penetapan fungsi yaitu Black Box dan Transparent Box sesuai dengan Gambar 2.3 dan 2.4.



**Gambar 2.3. Black Box**

(Sumber: Cross, 2005)



**Gambar 2.4. Transparent Box**

(Sumber: Cross, 2005)

### c. Setting Requirements

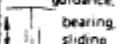
Langkah ketiga yaitu melakukan pendefinisian parameter desain. Langkah ini merupakan langkah yang lebih sistematis karena menyatakan kebutuhan desain dengan parameter kebutuhan pengguna, batasan dan regulasi. Alat yang digunakan yaitu Performance Specification dengan menguraikan parameter desain ke dalam parameter yang dapat diukur dan dievaluasi.

### d. Determining Characteristics

Langkah keempat yaitu penentuan atribut teknis dan kinerja produk. Langkah ini akan membandingkan alternatif desain sesuai dengan prioritas dan bobotnya. Langkah ini akan mengerucutkan ke solusi yang terbaik.

### e. Generating Alternatives

Langkah berikutnya yaitu menciptakan alternatif konsep desain sehingga dapat dievaluasi dan dipilih. Alat yang dapat digunakan yaitu Brainstorming dan Morphological Chart sesuai dengan Gambar 2.5.

| Partial Functions |                                  | Action Principles/Families of Function-carriers                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
|                   |                                  | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 3                                                                                    | 4                                                                                    | 5                   | 6                                       |
| 1                 | ENABLE connection with workpiece | Form interlocking                                                                   | Force locking (friction)                                                            |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  |                                                                                     | mechanical                                                                          | wedge                                                                                | pneumatic                                                                            | hydraulic           | magnetic                                |
| 2                 | ENABLE rotational movement       | Rotational guidance                                                                 |  |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  | sliding journal bearing                                                             |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
| 3                 | ENABLE tilting movement          | cylinder                                                                            | sphere                                                                              | fulcrum pin position                                                                 | hang from above                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  |  |  |   |  |                     |                                         |
| 4                 | ENABLE height adjustment         | straight line guidance, bearing, sliding or rolling                                 | screw thread                                                                        |  | lever mechanism                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  |  |  |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
| 21<br>31<br>41    | LOCK state                       | hold directly by hand, weight of workpiece                                          | form interlocking                                                                   |                                                                                      | force locking (friction)                                                             |                     |                                         |
|                   |                                  | hole - pin                                                                          | ratchet mechanism                                                                   | within guidance                                                                      | screw screw with washer                                                              | wedge, brake block  |                                         |
| 22<br>32<br>42    | DRIVE (by hand)                  | Direct                                                                              | with mechanical advantage device                                                    |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  |                                                                                     | gear wheel pair                                                                     | rack and pinion                                                                      | helical gears (crossed)                                                              | worm and worm-wheel | band, lever, rope, chain, eccentric cam |
| 23<br>33<br>43    | CONTROL of movement              | through drive mechanism                                                             | through locking (ratchet)                                                           |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|                   |                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |
|                   | Show position                    | mechanical                                                                          |                                                                                     | optical                                                                              | electronic                                                                           | mechanical stop     |                                         |
|                   |                                  | line scale                                                                          | pointer scale                                                                       |                                                                                      |                                                                                      |                     |                                         |

**Gambar 2.5. Morphology Chart**

(Sumber: Cross, 2005)

f. Evaluating Alternatives

Langkah keenam yaitu melakukan penilaian dan perbandingan dari berbagai konsep yang dilahirkan. Evaluasi yang dilakukan sesuai dengan kriteria yang dirancang pada langkah sebelumnya. Alat yang digunakan dalam langkah ini yaitu Multi-Criteria Decision Making (MCDM).

g. Improving Details

Langkah terakhir yaitu proses penyempurnaan desain hingga sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Teknik yang dapat dilakukan yaitu *prototyping* dengan bantuan *software* CAD Solidworks.

### 2.2.5. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yang diciptakan dan dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Dalam penerapannya, penentuan prioritas dilakukan dengan melibatkan kriteria kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan keputusan. Dalam penerapannya, metode ini menggunakan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dan penilaian subjektif untuk mendapatkan skala prioritas. Skala tersebut dipakai untuk melakukan pengukuran faktor terukur maupun tidak terukur dalam proses pengambilan keputusan sesuai dengan Tabel 2.2 (Saaty, 1982).

**Tabel 2.2. Skala AHP**

| Deskripsi                                        | Nilai |
|--------------------------------------------------|-------|
| Sama penting                                     | 1     |
| Sama hingga sedikit lebih penting                | 2     |
| Sedikit lebih penting                            | 3     |
| Sedikit hingga lebih penting                     | 4     |
| Lebih penting                                    | 5     |
| Lebih penting hingga jauh lebih penting          | 6     |
| Jauh lebih penting                               | 7     |
| Jauh lebih penting hingga sangat ekstrem penting | 8     |
| Sangat ekstrem penting                           | 9     |

Langkah-langkah yang ditempuh untuk menggunakan metode ini meliputi penentuan tujuan pengambilan keputusan, penentuan kriteria, sub kriteria (jika ada) dan alternatif keputusan, perbandingan berpasangan antara kriteria dan alternatif keputusan, perhitungan bobot prioritas relatif (*local weight*), penentuan nilai prioritas global (*global priority*) dengan sintesis dan pemeriksaan konsistensi.

Pemeriksaan konsistensi dilakukan untuk memastikan penilaian yang telah diberikan logis, tidak bertentangan dan kredibel sebagai dasar pengambilan keputusan. Suatu penilaian dianggap konsisten apabila nilai CR (Consistency Ratio) kurang atau sama dengan 0,10. Pemeriksaan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut.

- a. Perhitungan jumlah tertimbang (weighted sum)
- b. Pembagian bobot
- c. Perhitungan nilai  $\lambda_{max}$
- d. Perhitungan nilai CI (Consistency Index)

Perhitungan nilai CI menggunakan Persamaan 2.1.

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

n = jumlah item yang dibandingkan

- e. Perhitungan nilai CR menggunakan Persamaan 2.2.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

Keterangan:

RI (Random Index) sesuai dengan Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Nilai RI**

| n  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

#### 2.2.6. Metode Pengukuran Beban Kerja

Salvendy dan Karwowski (2021) menyatakan bahwa terdapat empat metode pengukuran beban kerja sebagai berikut.

- a. Primary Task Performance

Penilaian tingkat performansi individu terhadap penyelesaian tugas utama merupakan pengukuran dengan metode ini. Metode ini memiliki sifat yang langsung dengan berfokus pada hasil pekerjaan yang sedang dilakukan. Indikator yang dapat diukur sebagai indikasi penurunan kinerja atau peningkatan beban kerja mental seperti peningkatan kesalahan, penurunan akurasi dan waktu penyelesaian yang memakan waktu lebih lama.

b. Secondary Task Performance

Pengukuran beban kerja dengan metode ini dilakukan dengan menambahkan tugas sekunder atau tambahan saat melakukan tugas utama. Indikasi peningkatan beban kerja terlihat ketika terjadi penurunan performansi pengerjaan tugas sekunder. Hal tersebut dapat terjadi karena sumber daya kognitif individu telah tersita untuk tugas utama. Lebih lanjut, metode ini dapat mengukur sisa kapasitas mental dan pengaruh beban kerja mental terhadap multitasking.

c. Subjective Ratings

Metode ini bersifat subjektif dengan individu melakukan penilaian langsung terhadap persepsi beban kerja yang dirasakannya. Keunggulan metode ini yaitu mudah digunakan, murah dan dapat memberikan sudut pandang pekerja secara menyeluruh. Dalam praktiknya, metode ini menggunakan skala penilaian seperti NASA-TLX, SWAT, atau RSME.

i. NASA Task Load Index (NASA-TLX)

Haart & Staveland (dalam Salvendy & Karwowski, 2021) menjelaskan bahwa metode pengukuran beban kerja yang dikembangkan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA) merupakan instrumen pengukuran beban kerja yang bersifat subjektif. Instrumen yang paling banyak digunakan ini dirancang untuk melakukan evaluasi terhadap beban kerja yang dirasakan dari suatu tugas maupun aktivitas, dalam lingkungan eksperimental maupun kerja nyata.

NASA-TLX terdiri dari enam dimensi beban kerja sesuai dengan Tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Klasifikasi Dimensi Beban Kerja**

| <b>Dimensi Beban Kerja</b>    | <b>Deskripsi</b>                                                                                 |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Mental Demand</i> (MD)     | Seberapa besar kemampuan berpikir atau proses mental dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas. |
| <i>Physical Demand</i> (PD)   | Seberapa besar tenaga fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas.                     |
| <i>Temporal Demand</i> (TD)   | Seberapa besar keterbatasan waktu yang dialami saat mengerjakan suatu tugas.                     |
| <i>Own Performance</i> (OP)   | Penilaian pribadi terhadap keberhasilan dalam menyelesaikan suatu tugas.                         |
| <i>Effort</i> (EF)            | Seberapa besar tenaga fisik dan mental yang dibutuhkan dalam proses menyelesaikan suatu tugas.   |
| <i>Frustration Level</i> (FR) | Seberapa besar perasaan tertekan, bingung, atau stress saat mengerjakan suatu tugas.             |

Pengukuran NASA-TLX dilakukan dalam dua tahap sebagai berikut.

1. *Rating stage* yaitu penilaian beban kerja dengan setiap dimensi oleh peserta (skala 0-100)
2. *Weighting stage* yaitu perbandingan antara dimensi (pairwise comparison) untuk menentukan bobot.

Skor akhir NASA-TLX dapat diperoleh dengan mengalikan nilai skor tiap dimensi dengan bobot, seperti Persamaan 2.3. hingga 2.8.

$$MD = skor \times bobot \quad (2.3)$$

$$PD = skor \times bobot \quad (2.4)$$

$$TD = skor \times bobot \quad (2.5)$$

$$OP = skor \times bobot \quad (2.6)$$

$$EF = skor \times bobot \quad (2.7)$$

$$FR = skor \times bobot \quad (2.8)$$

Hasil perkalian tersebut dijumlahkan lalu dihitung rata-ratanya dengan Persamaan 2.9. dan Persamaan 2.10.

$$Weighted Work Load (WWL) = MD + PD + TD + OP + EF + FR \quad (2.9)$$

$$Skor NASA-TLX = \frac{WWL}{15} \quad (2.10)$$

Hasil skor NASA-TLX dapat diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Klasifikasi Beban Kerja NASA-TLX**

| Deskripsi | Dimensi Beban Kerja |
|-----------|---------------------|
| Ringan    | < 50                |
| Sedang    | 50 - 80             |
| Berat     | > 80                |

Metode ini menyeluruh karena mencakup fisik, beban kerja mental, performa dan emosional. Oleh karena itu, metode ini cocok untuk berbagai jenis pekerjaan seperti pada sektor UMKM yang mengkolaborasikan kerja fisik dan kognitif bersamaan.

NASA-TLX memiliki beberapa keunggulan yaitu mudah digunakan, tidak memerlukan alat khusus, dapat menyoroti area beban kerja tertinggi, hasil yang dapat diandalkan dan dapat dilakukan perbandingan antara pekerja maupun proses.

## ii. Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)

Reid & Nygren (dalam Salvendy & Karwowski, 2021) menjelaskan bahwa metode ini memiliki tiga dimensi utama sebagai berikut.

1. Time Load (Beban Waktu)
2. Mental Effort Load (Beban Usaha Mental)
3. Psychological Stress Load (Beban Stres Psikologis)

Dimensi tersebut akan dibagi menjadi tiga level yaitu rendah, sedang dan tinggi. Kombinasi dari ketiga dimensi tersebut akan menghasilkan total 27 kemungkinan kondisi beban kerja. Metode ini memerlukan pelatihan untuk responden agar dapat memahami penilaian dan klasifikasi dimensi. Oleh karena itu, instrumen ini lebih cocok untuk lingkungan akademis, penelitian, atau militer. Dengan demikian, SWAT kurang cocok digunakan pada lingkungan industri rumah tangga maupun UMK karena keterbatasan skala dan pemahaman.

## iii. Rating Scale Mental Effort (RSME)

Reid & Nygren (dalam Salvendy & Karwowski, 2021) menjelaskan bahwa RSME merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur beban mental saat mengerjakan suatu tugas. Skala vertikal dari 0 (tidak ada usaha mental) hingga 150 (usaha mental maksimal) dan label deskriptif seperti sedikit, cukup besar hingga sangat besar menjadi tolak ukur dalam pengukuran ini.

Keunggulan instrumen ini yaitu cepat, sederhana, tidak terlalu kompleks dan cocok untuk mengevaluasi usaha mental. Namun, kekurangan dari instrumen ini yaitu tidak memperhitungkan aspek fisik atau emosional individu sehingga kurang cocok untuk mengukur individu yang melakukan tugas dengan elemen kerja fisik. Dengan demikian, instrumen ini lebih cocok untuk mengukur usaha mental dalam tugas pengendalian sistem atau pemrosesan informasi.

## d. Physiological Measures

Pengukuran beban kerja mental dengan metode ini merupakan pengukuran yang akurat dan kompleks. Pengukuran tersebut dilakukan dengan mengukur respon fisiologis tubuh seperti detak jantung, tekanan darah, aktivitas otak (EEG), atau konduktansi kulit. Adanya perubahan pada parameter tersebut mengindikasikan adanya tingkat stres dan ketegangan mental. Lebih lanjut, parameter tersebut dapat diambil dengan alat khusus sehingga membutuhkan biaya yang mahal.