

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berkaitan dengan perancangan fasilitas alat kerja sebelumnya sudah pernah dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut banyak ditemukan memberikan output perancangan alat untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal dan perbaikan postur kerja terhadap pekerja. Berikut adalah penelitian sebelumnya yang juga membahas perancangan alat bantu kerja untuk memperbaiki postur tubuh yang tidak baik.

Penelitian yang dilakukan oleh Kristianto & Saputra (2011) pada stasiun kerja pemotongan krupuk di Industri Barokah Jaya. Proses pemotongan yang dilakukan pekerja dengan posisi duduk di kursi kecil. Posisi tubuh yang tidak baik mengakibatkan target produksi menjadi tidak tercapai. Peneliti merancang fasilitas kerja berupa meja dan kursi yang sesuai dengan dimensi antropometri. Perancangan fasilitas kerja yang diberikan dapat meningkatkan waktu baku dan *output* standar. Hasil sebelum perancangan waktu baku dan output standar dari 9,068 detik/unit dan 396 unit/jam. Waktu baku dan output standar setelah implementasi menjadi 7,377 detik/unit 468 unit/jam.

Penelitian selanjutnya, Rusnoto & Hidayat (2014) di Kelurahan Kademangan Kecamatan Dukuhturi Kabupaten Tegal. Permasalahan penelitian ini pada UMKM UKB Batik Dahlia dalam proses pengeringan pelepah pisang yang memiliki waktu pengeringan selama 3 sampai 4 hari. Pelepah pisang akan digunakan sebagai kemasan dalam inovasi pemasaran produk. Penelitian ini akan menghasilkan alat berupa mesin roller. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh kecepatan mesin roller dalam proses pengeringan pelepah pisang dan apakah penggunaan mesin dapat layak dari sisi ekonomi untuk UMKM UKB Batik Dahlia. Perancangan alat mesin roller menggunakan metode rasional. Perancangan alat berdasarkan dari data antropometri. Hasil rancangan yang telah jadi akan dilakukan pengujian mesin langsung dengan pelepah pohon pisang. Mesin roller ini akan menggunakan tenaga manual untuk menyesuaikan daya listrik UMKM agar biaya tidak terlalu mahal. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa mesin roller dapat mempercepat waktu proses pengeringan pelepah

pisang dan mesin dapat digunakan dengan mudah serta biaya produksi tidak terlalu murah.

Penelitian oleh Hidayat & Nurwildan (2013) membuat mesin siram portable untuk menyiram tanaman bawang merah. Permasalahan pada penelitian adalah pekerja mengalami kelelahan pada saat melakukan proses penyiraman bawang merah. Pekerja dalam proses penyiraman harus membawa ember atau alat siram dengan isi volume air sebanyak 3 sampai 5 liter. Hal ini membuat pekerja mengalami kelelahan pada pinggang, tangan, pergelangan tangan dan pantat. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja siram bawang merah. Pembuatan alat ini menggunakan metode rasional dengan mempertimbangkan kebutuhan dari pekerja siram bawang merah. Perancangan ini menggunakan data antropometri pekerja siram. Desain alat yang telah selesai dirancang kemudian dilakukan proses pembuatan mesin. Mesin penyiraman bawang merah yang telah jadi akan dilakukan uji coba produk dengan 3 tahapan yaitu uji laboratorium, uji lapangan dan tahap perbaikan desain. Tahap perbaikan desain bertujuan untuk menyempurnakan alat setelah dilakukan proses uji lapangan. Hasil rancangan mesin portable ini didapatkan dapat meminimasi keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja.

Penelitian oleh Prianto (2015) melakukan perancangan ulang meja dan kursi di *Java art stone* Yogyakarta. Penelitian ini berfokus pada proses pemahatan yang berawal dari keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja. Fasilitas meja dan kursi yang ada sebelum perancangan pekerja merasakan tidak nyaman dan membuat postur kerja pekerja tidak baik. Penelitian yang dilakukan bertujuan memperbaiki fasilitas meja dan kursi serta postur kerja dan dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal. Peneliti menggunakan *Nordic Body Map* untuk mengetahui keluhan tubuh pada pekerja. Penilaian postur kerja menggunakan Metode RULA dan REBA. Perancangan ulang ini menggunakan metode rasional berdasarkan dari keinginan pengguna pekerja pada proses pemahatan. Hasil dari perancangan fasilitas ulang ini dapat memperbaiki postur kerja dengan dilihat dari hasil penilaian postur kerja dan mengurangi waktu proses pemahatan.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurnianto (2017) di TK Kanisius Pingitan Yogyakarta. Permasalahan pada penelitian ini dari fasilitas lemari yang sudah ada ini terlalu tinggi oleh penggunaannya dan tidak mampu menyimpan seluruh

mainan yang ada. Berdasarkan permasalahan yang ada peneliti ingin merancang fasilitas lemari dengan aman dan nyaman yang akan digunakan oleh peserta didik TK Kanisius Pingitan. Perancangan fasilitas lemari ini menggunakan penilaian postur kerja REBA untuk melihat nilai postur kerja sebelum dan setelah perancangan. Perancangan lemari ini berdasarkan dari data anthropometri peserta didik. Perancangan ini menggunakan metode rasional yang berdasarkan dari keinginan peserta didik. Hasil rancangan yang dihasilkan dapat menurunkan level resiko dari penilaian postur kerja.

### **2.1.2. Penelitian Sekarang**

Penelitian yang dilakukan saat ini bertempat di UMKM Alifa Craft pada proses pemotongan bambu. Tujuan penelitian ini merancang alat bantu pemotong bambu yang dapat waktu proses pemotongan yang cepat, hasil potongan bambu yang tidak bengkok, permukaan bambu yang tidak kasar, dan mengurangi keluhan sakit yang dirasakan pekerja. Penelitian ini menggunakan Kuisisioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui keluhan muskuluskeletal pekerja. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rasional. Metode rasional digunakan untuk merancang fasilitas alat kerja yang sesuai dengan keinginan pengguna. Metode rasional memiliki tahapan - tahapan yang sistematis. Alat untuk keinginan pengguna dapat ditentukan dengan *Quality Function Deployment (QFD)*. Perancangan ini menggunakan dimensi Anthropometri pekerja pemotong bambu.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Ergonomi**

Menurut Tarwaka, dkk (2004) Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik.

Penerapan ergonomi memiliki tujuan secara umum menurut Tarwaka, dkk (2004) adalah

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan

meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.

- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

### **2.2.2. Anthropometri**

Anthropometri adalah suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya memiliki bentuk, ukuran, berat dan lain – lain. Anthropometri akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia Wignjosoebroto (2006). Data anthropometri dapat diaplikasikan lebih luas dalam lingkup antara lain :

- a. Perancangan area kerja (*work station*)
- b. Perancangan alat kerja seperti mesin, *equipment* perkakas (*tools*)
- c. Perancangan produk - produk konsumtif seperti pakaian, kursi, meja dan sebagainya.
- d. Perancangan lingkungan fisik.

Menurut Wignjosoebroto (2006) Anthropometri terbagi atas dua yaitu

- a. Anthropometri statis

Anthropometri statis merupakan pengukuran pada tubuh manusia dalam keadaan posisi diam dan linier. Pengukuran ini dilakukan pada dimensi berat badan, tinggi tubuh dalam kondisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala, panjang lengan, dan lain - lain. Ukuran ini diambil dengan persentil 5-th *percentile*, 50-th *percentile*, dan 95-th *percentile*. Pengukuran pada tubuh manusia ini memperhatikan beberapa aspek antara lain :

- i. Umur

Pertumbuhan dimensi tubuh manusia akan dapat bertambah seiring dengan umur manusia. Pertumbuhan tubuh akan bertambah sampai dengan umur 20 tahun untuk laki - laki dan umur 17 tahun untuk perempuan. Umur setelah 60 tahun akan cenderung berkurang.

- ii. Jenis Kelamin (*sex*)

Dimensi tubuh laki - laki pada umumnya lebih besar dibandingkan dengan perempuan, seperti dada, pinggul dan sebagainya.

- iii. Suku bangsa (*ethnic*)

Dimensi tubuh suku bangsa negara barat pada umumnya cenderung lebih besar dibandingkan dengan suku bangsa negara timur. Suku bangsa memiliki karakteristik fisik yang berbeda antara suku bangsa barat dan suku bangsa timur.

iv. Posisi tubuh (*posture*)

Posisi tubuh dapat berpengaruh terhadap ukuran tubuh. Posisi tubuh harus standar dan diterapkan dalam melakukan pengukuran.

b. Anthropometri Dinamis

Anthropometri dinamis merupakan pengukuran tubuh manusia dalam posisi tubuh bergerak. Pengukuran ini lebih sulit untuk diukur, dikarenakan posisi tubuh dalam sedang bergerak. Pengukuran dinamis terdapat tiga pengukuran yaitu

- i. Pengukuran tingkat ketrampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktivitas. Contoh dalam mempelajari performansi atlet.
- ii. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat kerja. Contoh jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
- iii. Pengukuran variabilitas kerja. Contoh analisis kinematika dan kemampuan jari - jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer.

### **2.2.3. Keluhan Muskuloskeletal**

Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan
- b. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut Tarwaka, dkk (2004).

#### **2.2.4. Nordic Body Map (NBM)**

Kuesioner *Nordic Body Map* adalah cara untuk dapat mengetahui sumber penyebab keluhan muskuloskeletal untuk melakukan perbaikan ergonomi. Kuesioner ini untuk bertujuan mengetahui bagian tubuh mana mengalami sakit oleh pekerja baik seperti leher, bahu, punggung bagian atas, siku, punggung bawah, pergelangan tangan, pinggang, lutut dan pergelangan kaki. Kuesioner *Nordic Body Map* yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja, dan kuesioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi Tarwaka, dkk (2004). Kuesioner *Nordic Body Map* Widanarko (2016) dapat dilihat pada lampiran 1.

#### **2.2.5. Metode Perancangan**

Metode perancangan suatu produk/fasilitas adalah suatu metode yang mencakup tentang prosedur, teknik, alat bantu yang mempresentasikan sejumlah aktivitas yang digunakan oleh perancang dalam proses perancangan secara keseluruhan. Terdapat 2 metode perancangan yaitu metode kreatif dan metode rasional Cross (2005).

a. Metode Kreatif adalah metode perancangan yang bertujuan untuk membantu menstimulasi pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan gagasan, menyingkirkan hambatan mental terhadap kreativitas atau dengan cara memperluas area pencarian solusi. Metode ini terdiri dari 3 tahap, yaitu *brainstorming*, *synetic* dan *Removing Mental Blocks*.

i. *Brainstorming*

Metode ini bertujuan untuk merangsang pemikiran sekelompok orang untuk memunculkan gagasan dengan cepat. Perancang yang terlibat harus mengerti persoalan yang dihadapi dan diharapkan tiap orang memunculkan gagasan sebanyak-banyaknya. Kegiatan ini disarankan untuk berlangsung tidak lebih dari 30 menit.

ii. *Synectic*

Sinektik yang berarti strategi mempertemukan berbagai macam unsur untuk didapatkan satu pandangan baru. Metode ini biasa digunakan untuk mengembangkan kreativitas. Salah satu ciri dalam penggunaan metode ini adalah pembangkitan analogi. Dalam perancangan, metode sinektik berarti metode untuk menggabungkan dan mengembangkan kumpulan ide-ide untuk menjadikannya satu solusi yang kreatif terhadap permasalahan dalam perancangannya.

iii. *Removing Mental Blocks* (Memperluas ruang pencarian)

Pembatasan dalam mencari ide-ide kreatif akan menjadi penghambat dalam merancang dan sulit mencari solusi yang tepat. Perlu dilakukan perluasan untuk memperoleh hasil yang optimal. Beberapa metode dalam perluasan pencarian adalah transformasi, input acak, *why?why?why?*, *counter planning*.

b. Metode Rasional

Metode rasional adalah suatu metode yang dalam penggunaannya tidak membatasi ide atau gagasan dari seseorang. Ide atau gagasan berdasarkan hasil konsep produk pada metode kreatif. Penggunaan metode rasional telah sistematis atau memiliki urutan dalam tahapannya. Metode rasional memiliki tujuan untuk mencapai hasil kualitas perancangan yang baik pada produk akhir. Metode rasional juga dapat memperoleh solusi yang tepat untuk mendapatkan solusi untuk produk akhir. Tahapan pada metode rasional adalah klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, penetapan spesifikasi, penentuan karakteristik, pembangkitan alternatif, evaluasi alternatif, dan penyempurnaan akhir. Proses perancangan dalam metode rasional dapat dijelaskan pada 7 tahapan berikut:

i. Klarifikasi Tujuan (*Clarifying Objectives*)

Tahap awal dari metode rasional adalah klarifikasi tujuan. Klarifikasi tujuan yang dimaksud adalah memperjelas tentang tujuan perancangan dan sub tujuan perancangan serta memiliki hubungan keduanya. Klarifikasi tujuan menggunakan metode bantuan pohon tujuan. Langkah pembuatan pohon tujuan adalah

1. Menyiapkan daftar rancangan tujuan

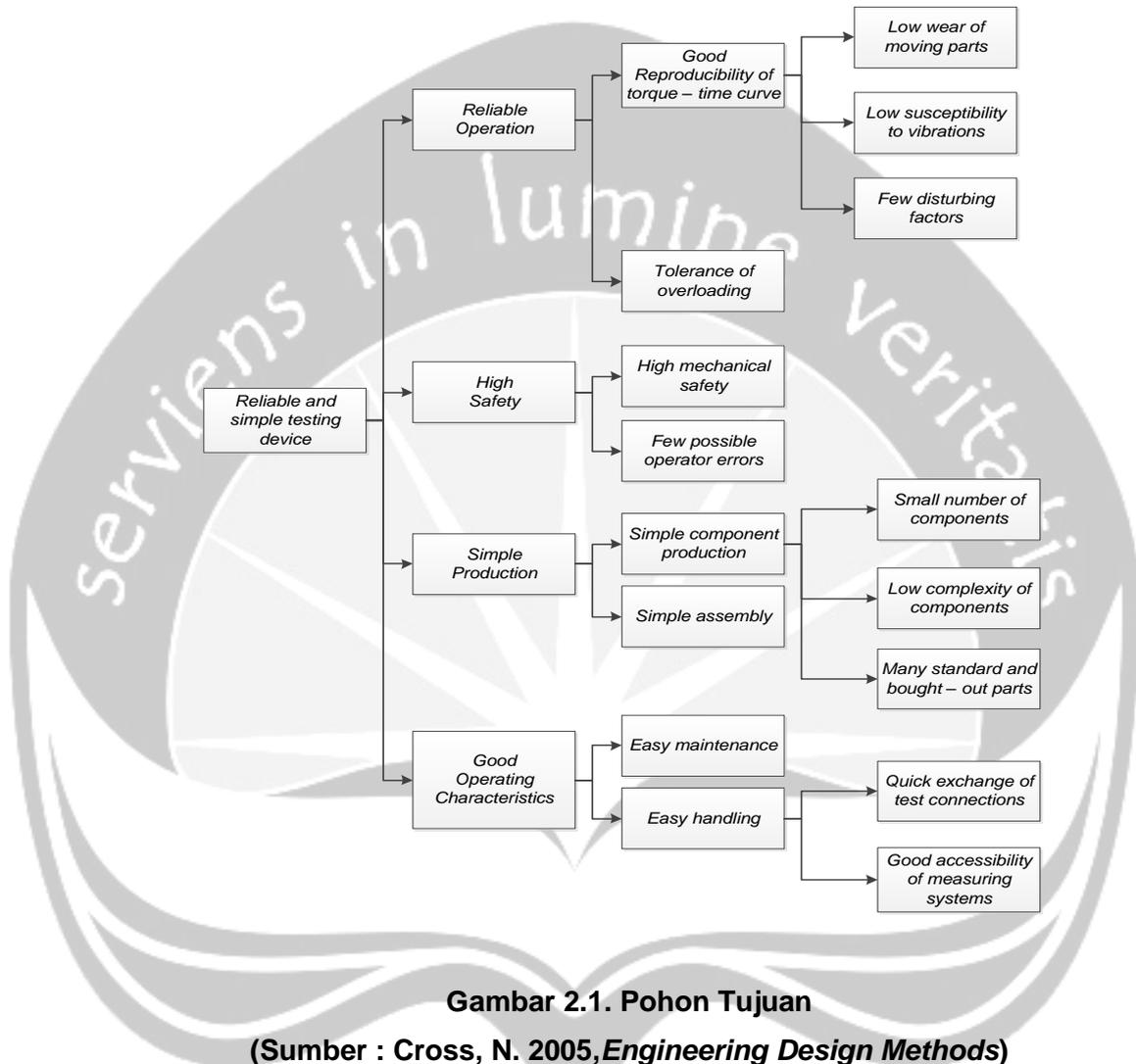
Daftar rancangan tujuan diambil dari pertanyaan dan diskusi kepada konsumen, mengenai kebutuhan konsumen dan fungsi produk yang diinginkan oleh konsumen.

2. Mengurutkan daftar rancangan secara objektif dari level tertinggi ke level terendah.

Dengan dilakukan pengurutan daftar rancangan tujuan dan sub tujuan akan mendapatkan hasil tingkat kepentingan dari yang tertinggi sampai terendah. Hasil pengurutan daftar rancangan tertinggi sampai terendah akan dikumpulkan dalam tingkatan hirarki.

3. Menggambar diagram pohon tujuan

Pengurutan daftar rancangan telah didapatkan maka membuat pohon tujuan. Pohon tujuan yang digambar akan dihubungkan berdasarkan keterkaitannya. Akar dalam diagram menunjukkan keterkaitan dalam mencapai tujuan.

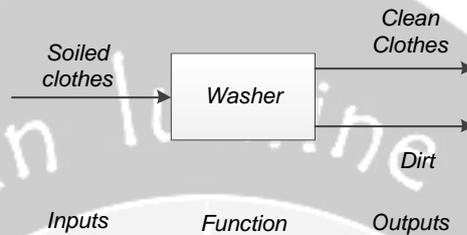


ii. Penetapan Fungsi (*Establishing Functions*)

Tahap kedua adalah penetapan fungsi. Tahap analisis penetapan fungsi berfungsi untuk menentukan dan membatasi tingkat permasalahan dimana penyelesaian dapat dipecahkan untuk mendapatkan hasil rancangan yang sesuai. Tahap kedua ini memiliki tujuan untuk menetapkan fungsi yang diperlukan serta batasan sistem dari rancangan yang baru. Metode ini akan dijelaskan pada tahapan berikut:

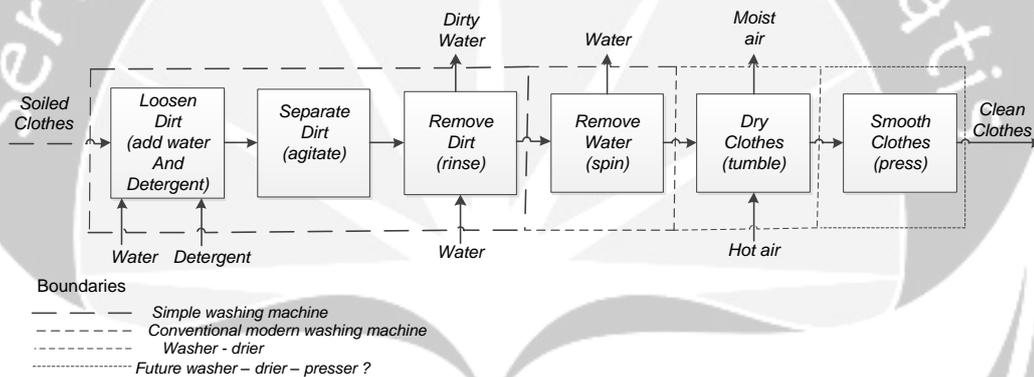
1. Menentukan fungsi perancangan secara keseluruhan dalam perubahan input menjadi output (*Black Box*)

2. Membagi fungsi utama kebeberapa sub fungsi.
3. Menggambar block diagram yang menjelaskan keterkaitan antar sub fungsi (*Transparent box*)
4. Menentukan batasan sistem
5. Menentukan komponen yang sesuai untuk setiap sub fungsi yang saling berkaitan atau memiliki hubungan keduanya



**Gambar 2.2. Blackbox**

(Sumber : Cross, N. 2005, *Engineering Design Methods*)



**Gambar 2.3. Transparant Box**

(Sumber : Cross, N. 2005, *Engineering Design Methods*)

iii. Penetapan Spesifikasi (*Setting Requirements*)

Tahapan ketiga adalah penetapan spesifikasi. Tahap spesifikasi adalah membuat daftar spesifikasi kerja yang akurat dari solusi rancangan yang diperlukan dan diinginkan. Tahapan dalam penetapan spesifikasi sebagai adalah

1. Mempertimbangkan perbedaan tingkat generalisasi solusi yang dapat diterapkan
2. Menentukan tingkat untuk beroperasi yang dilakukan. Keputusan yang dihasilkan biasanya dari konsumen. Semakin tinggi tingkatannya maka akan semakin luas kebebasan yang dimiliki oleh perancang produk akhir.

3. Identifikasi atribut kinerja atau performansi yang diperlukan maupun diinginkan
4. Menentukan secara ringkas mengenai kebutuhan kinerja yang khusus dan tepat untuk tiap atribut.

iv. Penentuan Karakteristik (*Determining Characteristics*)

Tahapan ke empat ini adalah penentuan karakteristik. Tahapan ini menetapkan target dari hasil capaian karakteristik teknis produk yang akan memenuhi keinginan konsumen. Tahapan ini menggunakan bantuan *Quality Function Deployment (QFD)*. QFD merupakan sebuah metode pengembangan maupun perencanaan produk terstruktur yang memungkinkan dibuatnya spesifikasi keinginan konsumen. Dengan terspesifikasi keinginan konsumen maka dilakukan evaluasi sesuai dengan kemampuan produk atau jasa yang dimiliki sehingga kebutuhan dapat terpenuhi. *House of Quality* terdiri dari 6 matriks interrelasi Cohen (1995) yaitu :

1. *The Customer Requirements* (Keinginan konsumen)

Keinginan konsumen ini hasil dari analisa pasar (*voice of customer*)

2. *Technical Requirements* (Karakteristik Teknik)

Karakteristik teknik ini mendeskripsikan bagaimana produk dapat memenuhi kinerja atau performansi yang diinginkan yang mewakili *voice of customer*.

3. *Interrelationships matrix* (matrix keterkaitan)

Matrix keterkaitan ini mengidentifikasi adanya hubungan yang kuat, sedang dan lemah antara keinginan konsumen dengan karakteristik teknik.

4. *Technical priorities, benchmarks and targets*

Mengindikasikan prioritas target teknis berdasarkan hubungan antara keinginan konsumen dan karakteristik teknik dengan menetapkan bobot mutlak. Simbol  $\ominus$  memiliki arti hubungan yang tinggi atau kuat dengan nilai 9, simbol  $\circ$  memiliki arti hubungan yang sedang atau cukup dan dengan nilai 3, sedangkan simbol  $\blacktriangle$  menunjukkan memiliki arti hubungan yang lemah dengan nilai 0.

5. *Technical Correlations*

Mencatat bagaimana karakteristik teknik dapat saling mendukung atau melawan.

(++) : Korelasi kuat positif

(+) : Korelasi adanya hubungan sedang positif

(-) : Korelasi adanya hubungan kuat negatif

(▼) : Korelasi adanya hubungan sedang negatif

Keterangan :

(++) : Hubungan kuat positif berarti kedua kebutuhan teknik sangat saling mendukung dengan kuat dalam pencapaian tujuan untuk mencapai hasil yang lebih baik

(+) : Hubungan jika kedua kebutuhan teknik saling mendukung dalam pencapaian tujuan sehingga hasil lebih baik

(-) : Jika kedua kebutuhan teknik tak saling mendukung atau mengalami pertentangan kuat dalam pelaksanaannya

(▼) : Jika kedua kebutuhan tidak saling mendukung atau mengalami pertentangan dalam pelaksanaannya.

#### 6. *Planning matrix*

Planning matrix berisi tentang penilaian konsumen terhadap produk pesaing dengan produk yang akan dirancang, matriks ini juga membantu dalam prioritas keinginan konsumen

Metode QFD memiliki tahapan (Cohen, 1995) yaitu :

1. Memasukkan atribut produk yang diinginkan ke bagian vertikal ke *House of Quality*
2. Menentukan nilai tingkatan kepentingan relatif pada atribut yang ada dari masing – masing kebutuhan konsumen tersebut pada keinginan konsumen pada *planning matrix*.
3. Memasukkan nilai evaluasi setiap atribut terhadap produk pesaing ke dalam *current satisfaction performance* dan *competition satisfaction performance* pada *planning matrix*
4. Menentukan kebutuhan teknis (TR) sebagai terjemahan terukur dari keinginan konsumen dan menetapkan target dari masing – masing teknis.
5. Memasukkan karakteristik teknik ke dalam bagian horizontal dari *house of quality*.
6. Menentukan arah perbaikan untuk setiap karakteristik teknik
7. Menentukan hubungan antara keinginan konsumen dengan karakteristik teknik

8. Menentukan hubungan karakteristik teknik yang ada pada technical correclation matrix. Menentukan hubungan karakteristik teknik memiliki hubungan keduanya

9. Menetapkan tujuan yang akan dicapai oleh perusahaannya dinilai dari harapan konsumen untuk produk tersebut

v. *Pembangkitan Alternatif (Generating Alternatives)*

Tahapan kelima ini adalah pembangkitan alternatif. Tahapan ini bertujuan untuk membangkitkan rancangan solusi yang masih bisa dikembangkan maupun memperluas pencarian terbaik. Metode yang dapat digunakan adalah peta morfologi.. Prosedur dalam pembangkitan alternatif adalah

1. Menentukan daftar fungsi esensial dari produk rancangan. Daftar dibuat dengan singkat tetapi harus menyangkup fungsi produk secara koprehensif.

2. Menentukan daftar yang mungkin dapat digunakan.

3. Menggambarkan peta yang berisi solusi dan sub solusi yang memungkinkan.

4. Identifikasi kombinasi sub-solusi yang mungkin.

vi. *Evaluasi Alternatif (Evaluating Alternatives)*

Tahapan keenam adalah evaluasi alternatif. Tahapan ini bertujuan untuk membandingkan nilai guna dari berbagai alternatif berdasarkan kinerja performansi dari tujuan atribut yang telah terbobot. Metode yang digunakan adalah Pembobotan Tujuan (*Weighted Objectives*). Prosedur pada tahapan ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daftar tujuan. Tahap ini bisa menggunakan tujuan dari diagram pohon.

2. Menentukan ranking dari daftar tujuan. Tahap penentuan ranking dengan *pair-wise comparison*

3. Menentukan bobot relatif untuk setiap tujuan dengan skala 1 dan 0.

4. Menentukan parameter kinerja atau nilai guna untuk masing-masing tujuan.

5. Menghitung dan membandingkan nilai utilitas relatif dari masing-masing altenatif rancangan yang telah didapatkan.

vii. *Penyempurnaan Rancangan (Improving Details)*

Tahapan akhir adalah penyempurnaan rancangan. Tahapan terakhir ini bertujuan untuk meningkatkan maupun mempertahankan nilai produk

bagi target pengguna sementara dengan mengurangi biaya bagi perancang. Prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Membuat daftar komponen yang terpisah dari produk dan mengidentifikasi fungsi dari masing-masing komponen
2. Menentukan nilai dari fungsi yang sudah diidentifikasi
3. Menentukan biaya komponen tersebut
4. Mencari cara untuk mereduksi biaya tersebut tanpa mereduksi nilai atau menambah nilai tanpa menambah biaya
5. Evaluasi alternatif dan pemilihan perbaikan

#### 2.2.6. Pengetahuan Bahan

##### a. Menurut Kayu

Kayu adalah jenis material yang paling banyak diaplikasikan sebagai material untuk membuat alat keperluan seperti meja, kursi, alat masak, dan lain – lain. Kayu dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan dan dapat dilihat dari kekuatan, keawetan, dan sifat lainnya. Menurut Idris (2008) kelas kuat kayu dibagi menjadi 5 kelas dapat dilihat pada Tabel 2.1. dibawah ini :

**Tabel 2.1. Tingkat Kelas Kayu**

Kelas Kuat	Berat Jenis (N/cm <sup>3</sup> )	Keteguhan Lentur Maks (Kg/cm <sup>2</sup> )	Keteguhan Tekan Maks (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	>0,9	>1100	>650
2	0,6 – 0,9	725 – 1100	425 – 650
3	0,3 – 0,6	500 – 725	300 – 425
4	0,3 – 0,4	360 – 500	215 – 300
5	< 0,3	< 360	< 215

##### i. Kayu Mahoni

Kayu mahoni memiliki ciri – ciri warna coklat kemerahan. Kayu mahoni memiliki serat yang lurus dan tekstur kayu agak halus dan berpori –pori. Kayu mahoni memiliki keawetan tingkat III dan kekuatan tingkat II hingga III.

Philippine Mahogany Wood		
Categories:	<a href="#">Wood and Natural Products</a> ; <a href="#">Wood</a> ; <a href="#">Hardwood</a>	
Material Notes:	Excellent shaping, very good planing, fair steam bending. Data is based on small, clear, air-dried samples unless specified.	
Key Words:	Shorea spp.; Lumber; Timber	
Vendors:	No vendors are listed for this material. Please <a href="#">click here</a> if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.	
<a href="#">Printer friendly version</a> <a href="#">Download as PDF</a> <a href="#">Download to Excel (requires Excel and Windows)</a> <a href="#">Export data to your CAD/FEA program</a>		
Physical Properties	Metric	English
Density	0.570 g/cc	0.0206 lb/in <sup>3</sup>
Mechanical Properties	Metric	English
Modulus of Rupture	0.0850 GPa	12.3 ksi
Flexural Modulus	11.65 GPa	1690 ksi
Compressive Yield Strength	46.9 MPa	6800 psi

**Gambar 2.4. Spesifikasi Kayu Mahoni**  
(Sumber: <http://www.matweb.com>, 2017)

ii. Kayu Akasia

Kayu akasia memiliki berat jenis rata – rata 0,75 dan serat yang cukup rapat sehingga daya serap airnya kecil. Kayu akasia kelas awetnya II yang mampu bertahan sampai 20 tahun. Kekuatan kayu akasia masuk dalam klasifikasi tingkat I sampai II. Sifat kembangnya susut kayu yang kecil dan daya retaknya rendah. Spesifikasi kayu akasia dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Black Wattle Wood		
Categories:	<a href="#">Wood and Natural Products</a> ; <a href="#">Wood</a> ; <a href="#">Hardwood</a>	
Material Notes:	Mechanical properties reported according to ASTM D143 at 12 wt% moisture content.	
Key Words:	<i>Acacia molissima</i> , timber, lumber	
Vendors:	No vendors are listed for this material. Please <a href="#">click here</a> if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.	
<a href="#">Printer friendly version</a> <a href="#">Download as PDF</a> <a href="#">Download to Excel (requires Excel and Windows)</a> <a href="#">Export data to your CAD/FEA program</a>		
Physical Properties	Metric	English
Specific Gravity	0.640 g/cc	0.640 g/cc
Density	0.721 g/cc	0.0260 lb/in <sup>3</sup>
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Wood Indentation	7770 N	1750 lb (f)
Modulus of Elasticity	14.34 GPa	2080 ksi
Modulus of Rupture	0.12066 GPa	17.501 ksi
Compressive Strength	7.54 MPa	1090 psi
	60.67 MPa	8799 psi
Work to Maximum Load	0.1053 J/cm <sup>3</sup>	15.27 in-lb/in <sup>3</sup>
Descriptive Properties	Hardwood	
Category	Hardwood	

**Gambar 2.5. Spesifikasi Kayu Akasia**  
(Sumber: <http://www.matweb.com>, 2017)

b. Besi Hollow ASTM A-500

Besi hollow adalah besi berbentuk kotak yang memiliki panjang dan tebal yang bermacam – macam. Besi hollow banyak digunakan untuk membuat kanopi, pintu besi, pintu pagar, teralis dan sekarang banyak digunakan untuk

rangka mesin. Besi hollow banyak digunakan karena proses pengerjaannya yang mudah, terbuat dari bahan Zinc-aluminium memiliki daya tahan yang baik terhadap karat dan korosi. Keunggulan besi hollow yaitu kuat dan ringan, hemat waktu pemasangan, tidak berkarat dan tahan korosi, dan harganya lebih ekonomis. Spesifikasi besi hollow ASTM A-500 Purnomo, dkk (2014) dapat dilihat pada Tabel 2.2. berikut

**Tabel 2.2. Spesifikasi Besi Hollow ASTM A-500**

Spesifikasi Besi Hollow ASTM A-500	
<i>Density</i> (massa jenis)	7,85 g/cc (7580 kg/m <sup>3</sup> )
<i>Tensile Strength</i> (Daya tarik)	45000 psi / 31,02640776 N/m <sup>2</sup>
<i>Yield Strength</i> (Kekuatan hasil)	39000 psi (268895534,6 N/m <sup>2</sup> )
<i>Thermal Conductivity</i> (Konduktivitas termal)	0,2556 W/(m.K)
<i>Maximum Deflection</i> (Lendutan Maksimum)	0,10668 mm

c. Besi UNP

Besi UNP atau Besi kanal memiliki bentuk seperti huruf U. Besi UNP banyak digunakan dalam bidang bangunan untuk membuat purlin dan juga rangka mesin. Besi UNP memiliki kelemahan yaitu mudah dalam mengalami tekukan pada sisinya. Besi UNP memiliki ukuran yang bervariasi dan memiliki harga relatif lebih mahal. Spesifikasi besi UNP atau besi kanal-U dapat dilihat pada Gambar 2.6. dibawah ini

ASTM A573 Steel, grade 58			
<b>Categories:</b> Metal / Ferrous Metal / ASTM Steel / Carbon Steel / Low Carbon Steel			
<b>Material:</b>	Carbon-manganese-silicon steel plate, structural quality		
<b>Notes:</b>	Improved toughness		
<b>Notes:</b>	Intended for fusion welding and for service at atmospheric temperatures where improved notch toughness is important. Mn content is exceeable if C content plus Mn content is < 0.40%. The following are suggested consumables for arc welding processes: Manual Shielded Metal-Arc (AWS A5.5) Low Hydrogen Electrodes E60xx and E70xx, Submerged Arc (AWS A5.23) F6x-Exxx and F7x-Exxx, Gas Metal-Arc (AWS A5.28) ER70S-x, Flux Cored-Arc (AWS A5.29) E6xT-x, and E7xT-x except -2, -3, -10, or -GS.		
<b>Notes:</b>	Similar entries in MatWeb include: ASTM A573 grade 65, grade 70		
<b>Key Words:</b>	UNS K02301		
<b>Vendors:</b>	No vendors are listed for this material. Please <a href="#">click here</a> if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.		
<a href="#">Printer friendly version</a>   <a href="#">Download as PDF</a>   <a href="#">Download to Excel (requires Excel and Windows)</a>   <a href="#">Export data to your CAD/CAM program</a>			
<b>Physical Properties</b>	<b>Metric</b>	<b>English</b>	<b>Comments</b>
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in <sup>3</sup>	Typical of ASTM Steel
<b>Mechanical Properties</b>	<b>Metric</b>	<b>English</b>	<b>Comments</b>
Tensile Strength, Ultimate	400 - 490 MPa	58000 - 71100 psi	
Tensile Strength, Yield	220 MPa	31900 psi	
Elongation at Break	21 %	21 %	in 200 mm
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
<b>Component Elements Properties</b>	<b>Metric</b>	<b>English</b>	<b>Comments</b>
Carbon, C	0.23 %	0.23 %	
Iron, Fe	99 %	99 %	as balance
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.10 - 0.35 %	0.10 - 0.35 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

**Gambar 2.6. Spesifikasi Besi UNP ASTM A573**  
(Sumber : <http://www.matweb.com>, 2017)

d. Besi L ASTM A-238

Besi L sering dikenal dengan besi siku. Besi siku memiliki sudut 90°. Besi berbentuk L diaplikasikan pada penggunaan konstruksi tangga, rak, dan rangka mesin. Besi L memiliki kelemahan dalam menahan beban yang berat sehingga kurang tepat untuk digunakan dalam menahan beban berat. Besi L rawan mengalami tekukan. Spesifikasi besi L dapat dilihat pada Gambar 2.7.

ASTM A283 Steel, grade D				
Categories: Metal; Ferrous Metal; ASTM Steel; Carbon Steel; Low Carbon Steel				
Material: Carbon steel plate - low to intermediate tensile strength				
Notes: Cu enhances the corrosion resistance. Suggested welding consumables for grades A, B, C, and D include: Manual Shielded Metal-Arc low hydrogen welding electrodes (AWS A5.1 or A5.5) E60xx, E70xx, Submerged arc (AWS A5.17 or A5.23 F6x-Exxx; Gas metal-arc (AWS A5.18) ER70S-x; Flux cored-arc (AWS A5.20 or A5.29) E6xTx, E7xTx except -2, -3, -10, -GS.				
Key Words: JIS G3101(95) SS400, JIS G3101(95) SS300				
Vendors: No vendors are listed for this material. Please <a href="#">click here</a> if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.				
<a href="#">Printer friendly version</a> <a href="#">Download as PDF</a> <a href="#">Download to Excel (requires Excel and Windows)</a> Add to Folder <input type="checkbox"/> My Folder 0/0				
Physical Properties		Metric	English	Comments
Density		7.80 g/cc	0.282 lb/in <sup>3</sup>	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties		Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate		415 - 515 MPa	60200 - 74700 psi	depends on plate width or thickness
Tensile Strength, Yield		230 MPa	33400 psi	
Elongation at Break		20 %	20 %	in 200 mm
		23 %	23 %	in 50 mm.
Bulk Modulus		160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus		80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Component Elements Properties		Metric	English	Comments
Carbon, C		0.27 %	0.27 %	
Copper, Cu		>= 0.20 %	>= 0.20 %	when copper steel is specified
Iron, Fe		98 %	98 %	as balance
Manganese, Mn		0.90 %	0.90 %	
Phosphorous, P		0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si		0.040 %	0.040 %	may vary with plate thickness
Sulfur, S		0.050 %	0.050 %	

Gambar 2.7. Spesifikasi Besi L ASTM A-238  
(Sumber : <http://www.matweb.com>, 2017)

e. Plat Easer Besi

Plat easer besi memiliki bentuk permukaan yang rata yang bahannya terbuat dari besi. Plat easer biasanya diaplikasikan pada penyambung struktur konstruksi profil dan daun meja pada mesin. Plat easer besi ini memiliki panjang dan tebal yang bermacam – macam. Plat easer berbahan besi ini sangat mudah didapatkan dipasaran dan memiliki harga yang terjangkau. Proses pengerjaan plat easer ini lebih mudah dalam proses pengelasan dan memiliki ketahanan yang kuat dalam menahan beban

f. Plat Easer Aluminium

Plat easer aluminium ini berbentuk lembaran permukaan yang rata. Plat easer ini aluminium ini biasanya digunakan pada pembuatan kusen pintu dan jendela. Plat easer aluminium ini memiliki kelemahan dalam proses pengelasan karena membutuhkan presisi untuk memastikan sambungan yang kuat. Plat easer berbahan aluminium ini dapat meleleh pada suhu yang tinggi Aluminium gampang bengkok, lentur dan tidak tahan dalam menahan beban yang berat.

g. Jenis Konfigurasi Gigi Gergaji

Gergaji merupakan alat untuk memotong kayu maupun bambu. Gergaji dalam memotong sangat dipengaruhi oleh jumlah gigi. Terdapat 5 macam jumlah konfigurasi gigi pada gergaji Hidayat (2008) yaitu

i. *Flat Top* (FT)

Konfigurasi gigi gergaji bentuk *flat top* ini digunakan untuk membelah kayu yang keras atau kayu lunak. Bentuk *flat top* ini sangat bagus untuk menyayat serat kayu pada pembelahan kayu.

ii. *Alternate Top Bevel* (AB)

Konfigurasi gigi bentuk *alternate top bevel* ini mempunyai sudut yang runcing pada bagian sisinya dan gigi gergaji disusun berselang – selang

iii. *Combination Tooth* (Comb)

Konfigurasi bentuk gigi *combination tooth* ini sangat cocok untuk kombinasi proses bilah dan potong. Kelemahan konfigurasi ini tidak terlalu halus karena lebih banyak jumlah gigi untuk proses bilah daripada proses potong.

iv. *Triple Chip Grind* (TCG)

Konfigurasi gigi ini memiliki bentuk yang trapesium. Bentuk gigi ini cocok untuk proses pemotongan material seperti multipleks dan plastik.

v. *High alternate Top Bevel* (HiATB)

Konfigurasi bentuk gigi gergaji ini yang runcing kedua sisinya. Bentuk gergaji ini sangat cocok untuk proses pemotongan. Hasil potongan akan menjadi sangat halus. Bentuk gigi gergaji ini dapat memotong bahan seperti melamin, kayu dan bambu.

### 2.2.7. Uji Pengolah Data

Pengolahan data ini dilakukan pada pengujian data antropometri dan pengukuran waktu proses. Pengolahan data yang dilakukan adalah uji keseragaman data, kecukupan data, uji kenormalan dan perhitungan persentil. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketepatan data pada saat pengukuran.

a. **Uji Kenormalan Data**

Uji kenormalan data bertujuan untuk mengetahui kenormalan pada distribusi data pengukuran. Pengujian kenormalan data adalah pengujian tentang kenormalan suatu distribusi data. Uji ini merupakan pengujian statistik parametrik dengan asumsi bahwa data terdistribusi normal. Software minitab 18 terdapat 3 uji kenormalan data yaitu *Anderson-Darling*, *Ryan-*

*Joiner*, dan *Kolmogorov-Smimov*. Menurut Wahjudi (2007) bahwa uji *Anderson-Darling* lebih unggul dibandingkan dengan uji *Ryan-joiner* dan *kolmogorov*.

**b. Uji Keseragaman Data**

Uji Keseragaman Data bertujuan untuk memastikan data yang telah diambil telah seragam dan masih didalam batas kendali. Langkah - langkah yang harus dilakukan dalam uji keseragaman data, yaitu:

- i. Menghitung banyaknya sub group

$$k = 1 + 3,3 \log N \tag{2.1}$$

keterangan:

$k$  = banyaknya subgroup

$N$  = jumlah data yang diambil

- ii. Mengelompokkan data dalam masing-masing subgroup

- iii. Menghitung rata-rata dari masing-masing subgroup

$$\bar{X}_k = \frac{\sum X_i}{n} \tag{2.2}$$

keterangan:

$\bar{X}_k$  = rata-rata subgroup ke  $k$

$X_i$  = data pengamatan

$n$  = jumlah data masing-masing subgroup

- iv. Menghitung rata-rata dari rata-rata subgroup

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_k}{k} \tag{2.3}$$

keterangan:

$\bar{\bar{X}}$  = rata-rata dari rata-rata subgroup

$\sum \bar{X}_k$  = jumlah rata-rata subgroup

$k$  = banyaknya subgroup

- v. Menghitung standar deviasi data

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{\bar{X}})^2}{N-1}} \tag{2.4}$$

keterangan:

$S$  = standar deviasi

$N$  = jumlah data pengamatan

$\bar{\bar{X}}$  = rata-rata dari rata-rata subgroup

$X_i$  = data pengamatan

vi. Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata subgroup

$$s_{\bar{x}_k} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

keterangan:

$s_{\bar{x}_k}$  = standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

S = standar deviasi data

n = jumlah data masing-masing subgroup

vii. Menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah

$$BKA = \bar{\bar{X}} + k s_{\bar{x}_k} \quad (2.6)$$

$$BKB = \bar{\bar{X}} - k s_{\bar{x}_k} \quad (2.7)$$

keterangan:

BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

k = konstanta dari tingkat keyakinan

$s_{\bar{x}_k}$  = standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

### c. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data bertujuan untuk mengetahui data yang telah diambil sudah cukup atau tidak. Data cukup apabila  $N' < N$  dan bila data tidak cukup maka perlu pengambilan data lagi.

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (2.8)$$

keterangan:

$N'$  = hitungan jumlah data pengamatan

k = konstanta dari tingkat keyakinan

s = tingkat ketelitian

$X_i$  = data pengamatan

### d. Uji *Independent Sample t-test*

Uji ini termasuk pada uji parametrik. Uji independent sample t-test bertujuan untuk melihat perbandingan data pengambilan sample kedua data yang diambil pada saat pengamatan. Uji ini untuk mengetahui perbedaan rata – rata dua populasi / kelompok data yang independen. Uji *independent sample t-test* ini memiliki syarat yaitu data terdistribusi normal, kedua kelompok data independen atau bebas.