

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini berisikan dasar-dasar atau referensi dari penelitian lain untuk membandingkan penelitian terdahulu dengan penelitian yang sekarang. Tinjauan pustaka berisikan beberapa topik diantaranya sebagai berikut.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Cahyono (2018) melakukan penelitian perbaikan kualitas produksi tahu takwa di UMKM Gudange Tahu Takwa (GTT) di Kabupaten Kediri. Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingkat kecacatan produk yang tinggi seperti kerusakan tekstur, kerusakan warna, kotoran, dan salah pemotongan. Dengan menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) yang mencakup *check sheet*, peta kendali p, histogram, diagram Pareto, dan fishbone diagram, ditemukan beberapa akar masalah utama yang mencakup kualitas bahan baku kedelai yang tidak konsisten, kurangnya disiplin tenaga kerja, mesin produksi yang semi manual dan kurangnya standar prosedur operasi (SOP) dalam proses produksi. Selain itu kesalahan dalam proses pengemasan dan pengepakan dapat menyebabkan kerusakan produk seperti kebocoran kemasan dan kontaminasi kotoran yang dapat mempengaruhi mempengaruhi kualitas tahu. Solusi yang diusulkan peneliti meliputi pelatihan tenaga kerja, optimalisasi teknologi pengemasan, perawatan mesin produksi dan pembuatan SOP untuk menurunkan tingkat kecacatan produk.

Saleh dkk. (2023) melakukan penelitian tentang analisis perbaikan kualitas produk tahu mentah di UMKM Tahu Sumedang Permata. Permasalahan yang diangkat adalah tingginya produk cacat seperti cacat tekstur, ukuran, warna, dan kotoran, yang mengurangi kualitas produk. Penelitian menggunakan metode *Lean Six Sigma* untuk mengurangi tingkat cacat produk. Berdasarkan analisis menggunakan pendekatan DMAIC, diagram pareto dan fishbone diagram, ditemukan beberapa akar masalah yaitu kurangnya ketelitian pekerja, bahan baku yang tidak konsisten, kurangnya prosedur operasional standar (SOP), dan lingkungan kerja yang tidak bersih. Dari masalah tersebut, peneliti merancang beberapa solusi seperti menetapkan supplier bahan baku dengan tetap, membuat SOP untuk setiap proses produksi, meningkatkan sirkulasi udara di tempat kerja, dan meningkatkan pengawasan dan pelatihan pekerja. Berdasarkan perbaikan menggunakan *Lean Six Sigma* tingkat cacat berkurang dan

tingkat sigma rata-rata meningkat dari 3,06 menjadi 3,16 sementara *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) turun.

Fauziah dkk. (2014) melakukan penelitian tentang perbaikan kualitas produksi tahu di Pengrajin Tahu Boga Rasa. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah tingginya tingkat cacat ukuran yang tidak seragam dan cacat bear atau berongga yang mempengaruhi kualitas dan kepuasan konsumen. Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan tujuan untuk mengurangi produk cacat pada tahu. Analisis menunjukkan akar masalah variasi pada proses perebusan dan pengendapan, serta kesalahan penakaran oleh operator. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, peneliti menggunakan tahapan DMAIC. Pada tahap *improve*, perbaikan dilakukan dengan menyediakan alat pengukur pH untuk memastikan bahwa pH air pengendapan berada pada rentang ideal (pH 4,5–4,6) dan alat takar untuk mengatur volume aci tahu 347 mililiter. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan level sigma dari $3,684\sigma$ menjadi $4,003\sigma$ dan penurunan nilai DPMO dari 14.557,31 menjadi 890,48.

Jirasukprasert dkk. (2015) melakukan penelitian perbaikan kualitas produksi sarung tangan di perusahaan manufaktur di Thailand. Permasalahan yang diangkat adalah tingginya tingkat cacat pada produk sarung tangan karet, terutama jenis cacat seperti kebocoran dan noda. Penelitian ini menggunakan metode *six sigma* dengan tujuan untuk mengurangi produk cacat pada sarung tangan karet. Melalui analisis ditemukan akar masalah utama bahwa suhu oven dan kecepatan konveyor memengaruhi jumlah sarung tangan rusak selama produksi. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti menggunakan metode *Design of Experiment* (DOE) dan analisis ANOVA untuk menentukan suhu dan kecepatan konveyor yang optimal. Suhu oven diatur pada 230°C dan kecepatan konveyor pada 650 RPM, yang terbukti mengurangi cacat. Berdasarkan perbaikan *six sigma* yang telah dilakukan hasil penelitian menunjukkan penurunan tingkat cacat sebesar 50% dengan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) menurun dari 195.095 menjadi 83.750, dan level sigma meningkat dari 2,4 menjadi 2,9.

Dewangga dan Suseno (2022) melakukan penelitian perbaikan kualitas produksi *plywood* pada PT Abirama Kresna. Permasalahan yang diangkat adalah tingkat cacat yang masih sangat tinggi pada produk *plywood* yang dihasilkan, seperti delaminasi, pecah ujung, serta kekurangan *shortcore/longcore*. Melalui analisis dengan menggunakan berbagai metode *Seven Tools*, serta diagram Pareto dan fishbone, ditemukan beberapa akar masalah utama yang mencakup kadar air yang tinggi pada veneer, peralatan produksi yang kurang terawat, kurangnya kontrol dalam proses pengeringan, bersama dengan proses *hot press* yang tidak optimal. Untuk mengatasi masalah yang ada, peneliti mengusulkan beberapa solusi seperti mengatur ulang proses

hot press untuk meningkatkan daya rekat veneer, menambah waktu pengeringan untuk mengurangi kadar air veneer, dan memeriksa dan memelihara peralatan produksi secara teratur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dari 1.433 cacat produk yang terjadi selama satu tahun (2021-2022), delaminasi menyumbang jumlah paling banyak, dengan 753 cacat. Menurut penelitian ini, penyebab utama kecacatan produk *plywood* adalah teknis dan lingkungan. Oleh karena itu, perusahaan harus meningkatkan pengelolaan proses produksi dan kualitas bahan baku untuk mengurangi tingkat kecacatan produk *plywood*.

Azura dkk. (2024) melakukan penelitian perbaikan kualitas produksi tahu di Pabrik Tahu Pak Budi. Permasalahan yang diangkat adalah banyaknya cacat produk, seperti cacat tekstur, warna, dan ukuran, yang berdampak pada kualitas dan efisiensi produksi. Melalui analisis menggunakan metode Six Sigma dan Fuzzy FMEA, ditemukan beberapa akar masalah utama yaitu SOP yang tidak ada, kualitas bahan baku yang tidak konsisten, peralatan produksi yang tidak optimal, dan tenaga kerja yang tidak teliti. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, peneliti membuat beberapa solusi. Salah satunya adalah membuat SOP, melakukan evaluasi rutin proses produksi, memberikan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan tenaga kerja, perawatan berkala pada mesin dan alat produksi, serta penerapan pengendalian kualitas secara konsisten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, untuk mengurangi jumlah produk cacat dan meningkatkan kualitas produk tahu di Pabrik Tahu Pak Budi, level sigma untuk cacat tekstur adalah 3,487, cacat warna adalah 3,767, dan cacat ukuran adalah 3,721, masing-masing di atas level 3σ tetapi masih jauh dari target 6σ .

Wardana dkk. (2015) melakukan penelitian tentang implementasi perbaikan kualitas menggunakan metode *Six Sigma* untuk mengurangi jumlah produk cacat sajadah pada PT. Pondok Tekstil Kreasindo. Topik permasalahan yang diangkat adalah tingginya tingkat kecacatan produk sajadah, seperti cacat bolong, cacat miring, cacat timbal dan cacat belit, yang mempengaruhi kualitas produk dan kepuasan konsumen. Penelitian ini menggunakan *six sigma* metodologi DMAIC ditemukan bahwa cacat bolong memiliki persentase tertinggi yaitu 59% yang diidentifikasi melalui alat PDPC (*Process Decision Program Chart*). Peneliti menemukan cara untuk menyelesaikan masalah cacat bolong. Peneliti melakukan beberapa tahap seperti memisahkan gulungan benang antar stasiun kerja dan menghitung jumlah produk yang dihasilkan oleh gulungan benang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah solusi diterapkan, nilai sigma rata-rata meningkat dari $2,983\sigma$ menjadi $3,31\sigma$. Berdasarkan penelitian ini, *Six Sigma* dapat membantu perusahaan mengurangi tingkat cacat produk sajadah secara signifikan dan

meningkatkan pengendalian kualitas melalui pengawasan dan perbaikan proses produksi.

Hariawan dan Marwan (2022) melakukan penelitian tentang perbaikan kualitas sabun di PT. Pacific Medan Industri menggunakan metode Six Sigma DMAIC. Permasalahan yang diangkat adalah tingginya tingkat cacat pada produk sabun yang dihasilkan seperti pecah, lembek, dan ukurang yang tidak sesuai cetakan. Dengan melakukan analisis dengan metode Six Sigma DMAIC, diagram Pareto, dan *fishbone*, ditemukan beberapa akar masalah yaitu penggunaan bahan baku yang kurang sesuai, keterbatasan keterampilan karyawan dan peralatan produksi yang memerlukan perawatan. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti mengusulkan beberapa solusi seperti mengganti cetakan yang rusak untuk mencegah udara masuk, melakukan perawatan rutin pada mesin untuk menjamin stabilitas proses produksi, mengajarkan karyawan tentang takaran bahan yang ideal, dan mengganti komponen mesin yang berkaitan dengan pemanasan. Dari 246 cacat produk selama 12 bulan (2020-2021), 91 di antaranya disebabkan oleh ukuran produk yang salah. Menurut penelitian, penyebab utama kecacatan produk adalah sumber daya manusia dan teknis. Maka perusahaan harus meningkatkan pengelolaan kualitas bahan baku dan kemampuan karyawan untuk mengurangi tingkat kecacatan.

Ringkasan seluruh hasil peninjauan pustaka disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Permasalahan	Akar Masalah	Rancangan Solusi	Hasil
1	Cahyono (2018)	Tingginya tingkat kecacatan produk tahu takwa, seperti tekstur rusak, kerusakan warna, terdapat kotoran, dan salah pemotongan.	Kualitas bahan baku kedelai yang tidak konsisten. Tenaga kerja kurang disiplin. Mesin produksi semi manual. Tidak ada nya SOP. Kesalahan dalam pengemasan dan pengepakan	Menyusun SOP untuk produksi dan pengemasan. Meningkatkan pengawasan dan pelatihan tenaga kerja. Perawatan rutin mesin produksi. Optimalisasi proses pengemasan	Rekomendasi solusi ini diharapkan mampu menurunkan tingkat kecacatan produk, meningkatkan kualitas tahu takwa, dan memenuhi kepuasan konsumen
2	Saleh dkk (2023)	Tingginya tingkat cacat pada produk tahu mentah, meliputi cacat tekstur, ukuran, warna, dan kotoran	Ketelitian pekerja rendah, bahan baku tidak konsisten, tidak adanya SOP, lingkungan kerja kurang bersih	Membuat SOP, memilih supplier tetap, melatih pekerja, meningkatkan kebersihan dan sirkulasi udara	Tingkat sigma meningkat dari 3,06 menjadi 3,16, cacat ukuran berkurang, dan kualitas produk meningkat.

Tabel 2.1 Lanjutan

No	Penulis	Permasalahan	Akar Masalah	Rancangan Solusi	Hasil
3	Fauziah dkk (2014)	Tingginya tingkat cacat produk tahu seperti cacat bear dan cacat ukuran	Variasi pada proses perebusan dan pengendapan, serta kesalahan penakaran oleh operator	Persediaan alat pengukuran pH dari rentang 4,5 – 4,6 dan alat takar dengan volume aci tahu 347 ml	DPMO menurun dari 14.557,31 menjadi 890,48 kemudian level sigma meningkat dari 3,684 σ menjadi 4,003 σ
4	Jirasukpraser dkk (2015)	Tingginya tingkat cacat produk sarung tangan karet	Suhu oven dan kecepatan konveyor tidak optimal	Optimasi suhu oven (230°C) dan kecepatan konveyor (650 RPM) menggunakan metode DOE dan analisis ANOVA	Tingkat cacat berkurang sebesar 50% pada sarung tangan, Berdasarkan perbaikan six sigma membantu DPMO menurun dari 195.095 menjadi 83.750, dan level sigma meningkat dari 2,4 menjadi 2,9.

Tabel 2.1 Lanjutan

No	Penulis	Permasalahan	Akar Masalah	Rancangan Solusi	Hasil
5	Dewangga dan Suseno (2022)	Tingginya tingkat cacat produk plywood yang mempengaruhi target produksi	Kadar air veneer tinggi, peralatan produksi kurang terawat, proses pengeringan tidak optimal	Penambahan waktu pengeringan, pemeliharaan rutin peralatan, pengaturan ulang proses hot press	Cacat delaminasi menjadi yang tertinggi (753), dan solusi berhasil meningkatkan kontrol kualitas untuk mengurangi cacat pada produk
6	Azura dkk (2024)	Tingginya tingkat cacat produk tahu yang mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi	Tidak adanya SOP, kualitas bahan baku tidak konsisten, peralatan tidak optimal, pekerja tidak teliti	Pembuatan SOP, evaluasi rutin, pelatihan karyawan, perawatan peralatan, dan pengendalian kualitas	Rata-rata level sigma produk mencapai 3,487 untuk cacat tekstur, 3,767 untuk cacat warna, dan 3,721 untuk cacat ukuran. Solusi yang diusulkan membantu meminimalkan cacat produk dan meningkatkan kualitas tahu.

Tabel 2.1 Lanjutan

No	Penulis	Permasalahan	Akar Masalah	Rancangan Solusi	Hasil
7	Wardana dkk (2015)	Tingginya tingkat cacat produk sajadah, seperti cacat bolong, miring, tambal, dan belit	Faktor metode (benang tidak dipisah antar stasiun kerja), kurang monitoring operator, kapasitas rak tidak memadai	Pemisahan gulungan benang antar stasiun kerja, penyediaan alat untuk menghitung kapasitas gulungan benang	Nilai sigma meningkat dari 2,983 σ menjadi 3,31 σ , menurunkan DPMO, dan mengurangi cacat produk.
8	Hariawan dan Marwan (2022)	Tingginya tingkat kecacatan pada produk sabun	Bahan baku kurang sesuai, mesin memerlukan perawatan, keterampilan karyawan terbatas	Mengganti cetakan rusak, merawat mesin secara berkala, memberikan pelatihan kepada karyawan, mengganti part mesin yang rusak	Tingkat cacat turun dari 2,70% menjadi 1,09%. Peningkatan nilai sigma dari 3,41 ke 3,55. Kerugian diperkirakan menurun hingga 50%.

2.2 Dasar Teori

Pada sub bab ini akan membahas mengenai dasar teori tentang definisi kualitas, pengendalian kualitas dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di Pabrik Tahu Sutra. Dasar teori diambil dari materi mata kuliah yang telah dipelajari sebagai Teknik Industri. Mata Kuliah yang memiliki keterkaitan dengan topik ini diantaranya:

- a. Pada Mata Kuliah Pengendalian Kualitas (STIN48603)
- b. Pada Mata Kuliah Perancangan Sistem Terintegrasi (STIN38502)
- c. Pada Mata Kuliah Rekayasa Desain (STIN12202)

2.2.1 Produk Cacat

Produk cacat merupakan hasil dari produksi yang tidak sesuai dengan standar mutu yang telah ditentukan, baik dari aspek dimensi, bentuk, maupun kualitas fisik produk. Sehingga produk tidak dapat digunakan atau dipasarkan. Menurut Hansen dan Mowen (2011) produk cacat merupakan produk atau jasa yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan. Dengan adanya produk cacat menunjukkan adanya ketidaksempurnaan dalam proses produksi yang berdampak langsung pada kualitas hasil akhir.

2.2.2 Definisi Kualitas

Kualitas merupakan karakteristik yang dimiliki oleh suatu produk untuk memuaskan kebutuhan konsumen. Kualitas produk yang tinggi adalah proses peningkatan berkelanjutan. Kualitas memiliki beberapa aspek yang dapat menentukan posisi produk. Kualitas membantu perusahaan untuk menjaga pelanggan setia dan bertahan dengan persaingan bisnis.

Berdasarkan pemaparan Gaspersz dalam Prihantoro (2012), beberapa konsep kualitas menurut para ahli sebagai berikut.

- a. Menurut Philip B. Crosby, kualitas merupakan kesesuaian dengan kebutuhan dan mencakup aspek *availability, delivery, reliability, maintainability, dan cost effectiveness*. Crosby menekankan pentingnya keterlibatan seluruh anggota organisasi dalam mencapai kualitas melalui pemenuhan spesifikasi dan permintaan.
- b. Josep M. Juran menekankan kualitas sebagai kesesuaian produk atau layanan dengan kebutuhan dan harapan pengguna (*fitness for use*). Definisi ini berfokus pada pemenuhan ekspektasi pelanggan.

2.2.2 Pengendalian Kualitas

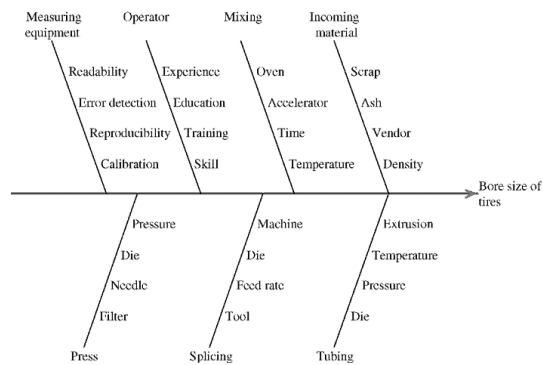
Pengendalian kualitas merupakan serangkaian aktivitas sistematis yang bertujuan mengevaluasi dan memastikan apakah produk atau jasa yang dihasilkan telah memenuhi standar dan kriteria kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan *output* akhir *dari* suatu proses produksi benar benar sesuai dengan rencana dan kebijakan mutu yang telah dirancang.

Terdapat berbagai pandangan dari para ahli mengenai konsep pengendalian kualitas . Menurut Cosby dalam Prihantoro (2012) menyebutkan kualitas berarti kesesuaian terhadap persyaratan-persyaratan. Persyaratan ini perlu dirumuskan secara jelas agar semua pihak memahami apa yang diharapkan. Ahyari, dalam Prihantoro (2012), menyatakan bahwa pengendalian dalam konteks kualitas produk mencakup semua aktivitas yang bertujuan untuk menjaga dan memastikan kualitas produk sesuai dengan rencana awal. Kualitas bukan merupakan suatu hal yang bersifat kebetulan atau tiba-tiba, melainkan merupakan hasil perencanaan yang matang dan sistematis jauh sebelum produk tersebut diproduksi. Sementara itu, Raviato dalam Prihantoro (2012) menjelaskan bahwa pengendalian kualitas melibatkan penerapan siklus PDCA, yang meliputi tahap perencanaan, pelaksanaan proses, evaluasi atau pengecekan, serta tindakan perbaikan terhadap masalah yang berkaitan dengan kualitas. Siklus ini berfungsi untuk memastikan bahwa kualitas produk terus terjaga dan diperbaiki sesuai kebutuhan.

2.2.3 Fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi dan secara sistematis mencantumkan berbagai penyebab yang dapat dikaitkan dengan suatu masalah (Ishikawa 1976). *Fishbone* dapat membantu mengidentifikasi alasan mengapa suatu proses menjadi tidak terkendali. Diagram sebab-akibat dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan karenanya sering disebut diagram Ishikawa. Terdapat beberapa faktor yang menjadi acuan identifikasi masalah diantaranya;

- a. *Man*: orang yang berperan dalam pelaksanaan suatu proses
- b. *Machine*: peralatan yang digunakan dalam proses berlangsung
- c. *Material*: bahan baku yang digunakan dalam kegiatan
- d. *Method*: proses kerja yang dibutuhkan dalam proses
- e. *Measurement*: data hasil kerja yang diperoleh dari proses
- f. *Environment*: Kondisi tempat proses berlangsung

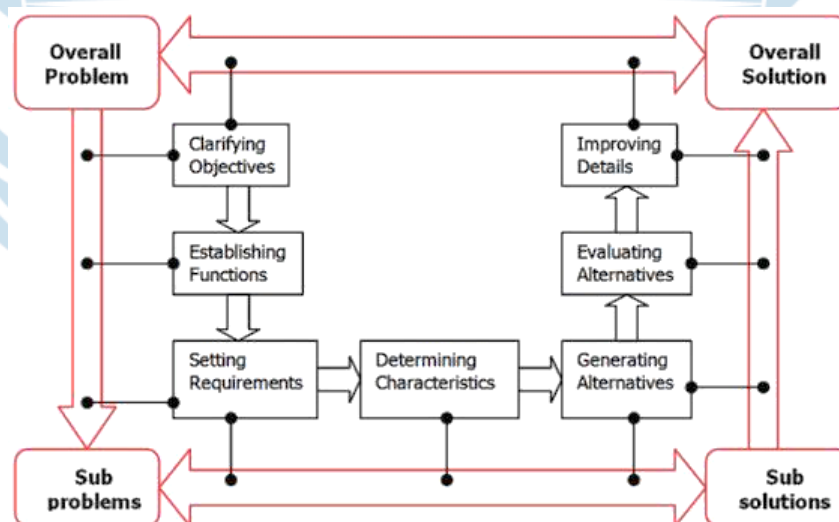


Gambar 2.1 Diagram *Fishbone*

(Sumber : Mitra, 2012)

2.2.4 Perancangan Produk dengan Metode Rasional

Metode rasional merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam penelitian tentang perancangan sistem, produk, atau alat bantu produksi. Metode rasional merupakan metode perancangan yang lebih sistematis dalam proses desain (Cross,2005). Metode ini menekankan proses perancangan yang terstruktur dan sistematis, sehingga setiap tahapan dilakukan secara logis dan berurutan untuk menghasilkan rancangan yang ideal dan sesuai kebutuhan. Tujuh langkah sistematis dari Metode Rasional dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model Proses Rancang Menurut Nigel Cross

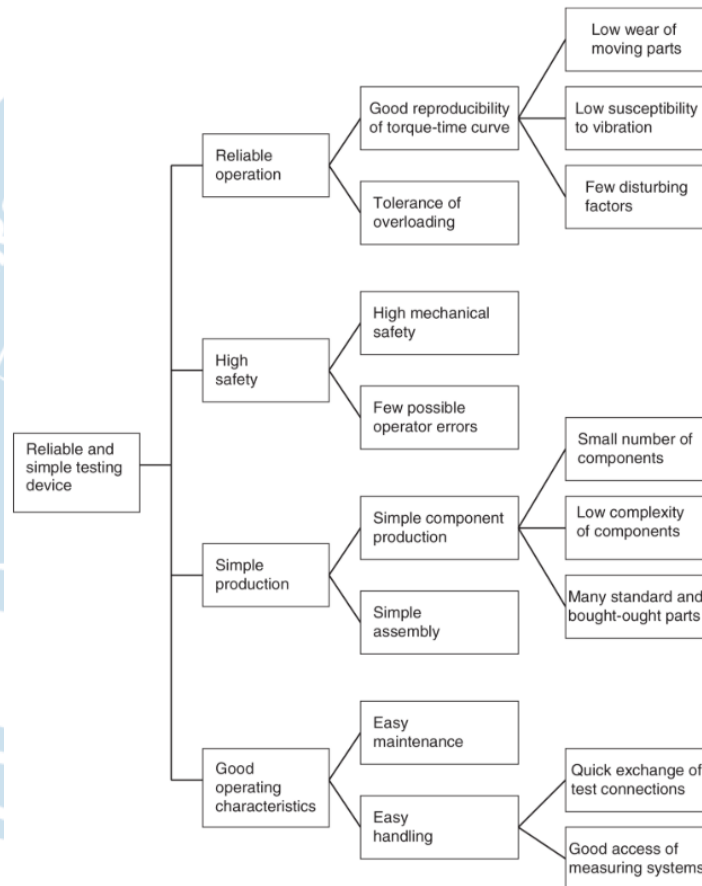
(Sumber: Cross, 2021)

a. Klasifikasi tujuan (*Clarifying Objectives*)

Langkah pertama dalam penerapan metode rasional adalah melakukan klasifikasi tujuan perancangan. Tujuan tersebut diperoleh dari hasil pengamatan langsung lapangan serta diskusi dengan *stakeholder* yang terlibat dalam proses. Setiap tujuan yang telah

dibuat kemudian disusun secara bertingkat, mulai dari tujuan umum hingga tujuan yang lebih spesifik.

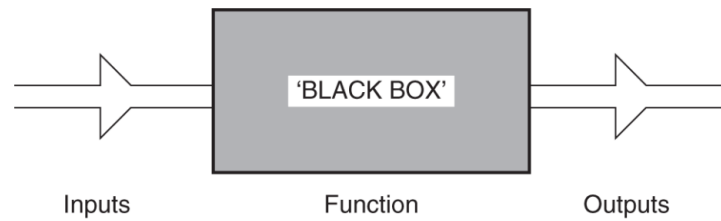
Tujuan penyusunan ini adalah untuk membuat lebih jelas bagaimana tujuan satu dengan tujuan lainnya berhubungan, sehingga jalan pengembangan desain menjadi lebih terstruktur. Pada tahap ini, visualisasi hubungan hierarkis antar tujuan secara sistematis dan logis dimungkinkan melalui penggunaan alat bantu yang dikenal sebagai diagram pohon tujuan. *Objective tree* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



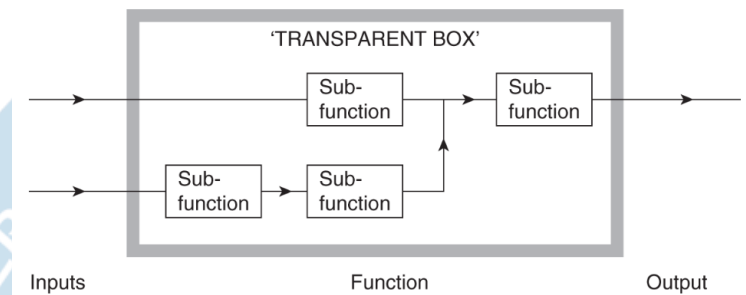
Gambar 2.3 *Objective Tree*
(Sumber: Cross, 2021)

b. Penetapan fungsi (*Establishing Functions*)

Selanjutnya tahap kedua adalah penetapan fungsi yang bertujuan untuk menentukan fungsi utama dan fungsi pendukung produk sesuai dengan masalah yang telah ditentukan. Untuk membuat fungsi jelas dan dapat diukur, dan untuk menetapkan batasan sistem rancangan, fungsi ditulis dalam bentuk kata kerja. Analisis fungsional dilakukan untuk mencapai tahap ini. *Black Box* menunjukkan hubungan *input-output* dan *Transparent Box* menjelaskan proses kerja di dalam sistem. *Black Box* dan *Transparent Box* dapat dilihat pada Gambar 2.4. dan 2.5.



Gambar 2.4 *Black Box*
(Sumber: Cross, 2021)



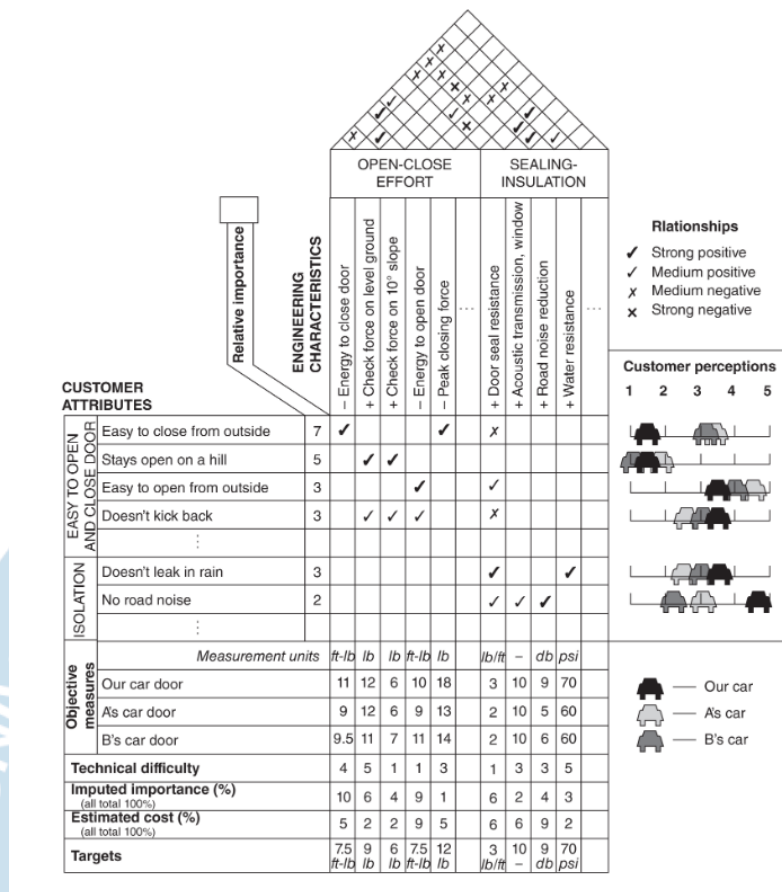
Gambar 2.5 *Transparent Box*
(Sumber: Cross, 2021)

c. Menyusun kebutuhan (*Setting Requirements*)

Tahap ketiga adalah menyusun kebutuhan dengan merumuskan spesifikasi desain secara sistematis. Kebutuhan mencakup parameter pengguna, batasan teknis dan regulasi yang berlaku, kemudian ditulis dalam *performance specification* agar dapat diukur dan dievaluasi secara jelas.

d. Penentuan karakteristik (*Determining Characteristics*)

Selanjutnya tahap penentuan karakteristik yang merupakan tahap untuk menetapkan atribut teknis dan target kinerja produk yang harus dicapai agar mampu memenuhi kebutuhan pengguna. Metode relevan dengan tahap ini adalah *quality function deployment*. Matriks utama dalam *quality function deployment* adalah *House of Quality* (HOQ) yang berbentuk seperti rumah, menghubungkan keinginan *customer* dengan respon teknis yang bertujuan untuk memprioritaskan pengembangan produk. *House of Quality* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 HOQ (partial)
(Sumber: Cross, 2021)

e. Membangkitkan alternatif (*Generating Alternatives*)

Selanjutnya tahap membangkitkan alternatif merupakan tahap pengembangan berbagai konsep solusi yang memungkinkan untuk menyelesaikan permasalahan perancangan. Pada tahap ini, perancang melakukan eksplorasi kemungkinan solusi yang berpotensi untuk diterapkan. Metode yang digunakan adalah peta morfologi yaitu teknik untuk menyusun berbagai kombinasi dari fitur/karakteristik/fungsi. Analisis morfologi dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan dari varian ukuran, dan bentuk yang ditetapkan pada produk, sedangkan peta morfologi berfungsi sebagai rangkuman dari seluruh alternatif yang dihasilkan. Peta Morfologi dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Feature	Means				
Support	Wheels	Track	Air cushion	Slides	Pedipulators
Propulsion	Driven wheels	Air thrust	Moving cable	Linear induction	
Power	Electric	Petrol	Diesel	Bottled gas	Steam
Transmission	Gears and shafts	Belts	Chains	Hydraulic	Flexible cable
Steering	Turning wheels	Air thrust	Rails		
Stopping	Brakes	Reverse thrust	Ratchet		
Lifting	Hydraulic ram	Rack and pinion	Screw	Chain or rope hoist	
Operator	Seated at front	Seated at rear	Standing	Walking	Remote control

Gambar 2.7 Peta Morfologi
(Sumber: Cross, 2021)

f. Evaluasi alternatif (*Evaluating Alternatives*)

Tahap selanjutnya adalah evaluasi alternatif, setelah seluruh konsep rancangan dihasilkan dengan tujuan memilih alternatif yang paling tepat untuk dikembangkan. Pada tahap ini menggunakan metode *weighted objectives* atau pembobotan objektif. Tahap ini melakukan penilaian yang membandingkan setiap alternatif berdasarkan kriteria tertentu yang telah diberi bobot sesuai tingkat kepentingannya. Setiap alternatif dinilai, alternatif dengan total nilai tertinggi dipilih sebagai solusi terbaik untuk tahap selanjutnya. Untuk contoh *final evaluation* dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Selection Criteria	Weight	Concepts							
		A (reference) Master Cylinder		DF Lever Stop		E Swash Ring		G+ Dial Screw+	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of handling	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Ease of use	15	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Readability of settings	10	3	0.3	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Dose metering accuracy	25	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durability	15	3	0.45	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Ease of manufacture	20	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portability	10	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total Score		3.00		3.45		3.10		3.05	
Rank		4		1		2		3	
Continue?		No		Develop		No		No	

Gambar 2.8 *Final Evaluation Chart*
(Sumber: Cross, 2021)

g. Penyempurnaan rancangan (*Improving Detail*)

Selanjutnya tahap terakhir dari metode rasional adalah tahap penyempurnaan rancangan. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan nilai produk dengan tetap menjaga efisiensi biaya. Dilakukan identifikasi fungsi dan biaya tiap komponen, kemudian dicari perbaikan yang dapat menekankan biaya tanpa mengurangi nilai produk, lalu dipilih alternatif terbaik untuk diterapkan.

2.3 Standar dan Kode Etik

Dalam penelitian ini, standar dan kode etik digunakan sebagai acuan dalam merancang solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada proses produksi. Solusi yang dikembangkan berupa perancangan ulang alat bantu cetak pada proses pemotongan dengan tujuan mendukung peningkatan kualitas hasil produksi serta efisiensi kerja. Dikarenakan tahu termasuk dalam kategori pangan yang dikonsumsi langsung, maka standar ini digunakan sebagai pedoman agar alat yang dirancang tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga aman, higienis, dan layak digunakan dalam lingkungan produksi pangan.

Ketentuan perancangan mengacu pada kebijakan yang dikeluarkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Berdasarkan Peraturan BPOM Nomor 9 Tahun 2022 Pasal 2, dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa seluruh kegiatan yang berkaitan dengan pengolahan dan distribusi pangan olahan wajib terbuat dari bahan yang tidak beracun, tidak bereaksi dengan produk, mudah dibersihkan dan tidak menjadi sumber kontaminasi. Logam berat yang berpotensi mencemari pangan dan harus dihindari meliputi arsen (As), timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan timah (Sn). Oleh karena itu, material yang digunakan pada cetakan tahu harus dipilih secara selektif agar tidak mengandung unsur-unsur tersebut. Pemilihan bahan cetakan dilakukan dengan mempertimbangkan sifat aman bagi pangan, ketahanan terhadap karat serta ketidakreaktifan terhadap bahan baku tahu. Selain itu, desain cetakan juga disesuaikan dengan prinsip ergonomi agar mudah dioperasikan dan aman digunakan oleh pekerja selama proses produksi berlangsung. Perancangan juga harus memastikan bahwa alat dapat digunakan secara efektif untuk membantu mengurangi produk cacat tanpa menimbulkan risiko baru dalam proses produksi.