

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kualitas

Kualitas merupakan konsep yang menggambarkan kemampuan suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen, baik yang dinyatakan maupun tersirat. Menurut Juran (1992), kualitas didefinisikan sebagai kesesuaian untuk penggunaan yaitu kesesuaian produk untuk digunakan sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, Heizer & Render (2014) menyatakan bahwa kualitas sebagai keseluruhan karakteristik dan fitur produk yang mampu memenuhi kebutuhan pelanggan, baik yang dinyatakan maupun yang tersirat, sehingga kualitas tidak hanya dilihat dari hasil akhir tetapi juga dari proses yang menghasilkan produk tersebut. Dalam perspektif statistik, Montgomery (2005) menekankan bahwa kualitas berkaitan erat dengan kemampuan proses dalam meminimalkan variabilitas sehingga produk yang dihasilkan seragam dan sesuai spesifikasi. Dalam konteks industri pangan seperti tempe, kualitas memiliki dimensi yang lebih kompleks karena mencakup aspek fisik (warna, tekstur, aroma), keamanan pangan, serta konsistensi hasil fermentasi, yang semuanya sangat dipengaruhi oleh kondisi proses produksi seperti suhu, kelembaban, dan kualitas bahan baku. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas pada industri tempe tidak hanya terfokus pada pemeriksaan produk akhir, tetapi juga pada pengendalian proses secara menyeluruh untuk memastikan produk yang dihasilkan aman, layak dikonsumsi, dan memiliki nilai jual yang tinggi.

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan serangkaian aktivitas terencana dan sistematis yang bertujuan untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan sesuai standar sehingga produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Menurut Montgomery (2005), pengendalian kualitas adalah teknik operasional dan aktivitas yang digunakan untuk memonitor, mengukur, serta mengendalikan proses produksi guna mencapai kualitas yang diinginkan. Sedangkan Heizer & Render (2014) menyatakan bahwa pengendalian kualitas berfungsi untuk menjaga konsistensi produk, mengurangi variasi proses, serta mencegah terjadinya cacat melalui tindakan korektif yang tepat. Dalam praktiknya, pengendalian kualitas tidak hanya dilakukan pada tahap akhir produksi,

tetapi juga mencakup seluruh proses mulai dari input, proses, hingga output, sehingga penyimpangan dapat dideteksi lebih awal dan dicegah sebelum menghasilkan produk cacat. Pada industri tempe, pengendalian kualitas menjadi sangat krusial karena proses produksinya sangat dipengaruhi oleh faktor manusia, metode, bahan baku, serta lingkungan, seperti suhu fermentasi dan kebersihan alat, yang jika tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan kecacatan produk seperti warna kehitaman atau tekstur tidak kompak. Oleh karena itu, penerapan pengendalian kualitas berbasis data dan metode analisis yang tepat sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi produksi, menurunkan tingkat cacat, serta meningkatkan daya saing UMKM di pasar.

2.3 Seven Tools

Seven Tools merupakan tujuh alat pengendalian kualitas dasar metode yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan mutu secara sistematis melalui pendekatan berbasis data. Metode ini dipopulerkan oleh Kaoru Ishikawa yang menyatakan bahwa sebagian besar masalah kualitas dapat diselesaikan menggunakan alat sederhana yang mudah dipahami oleh seluruh tingkat pekerja (Ishikawa, 1985). *Seven Tools* terdiri dari *flowchart*, *check sheet*, *histogram*, *diagram Pareto*, *scatter diagram*, *control chart*, dan *fishbone diagram* yang berfungsi untuk memetakan proses, mengumpulkan data, melihat pola penyimpangan, menentukan prioritas masalah, menganalisis hubungan variabel, memantau kestabilan proses, serta menemukan akar penyebab cacat. Menurut Montgomery (2005), *Seven Tools* efektif digunakan sebagai tahap awal perbaikan kualitas karena mampu menyajikan informasi proses secara visual dan objektif sehingga memudahkan pengambilan keputusan. Dalam industri pangan seperti tempe, metode ini relevan diterapkan karena proses produksi masih dipengaruhi oleh faktor bahan baku, manusia, metode kerja, dan lingkungan, sehingga dapat membantu mengidentifikasi jenis cacat dominan seperti warna kehitaman, tekstur tidak kompak, kedelai kurang matang, maupun kerusakan kemasan. Penelitian Zendrato et al., (2022) menunjukkan bahwa penggunaan *Seven Tools* pada produksi tempe mampu mengidentifikasi sumber permasalahan kualitas dan menjadi dasar penyusunan tindakan perbaikan yang lebih efektif.

2.3.1 *Flowchart*

Flowchart atau diagram alir merupakan alat bantu visual yang digunakan untuk menggambarkan urutan langkah, aktivitas, keputusan, serta aliran proses kerja secara sistematis dari awal hingga akhir. Menurut Ishikawa (1985), *flowchart* berfungsi untuk memetakan proses secara jelas sehingga memudahkan identifikasi tahapan yang berpotensi menimbulkan kesalahan atau pemborosan. Selain itu, Heizer & Render (2014) menyatakan bahwa *flowchart* membantu organisasi memahami hubungan antaraktivitas dan meningkatkan efisiensi proses produksi. Dalam pengendalian kualitas, *flowchart* digunakan untuk mengetahui titik kritis proses yang berpengaruh terhadap mutu produk. Pada industri tempe, *flowchart* dapat menggambarkan tahapan produksi mulai dari sortasi kedelai, pencucian, perendaman, perebusan, pengupasan kulit, penirisan, pencampuran ragi, pembungkusan, fermentasi, hingga distribusi. Dengan adanya *flowchart*, pelaku UMKM dapat mengetahui tahapan proses yang berpotensi menyebabkan kecacatan seperti kedelai kurang matang, fermentasi tidak sempurna, atau kesalahan pengemasan, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara lebih terarah dan efektif.

2.3.2 *Check Sheet*

Check sheet atau lembar periksa merupakan alat pengumpulan data yang digunakan untuk mencatat frekuensi kejadian, jenis cacat, maupun penyimpangan secara sistematis dan terstruktur selama proses produksi berlangsung. Menurut Ishikawa (1985), *check sheet* berfungsi mempermudah proses pencatatan data lapangan agar informasi yang diperoleh lebih akurat dan mudah dianalisis. Selain itu, Montgomery (2005) menyatakan bahwa *check sheet* merupakan alat dasar pengendalian kualitas yang efektif karena mampu menyajikan data faktual sebagai dasar pengambilan keputusan perbaikan proses. Dalam penerapannya, *check sheet* biasanya berisi kolom waktu, jenis cacat, jumlah kejadian, dan keterangan tambahan sesuai kebutuhan perusahaan. Pada industri tempe, *check sheet* dapat digunakan untuk mencatat jumlah produk cacat setiap hari seperti tempe berwarna kehitaman, kedelai kurang matang, atau kemasan rusak. Melalui data yang terkumpul secara konsisten, pelaku UMKM dapat mengetahui pola kecacatan yang sering terjadi, menentukan

jenis cacat dominan, serta menjadi dasar analisis lanjutan menggunakan histogram, diagram Pareto, maupun metode perbaikan lainnya.

2.3.3 Histogram

Histogram merupakan alat pengendalian kualitas berbentuk grafik batang yang digunakan untuk menunjukkan distribusi frekuensi suatu data sehingga pola penyebaran, variasi, dan kecenderungan data dapat terlihat dengan jelas. Menurut Ishikawa (1985), histogram berfungsi untuk menyajikan data numerik ke dalam kelompok-kelompok kelas agar lebih mudah dianalisis. Selain itu, Montgomery (2005) menjelaskan bahwa histogram sangat berguna dalam mengevaluasi variasi proses serta mengetahui apakah data cenderung normal, menyimpang, atau memiliki ketidakteraturan tertentu. Dalam pengendalian kualitas, histogram membantu perusahaan memahami kondisi proses produksi berdasarkan data aktual sehingga keputusan perbaikan dapat dilakukan secara objektif. Pada industri tempe, histogram dapat digunakan untuk menampilkan frekuensi jumlah produk cacat berdasarkan jenis kerusakan seperti warna kehitaman, tekstur lembek, kedelai kurang matang, maupun kemasan rusak selama periode pengamatan (Zendrato et al., 2022). Dengan menggunakan histogram, pelaku UMKM dapat mengetahui jenis kecacatan yang paling sering terjadi serta melihat tingkat variasi cacat produk sebagai dasar analisis lanjutan dalam upaya peningkatan kualitas produksi.

2.3.4 Pareto Diagrama

Pareto diagram merupakan alat pengendalian kualitas berbentuk grafik batang yang disusun dari frekuensi tertinggi ke terendah dan dikombinasikan dengan garis persentase kumulatif untuk menunjukkan prioritas masalah yang paling dominan. Menurut Ishikawa (1985), diagram Pareto digunakan untuk menentukan masalah yang harus diprioritaskan terlebih dahulu agar perbaikan lebih efektif. Selain itu, Montgomery (2005) menjelaskan bahwa diagram Pareto membantu manajemen memusatkan sumber daya pada penyebab cacat terbesar yang memberikan dampak paling signifikan terhadap kualitas produk. Dalam industri tempe, diagram Pareto dapat digunakan untuk mengurutkan jenis kecacatan seperti

warna kehitaman, tekstur lembek, kedelai kurang matang, dan kemasan rusak berdasarkan frekuensi kejadian sehingga diketahui jenis cacat yang paling dominan dan perlu segera diperbaiki (Zendrato et al., 2022). Dengan demikian, penggunaan diagram Pareto dapat membantu UMKM tempe menetapkan prioritas perbaikan secara tepat, efisien, dan berbasis data.

2.3.5 Scatter Diagram

Scatter diagram atau diagram pencar merupakan salah satu alat dalam *Seven Tools* yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel dalam bentuk titik-titik pada bidang koordinat. Menurut Ishikawa, (1985) *scatter diagram* berfungsi untuk menunjukkan ada atau tidaknya kecenderungan hubungan antara suatu faktor dengan hasil yang ditimbulkan, sehingga dapat membantu proses analisis permasalahan kualitas. Montgomery, (2005) juga menjelaskan bahwa *scatter diagram* digunakan untuk mengevaluasi pola hubungan antarvariabel, baik berupa hubungan positif, negatif, maupun tidak menunjukkan hubungan yang jelas. Dalam penelitian ini, *scatter diagram* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara jumlah produksi harian dengan jumlah produk cacat selama satu bulan pengamatan. Melalui pola penyebaran titik yang terbentuk, dapat diketahui kecenderungan hubungan antara kedua variabel tersebut sebagai informasi pendukung dalam analisis pengendalian kualitas.

2.3.6 Control Chart

Control chart atau peta kendali merupakan alat pengendalian kualitas yang digunakan untuk memantau kestabilan proses produksi dari waktu ke waktu berdasarkan data hasil pengamatan. Menurut Montgomery (2005), *control chart* berfungsi untuk menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi terkendali secara statistik melalui garis tengah (*center line/CL*), batas kendali atas (*upper control limit/UCL*), dan batas kendali bawah (*lower control limit/LCL*). Selain itu, Heizer & Render (2014) menyatakan bahwa peta kendali membantu perusahaan mendeteksi penyimpangan proses lebih awal sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan. Dalam industri tempe, *control chart* dapat digunakan untuk memantau jumlah produk cacat harian, persentase cacat produksi, maupun

kestabilan proses fermentasi selama periode tertentu sehingga dapat diketahui apakah proses masih berada dalam batas kendali atau mengalami penyimpangan (Zendrato et al., 2022). Dengan menggunakan *control chart*, dapat diketahui apakah proses berada dalam kondisi terkendali atau mengalami penyimpangan. Dalam penelitian ini digunakan p-chart (*proportion chart*) karena data yang dianalisis berupa proporsi produk cacat.

Nilai proporsi cacat rata-rata dihitung menggunakan rumus:

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (1)$$

Selanjutnya, batas kendali atas UCL dan batas kendali bawah LCL dihitung dengan rumus:

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (2)$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (3)$$

Keterangan:

$\bar{p}$ = proporsi rata-rata produk cacat

CL = rata-rata proporsi cacat

UCL = batas kendali atas

LCL = batas kendali bawah

n = jumlah produksi dalam satu periode

np = jumlah cacat

Jika nilai LCL bernilai negatif, maka dianggap sama dengan nol. Proses dikatakan terkendali apabila seluruh data berada di antara batas kendali atas dan bawah serta tidak menunjukkan pola penyimpangan tertentu (Montgomery, 2005).

2.3.7 *Fishbone*

Fishbone diagram atau diagram tulang ikan merupakan alat pengendalian kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab suatu masalah secara sistematis. Diagram ini dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa sehingga sering disebut juga *Ishikawa diagram* atau *cause and effect diagram*. Menurut Ishikawa (1985), *fishbone diagram* berfungsi untuk mengelompokkan berbagai penyebab potensial dari suatu permasalahan agar lebih mudah ditelusuri dan dianalisis. Selain itu, Montgomery (2005) menjelaskan bahwa *fishbone diagram* membantu tim dalam proses perbaikan kualitas dengan menelusuri faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya cacat produk. Secara umum, penyebab masalah dalam *fishbone* diagram dikelompokkan ke dalam beberapa kategori utama seperti *man* (manusia), *machine* (mesin/peralatan), *method* (metode kerja), *material* (bahan baku), dan *environment* (lingkungan). Pada industri tempe, *fishbone diagram* dapat digunakan untuk menganalisis penyebab cacat seperti produk berwarna kehitaman, kedelai kurang matang, atau kemasan rusak yang disebabkan oleh kelalaian pekerja, kualitas kedelai yang buruk, proses fermentasi tidak stabil, kebersihan alat kurang terjaga, maupun kondisi ruang produksi yang lembab (Zendrato et al., 2022). Dengan menggunakan *fishbone diagram*, pelaku UMKM dapat mengetahui akar penyebab utama kecacatan sehingga usulan perbaikan yang dilakukan menjadi lebih tepat sasaran dan efektif.

2.4 *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*

FMEA merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu proses, menilai dampak yang ditimbulkan, serta menentukan prioritas perbaikan secara sistematis sebelum kegagalan tersebut terjadi. Menurut Stamatis (2003), FMEA merupakan teknik preventif yang bertujuan mengurangi risiko kegagalan melalui identifikasi *failure mode*, penyebab kegagalan, serta efek yang ditimbulkan terhadap pelanggan atau proses produksi. Selain itu, McDermott et al., (2008) menjelaskan bahwa FMEA membantu perusahaan memfokuskan sumber daya pada masalah yang memiliki tingkat risiko tertinggi sehingga tindakan perbaikan menjadi lebih efektif. Penilaian risiko dalam FMEA dilakukan melalui tiga komponen utama yaitu *Severity (S)* yang menunjukkan tingkat keparahan dampak

kegagalan, *Occurrence* (O) yang menunjukkan frekuensi terjadinya kegagalan, dan *Detection* (D) yang menunjukkan kemampuan sistem mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke konsumen. Ketiga komponen tersebut dihitung menggunakan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus:

$$RPN = S \times O \times D \quad (4)$$

Keterangan:

(S) *Severity*: tingkat keparahan dampak

(O) *Occurrence*: frekuensi terjadinya kegagalan

(D) *Detection*: kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum terjadi

Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan, dimana semakin tinggi nilai RPN maka semakin besar tingkat risiko yang harus segera ditangani (Stamatis, 2003). Dalam industri tempe, FMEA dapat digunakan untuk menilai risiko kegagalan seperti kedelai kurang matang, produk kehitaman, dan kerusakan kemasan, sehingga membantu UMKM dalam menentukan perbaikan secara objektif dan tepat sasaran.

2.5 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk memodelkan ketidakpastian dan memprediksi kemungkinan hasil suatu proses melalui penggunaan bilangan acak berdasarkan data historis (Rubinstein & Kroese, 2008). Dalam penerapannya, metode ini memanfaatkan distribusi probabilitas dari data masa lalu untuk menghasilkan prediksi kondisi di masa mendatang (Rubinstein & Kroese, 2008). Pada industri tempe, simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memprediksi jumlah produk cacat, peluang terjadinya jenis kecacatan tertentu, maupun estimasi penurunan cacat setelah usulan perbaikan diterapkan (Ardiansah et al., 2019).

Simulasi Monte Carlo merupakan suatu metode simulasi berbasis probabilitas yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi berbagai kemungkinan hasil dari suatu sistem yang mengandung unsur ketidakpastian. Metode ini bekerja dengan memanfaatkan bilangan acak yang dibangkitkan berdasarkan distribusi probabilitas dari data historis, kemudian dilakukan pengulangan perhitungan melalui sejumlah iterasi untuk memperoleh estimasi hasil yang mendekati kondisi nyata.

Menurut Rubinstein & Kroese (2008), simulasi Monte Carlo merupakan teknik numerik yang menggunakan sampel acak untuk menyelesaikan permasalahan yang bersifat kompleks dan sulit dianalisis secara analitis.

Prinsip dasar simulasi Monte Carlo adalah menghasilkan berbagai kemungkinan kejadian berdasarkan pola probabilitas yang terdapat pada data historis. Menurut Law & Kalton, (1991), metode Monte Carlo menggunakan bilangan acak yang dibangkitkan dari distribusi probabilitas tertentu untuk merepresentasikan kondisi yang mungkin terjadi dalam suatu sistem. Setiap bilangan acak yang dihasilkan merepresentasikan suatu kondisi yang mungkin terjadi pada sistem yang diamati berdasarkan distribusi probabilitas yang telah ditentukan. Law & Kalton, (1991) menjelaskan bahwa proses simulasi dilakukan melalui pembangkitan sampel acak secara berulang untuk memperoleh estimasi nilai suatu variabel. Semakin banyak iterasi yang dilakukan, semakin kecil kesalahan estimasi dan semakin baik tingkat ketelitian hasil simulasi yang diperoleh. Selain itu, simulasi umumnya dijalankan dalam beberapa replikasi independen untuk meningkatkan keandalan hasil dan mengurangi pengaruh variasi acak pada output simulasi (Law & Kalton, 1991). Dalam penelitian ini, simulasi Monte Carlo direncanakan menggunakan rentang 100 hingga 1.000 iterasi pada setiap replikasi simulasi. Jumlah iterasi dan replikasi yang digunakan akan disesuaikan berdasarkan hasil pengujian awal untuk memperoleh hasil simulasi yang stabil dan representatif dalam mengevaluasi tingkat kecacatan produk setelah penerapan usulan perbaikan.

Metode Monte Carlo memiliki keunggulan dibandingkan pendekatan deterministik karena mampu menggambarkan ketidakpastian yang terdapat dalam suatu sistem. Jika pendekatan deterministik hanya menghasilkan satu nilai keluaran berdasarkan asumsi tertentu, maka simulasi Monte Carlo menghasilkan berbagai kemungkinan keluaran beserta peluang kemunculannya. Dengan demikian, metode ini dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai risiko dan variasi hasil yang mungkin terjadi (Mun, 2015).

Dalam bidang pengendalian kualitas, simulasi Monte Carlo digunakan untuk memprediksi tingkat kecacatan produk berdasarkan data historis produksi yang tersedia. Melalui proses pembangkitan bilangan acak dan simulasi berulang, metode ini dapat memberikan

estimasi probabilitas terjadinya kecacatan pada periode produksi berikutnya. Hasil simulasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi efektivitas usulan perbaikan sebelum diterapkan secara langsung pada proses produksi, sehingga perusahaan dapat memperoleh gambaran mengenai potensi penurunan tingkat kecacatan yang dapat dicapai.

Penelitian terdahulu yang membahas pengendalian kualitas pada industri pangan umumnya menggunakan metode *Seven Tools* untuk mengidentifikasi jenis kecacatan dominan dan metode FMEA untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Namun, sebagian besar penelitian hanya berhenti pada tahap identifikasi masalah dan penyusunan usulan perbaikan tanpa melakukan evaluasi terhadap kemungkinan hasil dari perbaikan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan metode *Seven Tools*, FMEA, dan Simulasi Monte Carlo. *Seven Tools* digunakan untuk mengidentifikasi jenis serta penyebab kecacatan produk, FMEA digunakan untuk menentukan prioritas risiko yang harus segera ditangani, sedangkan Simulasi Monte Carlo digunakan untuk memprediksi tingkat kecacatan produk setelah usulan perbaikan diterapkan. Integrasi ketiga metode tersebut menjadi nilai tambah penelitian karena tidak hanya menghasilkan rekomendasi perbaikan, tetapi juga memberikan gambaran probabilistik mengenai efektivitas usulan perbaikan dalam menurunkan tingkat kecacatan produk pada UMKM tempe.

langkah-langkah dalam simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut:

1. Menentukan probabilitas, yaitu menghitung peluang masing-masing jenis cacat berdasarkan data historis menggunakan rumus:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum f} \quad (5)$$

Keterangan:

P_i = Probabilitas cacat ke-i

f_i = Frekuensi cacat

$\sum f$ = Total cacat

2. Menentukan interval bilangan acak, yaitu mengubah probabilitas menjadi rentang angka (0-99) sebagai dasar simulasi.

3. Simulasi bilangan acak, yaitu menggunakan angka acak untuk menentukan kemungkinan kejadian cacat.
4. Menghitung prediksi, yaitu menghitung hasil simulasi untuk memperoleh estimasi jumlah cacat di masa mendatang.

Dengan demikian, metode Monte Carlo membantu pelaku UMKM dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat karena analisis tidak hanya berdasarkan data masa lalu, tetapi juga mempertimbangkan ketidakpastian dan risiko di masa depan (Rubinstein & Kroese, 2008).

2.6 Industri Tempe dan Proses Produksi

Industri tempe merupakan salah satu sektor usaha pangan tradisional yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan protein nabati masyarakat serta mendukung perekonomian melalui kegiatan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Tempe adalah produk fermentasi berbahan baku kedelai yang menghasilkan tekstur padat, warna putih, dan kandungan gizi tinggi. Menurut Kristiningrum & Susanto (2015) melalui SNI Tempe, produk tempe yang baik harus memiliki aroma khas, warna putih merata, tekstur kompak, serta aman dikonsumsi. Proses produksi tempe pada umumnya meliputi sortasi kedelai, pencucian, perendaman, perebusan, pengupasan kulit ari, penirisan, pencampuran ragi, pembungkusan, dan fermentasi selama 24–48 jam hingga menjadi produk siap jual (Falah et al., 2023). Dalam praktiknya, industri tempe masih menghadapi berbagai masalah kualitas seperti kedelai kurang matang, fermentasi tidak merata, produk berwarna kehitaman, tekstur lembek, maupun kerusakan kemasan yang disebabkan oleh kualitas bahan baku, metode kerja, kebersihan alat, dan kondisi lingkungan produksi (Zendrato et al., 2022). Oleh karena itu, pengendalian kualitas yang baik sangat diperlukan agar mutu produk tetap terjaga, jumlah cacat menurun, dan daya saing UMKM tempe meningkat

2.7 Hubungan Antar Metode dalam Penelitian

Dalam penelitian ini, metode *Seven Tools*, FMEA, dan simulasi Monte Carlo digunakan secara terintegrasi karena masing-masing memiliki fungsi yang saling melengkapi dalam upaya peningkatan kualitas produk tempe. *Seven Tools* digunakan sebagai tahap awal untuk mengidentifikasi jenis kecacatan dominan, memetakan proses produksi, serta mencari akar penyebab masalah melalui alat seperti *check sheet*,

diagram Pareto, control chart, dan fishbone diagram (Ishikawa, 1985). Setelah penyebab kecacatan diketahui, metode FMEA digunakan untuk menilai tingkat risiko setiap penyebab kegagalan berdasarkan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* sehingga diperoleh prioritas perbaikan melalui RPN (Stamatis, 2003). Selanjutnya, simulasi Monte Carlo digunakan untuk memprediksi kemungkinan jumlah produk cacat dan mengevaluasi potensi hasil perbaikan berdasarkan data probabilitas dari kondisi produksi sebelumnya (Rubinstein & Kroese, 2008). Dengan demikian, hubungan ketiga metode tersebut membentuk alur analisis yang sistematis, yaitu *Seven Tools* berfungsi mengidentifikasi masalah, FMEA menentukan prioritas solusi, dan Monte Carlo mengevaluasi hasil perbaikan secara prediktif, sehingga keputusan peningkatan kualitas pada UMKM tempe dapat dilakukan secara lebih objektif, efektif, dan berbasis data.