

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

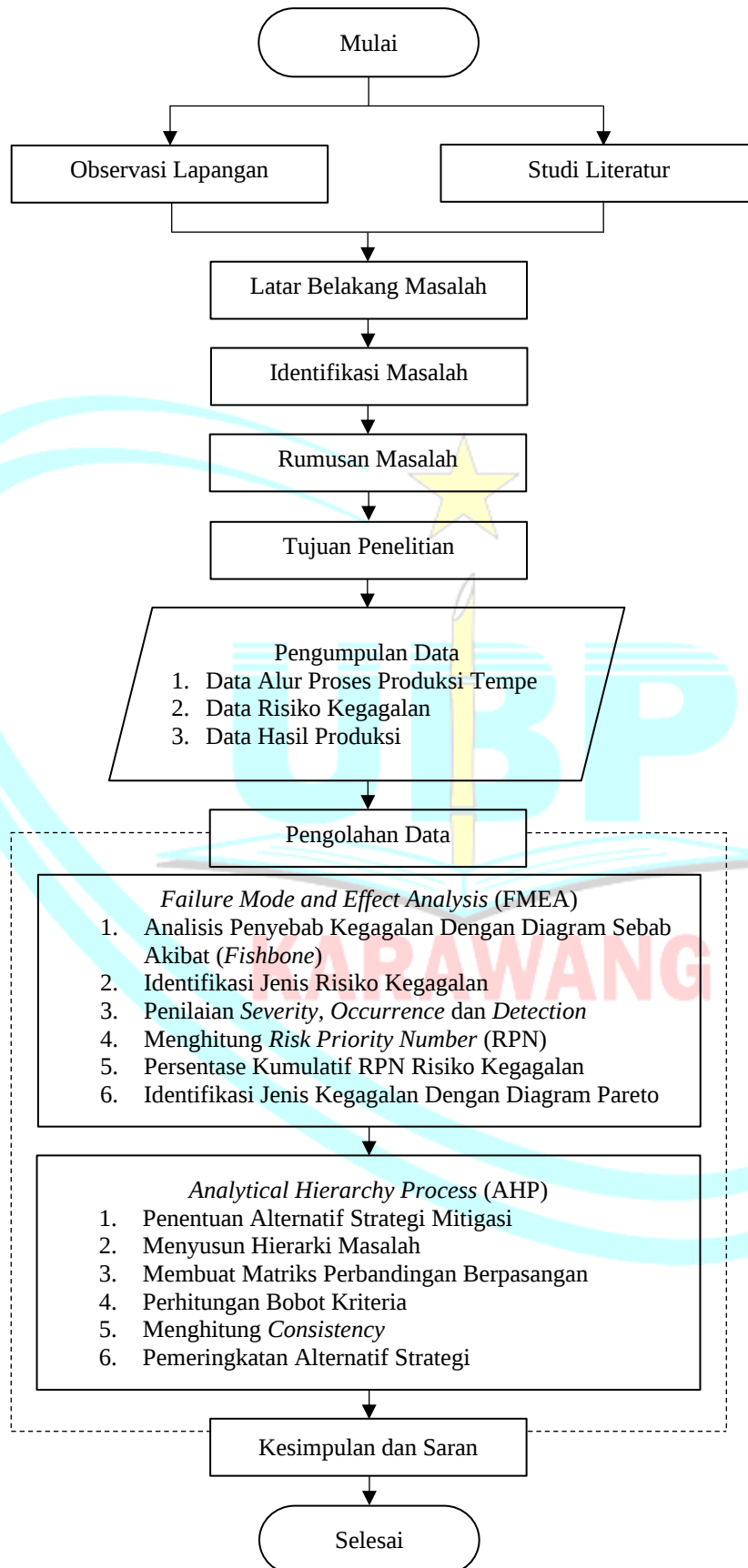
Penelitian ini dilaksanakan di Usaha Tempe Q yang berlokasi di Desa Sarimulya, Kecamatan Kota Baru, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya tingkat produksi serta peran penting usaha tersebut dalam memenuhi kebutuhan tempe di wilayah sekitar. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama tiga bulan, mulai dari Maret hingga Mei 2025.

3.2 Objek Penelitian

Dalam analisis risiko kegagalan proses produksi tempe di Usaha Tempe Q, penelitian difokuskan pada identifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada setiap tahapan, mulai dari persiapan bahan baku, proses produksi, hingga distribusi produk akhir. Pendekatan ini bertujuan untuk memahami dan mengelola risiko yang dapat mengganggu kelancaran produksi serta kualitas tempe yang dihasilkan.

3.3 Prosedur Penelitian

Untuk mengidentifikasi potensi risiko kegagalan dan merumuskan strategi mitigasi yang tepat pada proses produksi tempe, penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan terstruktur. Prosedur penelitian dirancang untuk memastikan bahwa setiap aspek risiko dapat dianalisis secara menyeluruh, mulai dari pengumpulan data di lapangan hingga analisis dan perumusan strategi mitigasi. Adapun langkah-langkah prosedural dalam penelitian ini dijelaskan, sebagai berikut:



Gambar 3.1. Prosedur Penelitian

Sumber: Penulis, 2025

Berdasarkan Gambar 3.1 prosedur penelitian meliputi beberapa langkah berikut:

1) Mulai Penelitian

Tahap awal penelitian yang meliputi perencanaan dan persiapan, seperti penentuan topik, tujuan, metode, serta sumber daya yang dibutuhkan untuk menjalankan penelitian analisis risiko kegagalan dan mitigasi risiko secara sistematis.

2) Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan langsung pada proses produksi atau sistem yang dianalisis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, kondisi operasional, dan faktor-faktor risiko yang ada di lapangan.

3) Studi Literatur

Mengkaji teori, metode, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan analisis risiko kegagalan, seperti metode FMEA dan AHP, untuk memperkuat landasan teori dan metodologi penelitian.

4) Identifikasi Masalah

Mengumpulkan dan merumuskan masalah utama yang berkaitan dengan risiko kegagalan pada proses produksi, termasuk mengidentifikasi jenis kegagalan, penyebab, dan dampaknya terhadap sistem atau produk.

5) Latar Belakang Masalah

Menjelaskan konteks dan alasan pentingnya penelitian dilakukan, sehingga perlu dilakukan analisis risiko dan mitigasi.

6) Rumusan Masalah

Setelah mengetahui data mengenai permasalahan dari hasil observasi lapangan. Kemudian, merumuskan pertanyaan penelitian secara spesifik yang akan dijawab melalui analisis risiko dan mitigasi.

7) Tujuan Penelitian

mengidentifikasi dan menganalisis risiko kegagalan pada proses produksi tempe serta merumuskan strategi mitigasi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko kegagalan dalam proses produksi.

8) Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui beberapa metode, yaitu wawancara, observasi langsung, dan penyebaran kuesioner kepada pihak-pihak terkait dalam proses produksi tempe. Informasi yang diperoleh mencakup alur lengkap proses produksi tempe serta berbagai risiko kegagalan yang mungkin terjadi, mulai dari bahan baku, tahapan produksi, hingga produk jadi. Data tersebut kemudian digunakan sebagai dasar utama dalam melakukan analisis risiko secara menyeluruh.

9) Pengolahan Data

Data yang terkumpul diolah menggunakan metode FMEA untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan penilaian tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi risiko. Selanjutnya, metode AHP digunakan untuk menentukan prioritas strategi mitigasi yang paling efektif berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

10) Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan berdasarkan analisis risiko yang telah dilakukan, serta evaluasi efektivitas strategi mitigasi yang diusulkan. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi praktis yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan untuk mengendalikan risiko kegagalan, meningkatkan kualitas proses produksi, dan meminimalkan potensi kerugian.

3.4 Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian, dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis dan sumbernya. Adapun jenis dan sumber data pada penelitian ini, sebagai berikut:

3.4.1 Data Primer

Data primer dikumpulkan secara langsung dari sumber utama, data primer yang dibutuhkan, meliputi:

A. Data Produksi

Data yang diperoleh langsung dari aktivitas produksi tempe, meliputi:

- 1) Jumlah kedelai yang digunakan dalam periode tertentu.

- 2) Jumlah tempe yang diproduksi dalam periode tertentu.

B. Data Kualitas

Data terkait mutu produk dan cacat yang terjadi, meliputi:

- 1) Jenis kegagalan produk yang terjadi (warna, bau, tekstur, kemasan rusak).
- 2) Penyebab kegagalan yang diidentifikasi (bahan baku, proses, produk jadi).

C. Data Proses

Informasi mengenai tahapan dan pelaksanaan produksi yaitu, deskripsi setiap tahap produksi (pemilihan bahan baku, proses produksi hingga distribusi produk akhir).

D. Data Risiko

Data yang berkaitan dengan potensi kegagalan dan penilaian risiko, meliputi:

- 1) Mode Kegagalan (*Failure Mode*)
Identifikasi cara-cara spesifik kegagalan dapat terjadi pada setiap tahap produksi.
- 2) Penyebab Kegagalan (*Cause of Failure*)
Faktor-faktor utama yang menyebabkan terjadinya kegagalan tersebut.
- 3) Efek Kegagalan (*Effect of Failure*)
Dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut terhadap kualitas produk, keselamatan, atau proses secara keseluruhan.
- 4) Tingkat Keparahan (*Severity/S*)
Skala penilaian yang menunjukkan seberapa serius dampak kegagalan terhadap produk atau proses.
- 5) Tingkat Kemungkinan Terjadi (*Occurrence/O*)
Skala penilaian yang menunjukkan seberapa sering kegagalan tersebut diperkirakan terjadi.
- 6) Tingkat Deteksi (*Detection/D*)
Skala penilaian yang menunjukkan seberapa besar kemungkinan kegagalan dapat terdeteksi sebelum produk sampai ke konsumen.

E. Data Mitigasi

Informasi tentang upaya pengendalian risiko, meliputi:

- 1) Alternatif strategi mitigasi risiko yang mungkin diterapkan.
- 2) Kriteria penilaian strategi mitigasi.
- 3) Bobot dan prioritas strategi mitigasi berdasarkan hasil perbandingan berpasangan.

3.4.2 Data Sekunder

Berasal dari sumber-sumber yang sudah tersedia sebelumnya dan digunakan kembali untuk keperluan penelitian tanpa harus mengumpulkan data dari awal secara langsung. Data tersebut meliputi:

- 1) Hasil penelitian dan studi pustaka terkait yang membahas risiko produksi, metode FMEA, dan AHP sebagai dasar teori dan pembanding.
- 2) Data resmi dari badan statistik pemerintah mengenai produksi kacang kedelai.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini bertujuan untuk mendapatkan informasi yang relevan dan valid. Data yang akurat dan komprehensif dikumpulkan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, memahami penyebabnya, serta menilai dampak dan frekuensi terjadinya. Adapun teknik pengumpulan data penelitian ini, sebagai berikut:

3.5.1 Pengamatan Langsung (Observasi)

Pengamatan langsung atau observasi adalah metode penelitian yang dilakukan dengan mengamati objek secara langsung di lapangan. Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan di Usaha Tempe Q yang berlokasi di Kabupaten Karawang.

3.5.2 Wawancara

Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan menggunakan metode tidak terstruktur atau wawancara bebas. Pendekatan ini diharapkan mampu

menghasilkan data yang lebih kaya dan komprehensif, khususnya terkait kendala yang terjadi dalam proses produksi tempe. Wawancara dilakukan secara langsung dengan pemilik usaha tempe, pengawas produksi serta distributor untuk menggali informasi mendalam mengenai analisis kegagalan yang terjadi selama produksi tempe. Melalui wawancara ini, peneliti dapat memahami pengalaman, pandangan, serta faktor-faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan tersebut, sehingga informasi yang diperoleh dapat menjadi dasar dalam menganalisis dan mencari solusi atas kegagalan produksi.

3.5.3 Dokumentasi

Dokumentasi yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data primer dari lapangan. Proses ini dilakukan dengan mengambil foto-foto yang relevan dan terkait langsung dengan objek penelitian. Foto-foto tersebut bertujuan untuk mengabadikan kondisi, situasi, dan aktivitas yang terjadi di lapangan, sehingga memberikan gambaran visual yang membantu analisis dan pemahaman konteks penelitian.

3.5.4 Kuesioner

Dilakukan dengan menyebarkan instrumen kuesioner kepada para responden yang merupakan pemilik usaha tempe, pengawas produksi serta distributor produk jadi. Kuesioner ini berisi pertanyaan yang mengukur tiga parameter utama FMEA, yaitu *Severity* (tingkat keparahan dampak risiko), *Occurrence* (frekuensi kejadian risiko), dan *Detection* (kemampuan deteksi risiko). Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) setiap risiko, yang selanjutnya diprioritaskan menggunakan metode AHP untuk menentukan strategi mitigasi yang paling efektif dan aplikatif.

A. Penilaian Risiko Prioritas dengan FMEA

1) Penilaian Risiko *Severity* (Tingkat Keparahan)

Dalam analisis risiko kegagalan produksi tempe, penilaian *severity* mengukur seberapa besar tingkat keparahan dampak (*effect*) dari suatu *failure*

mode jika terjadi pada tiga variabel utama, yaitu bahan baku, proses produksi, dan distribusi. Skala penilaian yang dikembangkan menggunakan pendekatan penelitian FMEA berfungsi sebagai dasar pemberian skor untuk setiap tindakan. Tabel berikut memberikan penjelasan tentang skala tersebut:

Tabel 3.1. Skala Untuk *Severity*

Nilai <i>Severity</i>	Kategori Dampak	Deskripsi Dampak
1	Tidak Ada	Tidak ada pengaruh terhadap kualitas, kuantitas, atau kelancaran proses produksi tempe.
2	Sangat Kecil	Gangguan sangat kecil tanpa pengaruh signifikan terhadap kualitas produk dan proses produksi tetap berjalan normal.
3	Kecil	Dampak kecil yang mungkin mulai dirasakan konsumen, namun masih dalam batas toleransi.
4	Sangat Rendah	Penurunan kualitas produk yang mulai terlihat dan dapat mengurangi kepuasan konsumen.
5	Rendah	Dampak signifikan yang mempengaruhi kualitas produk dan menurunkan kepercayaan konsumen.
6	Sedang	Produk tidak memenuhi standar kualitas, berisiko ditolak konsumen dan menimbulkan kerugian.
7	Tinggi	Kegagalan serius yang menyebabkan produk tidak layak jual dan merusak reputasi usaha.
8	Sangat Tinggi	Produksi berhenti total akibat kerusakan alat atau gangguan besar, menyebabkan kehilangan produk dan waktu produksi.
9	Sangat Tinggi (Kritis)	Kegagalan sistem menyebabkan kerugian besar, produk rusak massal, risiko kesehatan konsumen, dan kerugian finansial signifikan.
10	Sangat Tinggi (Berbahaya)	Kegagalan kritis yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen, menyebabkan recall produk dan penutupan usaha.

(Sumber: Penulis, 2025)

2) Penilaian Risiko *Occurrence* (Tingkat Kejadian)

Dalam analisis risiko kegagalan produksi tempe, penilaian *occurrence* menilai seberapa sering penyebab (*cause*) dari *failure mode* tersebut terjadi pada tiga variabel utama, yaitu bahan baku, proses produksi, dan distribusi. Skala penilaian yang dikembangkan menggunakan pendekatan penelitian FMEA berfungsi sebagai dasar pemberian skor untuk setiap tindakan. Tabel berikut memberikan penjelasan tentang skala tersebut:

Tabel 3.2. Skala Untuk *Occurrence*

Nilai <i>Occurrence</i>	Kategori Frekuensi	Deskripsi
1	Sangat Jarang	0 - 10 <i>pack</i> : Kegagalan sangat jarang, hampir tidak pernah terjadi.
2	Sangat Jarang	11 - 20 <i>pack</i> : Kegagalan jarang terjadi.
3	Jarang	21 - 30 <i>pack</i> : Kegagalan terjadi kadang-kadang.
4	Jarang	31 - 40 <i>pack</i> : Kegagalan relatif sering terjadi.
5	Cukup Sering	41 - 50 <i>pack</i> : Kegagalan agak sering.
6	Cukup Sering	51 - 60 <i>pack</i> : Kegagalan sering terjadi.
7	Sering	61 - 70 <i>pack</i> : Kegagalan sangat sering.
8	Sering	71 - 80 <i>pack</i> : Hampir setiap terjadi kegagalan.
9	Sangat Sering	81 - 90 <i>pack</i> : Hampir setiap terjadi kegagalan.
10	Hampir Pasti Terjadi	91 - >100 <i>pack</i> : Kegagalan paling parah, mencapai batas maksimal rata-rata kegagalan per hari.

(Sumber: Penulis, 2025)

3) Penilaian Risiko *Detection* (Tingkat Deteksi)

Dalam analisis risiko kegagalan produksi tempe, penilaian *detection* menilai seberapa besar kemungkinan *failure mode* tersebut dapat dideteksi sebelum menyebabkan dampak negatif pada pelanggan atau sistem. Skala penilaian yang dikembangkan menggunakan pendekatan penelitian FMEA berfungsi sebagai dasar pemberian skor untuk setiap tindakan. Tabel berikut memberikan penjelasan tentang skala tersebut:

Tabel 3.3. Skala Untuk *Detection*

Nilai <i>Detection</i>	Kategori Deteksi	Deskripsi
1	Sangat Mudah Dideteksi	Kegagalan dapat terdeteksi dengan sangat cepat dan akurat sebelum proses lanjut, sehingga risiko dapat segera dikendalikan.
2	Mudah Dideteksi	Kegagalan mudah ditemukan dengan pemeriksaan rutin dan alat pengawasan standar.
3	Cukup Mudah Dideteksi	Kegagalan dapat teridentifikasi dengan pemeriksaan visual atau pengujian sederhana.
4	Sedang	Kegagalan mulai sulit terdeteksi, memerlukan pemeriksaan lebih teliti atau pengujian tambahan.
5	Sedang Sulit Dideteksi	Kegagalan tidak mudah terlihat dan memerlukan prosedur inspeksi khusus atau pengujian laboratorium.
6	Sulit Dideteksi	Kegagalan baru terdeteksi setelah proses produksi berlangsung atau setelah produk selesai.
7	Sangat Sulit Dideteksi	Kegagalan hampir tidak terdeteksi selama proses produksi dan baru diketahui setelah produk sampai ke konsumen.

(Sumber: Penulis, 2025)

Tabel 3.3. Skala Untuk *Detection* (Lanjutan)

Nilai <i>Detection</i>	Kategori Deteksi	Deskripsi
8	Hampir Tidak Terlihat	Kegagalan sangat sulit dideteksi dan hanya diketahui melalui keluhan konsumen atau inspeksi khusus yang jarang dilakukan.
9	Nyaris Tidak Mungkin Dideteksi	Kegagalan hampir tidak mungkin terdeteksi sebelum produk digunakan oleh konsumen, berisiko tinggi menyebabkan kerugian besar.
10	Tidak Terdeteksi Sama Sekali	Kegagalan tidak pernah terdeteksi selama proses produksi dan distribusi, berpotensi menyebabkan bahaya serius dan kerugian besar.

(Sumber: Penulis, 2025)

B. Penilaian Strategi Mitigasi Risiko dengan AHP

Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) menggunakan skala perbandingan berpasangan untuk menilai tingkat kepentingan relatif antar elemen, seperti kriteria atau alternatif, dalam suatu proses pengambilan keputusan. Penilaian ini dilakukan dengan mengisi kuesioner, di mana responden diminta membandingkan dua elemen sekaligus dan memberikan skor berdasarkan tingkat preferensi responden. Dengan cara ini, metode AHP dapat membantu mengidentifikasi prioritas yang paling penting secara sistematis dan terukur.

Tabel 3.4. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan Model Saaty

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen sama pentingnya.
3	Sedikit lebih penting	Salah satu elemen sedikit lebih penting dibandingkan yang lain.
5	Lebih penting	Salah satu elemen lebih penting dibandingkan yang lain.
7	Sangat penting	Salah satu elemen jelas lebih penting dibandingkan yang lain.
9	Mutlak sangat penting	Salah satu elemen mutlak lebih penting dibandingkan yang lain.
2, 4, 6, 8 Resiprokal	Nilai Tengah Nilai kebalikan	Nilai di antara dua tingkat kepentingan yang berdekatan. Jika aktivitas i diberi nilai terhadap aktivitas j, maka j bernilai kebalikannya terhadap i.

(Sumber: Wulandari *et al*, 2022)

3.6 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan serta menentukan strategi mitigasi risiko yang efektif pada proses produksi tempe. Adapun tahap pengolahan data penelitian ini, sebagai berikut:

3.6.1 Analisis Risiko Kegagalan Menggunakan FMEA

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam suatu sistem, proses, atau produk. Berikut adalah tahapan pengolahan data menggunakan metode FMEA pada proses produksi tempe, sebagai berikut:

1. Identifikasi Penyebab Kegagalan Dengan Diagram Sebab Akibat

Analisis penyebab kegagalan menggunakan *Fishbone* Diagram untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan masalah dalam proses produksi tempe. *Fishbone* Diagram membantu mengelompokkan berbagai penyebab kegagalan ke dalam beberapa kategori utama, antara lain:

- a) Bahan Baku (*Material*)
- b) Manusia (*Manpower*)
- c) Lingkungan (*Environment*)
- d) Mesin (*Machine*)
- e) Metode (*Method*)

2. Identifikasi Jenis Kegagalan

Identifikasi jenis kegagalan dalam proses produksi tempe merupakan langkah penting untuk mengetahui jenis risiko apa saja yang sering terjadi dan mempengaruhi kualitas produk akhir. Analisis risiko hanya difokuskan pada tahapan proses produksi tempe di Usaha Tempe Q, mulai dari persiapan bahan baku, proses produksi hingga proses distribusi produk jadi.

3. Penilaian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

Skala penilaian menggunakan angka 1–10:

- a) *Severity* (S): Mengukur tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap proses produksi produk tempe jika kegagalan tersebut terjadi. Skala penilaian dari 1 (dampak ringan) hingga 10 (dampak sangat serius).
- b) *Occurrence* (O): Menilai frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan selama proses produksi tempe. Penilaian ini juga menggunakan skala 1 (sangat jarang terjadi) sampai 10 (sangat sering terjadi).

- c) *Detection* (D): Mengukur kemampuan sistem pengendalian atau inspeksi dalam mendeteksi kegagalan sebelum produk tempe sampai ke konsumen. Skala 1 berarti kegagalan sangat mudah terdeteksi, sedangkan 10 berarti sangat sulit terdeteksi.

4. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dalam metode FMEA dilakukan dengan mengalikan tiga komponen utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). RPN dihitung dengan rumus, sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (3.1)$$

Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan, di mana nilai RPN tinggi menunjukkan risiko kegagalan yang lebih besar dan perlu segera ditangani.

5. Persentase Kumulatif RPN Risiko Kegagalan

Persentase kumulatif dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) diperoleh dengan cara menghitung persentase kontribusi masing-masing nilai RPN terhadap total RPN seluruh mode kegagalan, kemudian mengurutkan dari nilai tertinggi ke terendah dan menjumlahkan secara kumulatif. Rumus untuk menghitung Persentase Kumulatif dari hasil perhitungan RPN adalah sebagai berikut:

- a) Hitung total RPN dari semua jenis kegagalan:

$$Total\ RPN = \sum_{i=1}^n RPN_i \quad (3.2)$$

- b) Hitung persentase kontribusi masing-masing RPN terhadap total RPN:

$$Persentase\ RPN_i = \frac{RPN_i}{Total\ RPN} \times 100\% \quad (3.3)$$

- c) Hitung persentase kumulatif dengan menjumlahkan persentase RPN secara berurutan:

$$Persentase\ Kumulatif_k = \sum_{i=1}^k Persentase\ RPN_i \quad (3.4)$$

Cara ini membantu mengidentifikasi kegagalan yang paling dominan atau kritis dalam proses produksi.

6. Identifikasi Prioritas Dengan Diagram Pareto

Identifikasi prioritas dengan diagram Pareto berdasarkan persentase risiko kegagalan kumulatif dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) bertujuan untuk menentukan kegagalan atau cacat yang paling dominan dan berisiko tinggi dalam proses produksi. Setelah nilai RPN untuk setiap jenis kegagalan dihitung, nilai-nilai tersebut diurutkan dari yang tertinggi ke terendah. Kemudian, persentase kontribusi masing-masing RPN terhadap total RPN dihitung dan dijumlahkan secara kumulatif. Diagram Pareto dibuat dengan menampilkan nilai RPN sebagai batang dan persentase kumulatif sebagai garis, sehingga memudahkan visualisasi. Dengan demikian, diagram Pareto membantu memfokuskan upaya perbaikan pada kegagalan dengan RPN tertinggi yang memberikan dampak terbesar, sehingga tindakan perbaikan menjadi lebih efektif dan efisien.

3.6.2 Penentuan Strategi Mitigasi Risiko Menggunakan AHP

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menentukan prioritas risiko dan strategi mitigasi berdasarkan kriteria yang relevan. Adapun tahapan pengolahan data menggunakan metode AHP pada proses produksi tempe, sebagai berikut:

1. Penentuan Alternatif Strategi Mitigasi

Proses pengumpulan data untuk alternatif strategi dalam tahapan AHP dilakukan melalui studi literatur, wawancara, dan diskusi mendalam dengan para responden. Dengan metode ini, diperoleh beberapa alternatif strategi yang akan digunakan sebagai pilihan dalam memitigasi risiko prioritas.

2. Menyusun Hierarki Masalah

Menstrukturkan alur pengambilan keputusan ke dalam sebuah hirarki yang terdiri dari tiga tingkat, yaitu: tingkat pertama (Level 1) sebagai tujuan utama,

tingkat kedua (Level 2) sebagai penentuan kriteria, dan tingkat ketiga (Level 3) sebagai pemilihan alternatif-alternatif keputusan.

3. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan dalam metode AHP adalah tabel kuadrat yang digunakan untuk membandingkan secara langsung tingkat kepentingan relatif antara setiap pasangan elemen (kriteria atau alternatif) dalam suatu level hirarki keputusan. Setiap elemen dibandingkan dengan elemen lain menggunakan skala numerik dari 1 sampai 9 menurut tingkat kepentingannya.

Kriteria yang telah dihasilkan dari responden pakar pada langkah kedua kemudian disusun dalam matriks persegi dengan memberikan perbandingan. Contoh pada baris ke-I dianggap lebih unggul dibandingkan kriteria pada kolom ke-j apabila nilai elemen (I,j) lebih besar dari 1. Karena penilaian kriteria strategi dilakukan oleh dua orang ahli, hal ini dapat menimbulkan bias pada nilai dalam matriks perbandingan. Oleh sebab itu, diperlukan penghitungan rata-rata untuk mengurangi bias tersebut. Dalam penelitian ini, rata-rata yang digunakan adalah rata-rata geometrik (*Geometric Mean*) yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$GM = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times X_3 \dots X_n} \quad (3.5)$$

dengan,

GM : Geomean (nilai rata-rata geometri untuk pasangan elemen i dan j).

N : Banyaknya Pakar/Responden.

$X_1 \times X_2 \times X_3 \dots X_n$: Bobot penilaian Responden pakar.

Tabel 3.5. Matriks Perbandingan

Kriteria	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria n
Kriteria 1	Kriteria 1-1	Kriteria 1-2	Kriteria 1-n
Kriteria 2	Kriteria 2-1	Kriteria 2-2	Kriteria 2-n
Kriteria n	Kriteria n-1	Kriteria n-2	Kriteria n-n

(Sumber: Yasa *et al*, 2021)

4. Normalisasi Matriks Perbandingan

Normalisasi setiap elemen matriks dengan membagi elemen pada baris i dan kolom j dengan jumlah kolom j . Pada langkah ini, matriks perbandingan dinormalisasi untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria. Proses normalisasi dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.6)$$

dengan,

a_{ij} : Nilai elemen pada baris ke- i , kolom ke- j dalam matriks perbandingan.

$\sum_{i=1}^n a_{ij}$: Jumlah seluruh elemen pada kolom j .

n_{ij} : Nilai hasil normalisasi pada posisi baris ke- i , kolom ke- j .

5. Merhitung Bobot Kriteria

Menentukan bobot relatif tiap elemen dengan menghitung rata-rata dari setiap baris pada matriks normalisasi. Adapun rumus dari bobot prioritas adalah sebagai berikut:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n n_{ij} \quad (3.7)$$

dengan,

w_i : Bobot prioritas elemen ke- i (kriteria atau alternatif).

n_{ij} : Nilai elemen matriks hasil normalisasi pada baris i dan kolom j .

n : Jumlah elemen dalam matriks.

6. Menghitung Consistency

Mengukur sejauh mana penilaian perbandingan berpasangan konsisten dan tidak kontradiktif. Langkah selanjutnya adalah menghitung konsistensi yang terdiri dari *Consistency Index* (CI) dan *Consistency Ratio* (CR) untuk menentukan apakah matriks sudah konsisten atau belum. Hal ini penting agar hasil bobot

prioritas yang diperoleh dapat dipercaya dan keputusan yang dihasilkan valid. Adapun rumus dan langkah perhitungan uji konsistensi, sebagai berikut:

- a) Menghitung nilai λ maks (lambda maks)

Nilai ini adalah nilai eigen terbesar dari matriks perbandingan berpasangan dan dihitung dengan rumus:

$$\lambda_{maks} = \sum_{j=1}^n S_j \times w_j \quad (3.8)$$

Atau

$$\lambda_{maks} = \frac{\text{bobot prioritas}}{n} \quad (3.9)$$

dengan,

$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$: Jumlah elemen pada kolom ke-jj matriks perbandingan.

w_j : Bobot prioritas elemen ke-jj (hasil normalisasi dan rata-rata baris).

n : Jumlah kriteria.

- b) Menghitung *Consistency Index* (CI)

Consistency Index (CI) untuk mengukur tingkat ketidakkonsistenan dalam matriks:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (3.10)$$

dengan,

CI : *Consistency Index*.

λ_{maks} : Nilai Eigen Maksimum matriks perbandingan berpasangan.

n : Jumlah Kriteria/Objek.

- c) Menghitung *Consistency Ratio* (CR)

Consistency Ratio (CR) membandingkan CI dengan nilai indeks acak atau *Random Index* (RI) yang diperoleh dari matriks acak dengan ordo yang sama:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.11)$$

dengan,

CR : *Consistency Ratio*.

CI : *Consistency Index*.

RI : *Random Index*.

Suatu matriks dinyatakan konsisten apabila nilai $CR \leq 10\%$. *Random Indeks* (RI). Nilai RI bergantung pada ukuran matriks dan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.6. Nilai *Random Indeks*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56

(Sumber: Mayola *et al*, 2023)

d) Interpretasi *Consistency Ratio* (CR)

1. Jika $CR \leq 0.10$ (10%), maka tingkat konsistensi dapat diterima dan penilaian dianggap konsisten.
2. Jika $CR > 0.10$, maka penilaian dianggap tidak konsisten dan perlu dilakukan revisi.

7. Perangkingan Alternatif Strategi

Pada tahap ini, dilakukan proses pemberian peringkat pada alternatif strategi untuk menentukan prioritasnya. Prioritas setiap alternatif strategi ditetapkan berdasarkan nilai tertinggi yang diperoleh dari masing-masing kriteria. Tujuan pemilihan strategi prioritas ini adalah untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko.