

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Industri pangan menghadapi tantangan serius dalam menjaga mutu produk selama proses penyimpanan dan distribusi, terutama produk semi basah seperti rendang tempe koro pedang yang rentan terhadap perubahan suhu dan waktu simpan. Penurunan mutu produk ini disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain aktivitas mikroba yang menyebabkan peningkatan total plate count (TPC), penurunan pH, serta perubahan sifat fisik seperti warna, aroma, dan tekstur. Produk rendang tempe koro pedang memiliki kadar air yang relatif tinggi, sehingga mudah menjadi media pertumbuhan mikroorganisme jika penyimpanan tidak dilakukan dengan kondisi optimal (Rahayu, 2025). Selain itu, kandungan khas bahan baku kacang koro pedang, termasuk asam sianida (HCN), menuntut pengolahan dan penyimpanan yang tepat untuk menjamin keamanan dan stabilitas mutu produk (Rahman *et al.*, 2024).

Berbagai penelitian menyatakan bahwa suhu dan durasi penyimpanan merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi umur simpan produk pangan semi basah. Suhu penyimpanan yang tinggi mempercepat pertumbuhan mikroba dan degradasi kimia, sementara waktu simpan yang lama menimbulkan perubahan fisik dan kimiawi yang signifikan, sehingga mutu produk menurun secara drastis (Putra *et al.*, 2023). Batas umur simpan produk rendang tempe koro pedang pada suhu ruang umumnya terbatas hanya beberapa hari hingga satu minggu, namun dapat diperpanjang dengan penerapan teknologi penyimpanan canggih dan pengemasan pintar.

Kemasan konvensional yang hanya memberikan perlindungan fisik tanpa informasi kualitas aktual produk menjadikan produsen dan konsumen tidak mampu secara efektif memantau penurunan mutu produk secara *real time*. Hal ini menimbulkan risiko kerugian

ekonomi karena penjualan produk yang sudah menurun mutunya serta pemborosan pangan yang signifikan (Handayani, 2022). Oleh karena itu, inovasi smart packaging menjadi solusi mutakhir yang mengintegrasikan sensor mutu dengan kemasan produk untuk memberikan informasi kondisi produk secara akurat.

Salah satu komponen utama smart packaging adalah *Time Temperature Indicator*, yang merespon perubahan suhu dan waktu melalui perubahan warna yang dapat diobservasi. Pada penelitian ini, TTI diformulasikan menggunakan polyvinyl alcohol yang diperkaya dengan ekstrak kurkumin, senyawa yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan pH dan aktivitas mikroba. Kurkumin sebagai indikator alami mampu memberikan perubahan warna yang jelas sesuai kondisi fisik dan kimiawi produk sehingga dapat memonitor mutu produk secara tidak destruktif (Rahman *et al.*, 2024).

Perkembangan teknologi digital memungkinkan integrasi TTI dengan sistem berbasis *website* yang dilengkapi kamera untuk membaca warna indikator tersebut. Warna TTI diubah menjadi nilai numerik Delta E ( $\Delta E$ ) sebagai parameter kuantitatif perubahan warna relatif terhadap warna awal. Nilai  $\Delta E$  ini kemudian digunakan dalam *rule based logic* untuk mengkategorikan mutu produk ke dalam tingkat seperti “sangat layak,” “masih layak,” “kurang layak,” dan “tidak layak,” yang selanjutnya mengatur mekanisme *dynamic pricing* otomatis berdasarkan kualitas produk aktual (Hidayat dan Prasetyo, 2025). Pendekatan ini memperbaiki keterbatasan sistem konvensional yang tidak mampu mengaitkan mutu dengan harga secara otomatis dan meningkatkan transparansi dalam transaksi penjualan produk. Sistem yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript agar dapat diakses secara luas melalui perangkat seperti *smartphone* dan laptop, sehingga mendukung fleksibilitas dan kemudahan penggunaan di pasar. Uji penerimaan pengguna menunjukkan respons positif tinggi terhadap efektivitas dan

kemudahan penerapan sistem, menandakan bahwa teknologi ini layak diimplementasikan secara luas pada industri pangan lokal (Susanti dan Handayani, 2022).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring kualitas dan penyesuaian harga otomatis berbasis *smart packaging* dan *website*, skenario penerapan sistem ini di supermarket perlu dipahami sebagai gambaran konsep operasional. Penerapan produk di supermarket, label TTI yang dipasang pada kemasan produk berfungsi sebagai sensor fisik yang merekam perubahan mutu melalui perubahan warna selama distribusi dan penyimpanan hingga mencapai konsumen. Integrasi sistem *website* berbasis pembacaan warna TTI menggunakan kamera memungkinkan pembacaan kondisi mutu secara digital dan *real time* tanpa perlu mengganti label secara terus-menerus pada setiap transaksi produk. *Website* yang dirancang pada penelitian ini berperan sebagai pengolah data warna nilai Delta E dari label TTI untuk menentukan kategori mutu dan menyesuaikan harga produk secara otomatis melalui mekanisme *dynamic pricing*. Dengan demikian, sistem ini memfasilitasi proses monitoring mutu dan penyesuaian harga tanpa tergantung pada penggantian label fisik berulang, karena perubahan warna TTI sudah mencerminkan kondisi produk yang aktual dan dapat diakses kapan saja melalui sistem digital. Hal ini menjawab pertanyaan praktis terkait apakah label perlu diganti setiap kali produk dijual di supermarket. Sistem *website* ini justru mengoptimalkan pemanfaatan satu label TTI untuk seluruh siklus distribusi dan penjualan, karena pembacaan warna dapat dilakukan berulang kali tanpa mengurangi fungsi atau akurasi indikator. Pendekatan ini tidak hanya menghemat biaya dan meminimalkan limbah kemasan, tetapi juga meningkatkan efisiensi monitoring mutu produk di lapangan secara akurat dan transparan.

Hasil uji penerimaan pengguna (*User Acceptance Test*) memberikan skor tinggi pada kategori baik, mengindikasikan bahwa sistem ini layak dan efektif aplikasi nyata di industri pangan.

Dengan menggabungkan teknologi *smart packaging* berbasis TTI dengan sistem *website dynamic pricing* yang terintegrasi dengan sistem kasir supermarket, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan *Smart Food System* dan mendukung konsep industri 4.0. Sistem ini tidak hanya membantu meminimalkan pemborosan makanan akibat kerusakan produk, tetapi juga meningkatkan kepercayaan konsumen melalui transparansi dan keadilan harga berdasarkan mutu produk. Implementasi sistem untuk produk rendang tempe koro pedang sebagai produk pangan tradisional sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi dan inovasi teknologi yang dapat dijadikan model untuk produk sejenis di masa depan (Rahman *et al.*, 2024). Penelitian ini dirangkum dengan judul **“Sistem Monitoring Kualitas dan Penyesuaian Harga Otomatis pada Produk Rendang Tempe Koro Pedang Berbasis Smart Packaging dan Website.”**

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana formulasi terbaik dalam pembuatan label TTI berbasis ekstrak kunyit?
2. Bagaimana mengonversi perubahan warna pada label TTI menjadi data digital melalui pembacaan kamera dan perhitungan nilai RGB serta  $\Delta E$  untuk menentukan status kualitas produk?
3. Bagaimana mengintegrasikan status mutu produk ke dalam sistem *dynamic pricing* berbasis *website* dapat ditentukan secara otomatis sesuai kondisi mutu terkini yang terdeteksi oleh sistem?

### 1.3 Tujuan

1. Mengembangkan label TTI berbasis kurkumin dan PVA untuk menentukan formulasi terbaik berdasarkan respons warna terhadap suhu dan waktu penyimpanan.
2. Mendigitalisasi perubahan warna label TTI melalui ekstraksi nilai RGB dan menghitung jarak warna  $\Delta E$  untuk menentukan status mutu produk.
3. Mengembangkan sistem *dynamic pricing* berbasis *website* yang mampu menyesuaikan harga produk secara otomatis berdasarkan status mutu yang terdeteksi dari perubahan warna label TTI.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem *smart packaging* berbasis label *Time Temperature Indicator* dari PVA dan ekstrak kurkumin yang terintegrasi dengan *website dynamic pricing*. Kajian dibatasi pada analisis perubahan warna label TTI sebagai indikator mutu produk dan penerapan penyesuaian harga otomatis berdasarkan hasil pembacaan data mutu secara digital dan *real time*. Sistem *website* yang dibangun hanya menampilkan penyesuaian harga secara otomatis sebagai bentuk simulasi prototype, sehingga penelitian ini tidak membahas analisis penetapan harga jual atau perhitungan ekonomi secara mendalam.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian memberikan sistem monitoring visual dan digital yang dapat memudahkan produsen dan konsumen dalam mengidentifikasi mutu produk selama proses penyimpanan, distribusi serta menyediakan mekanisme penyesuaian harga otomatis berdasarkan kualitas mutu produk