

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Susu kedelai merupakan salah satu produk olahan yang berbahan baku kedelai. Susu kedelai akhir-akhir ini telah banyak dikenal sebagai susu alternatif pengganti susu sapi. Hal ini dikarenakan susu kedelai memiliki kandungan protein yang cukup tinggi dengan harga relatif lebih murah jika dibandingkan dengan sumber protein lainnya.

Kelemahan susu kedelai adalah tidak tahan lama sehingga gizi dan cita rasa mudah berubah. Susu kedelai yang rusak ditandai dengan berubahnya bau, warna, rasa, atau cairan mengental kemudian pisahnya air dengan endapan sari kedelai. Metode pengawetan susu kedelai yang dilakukan agar susu tidak mudah rusak dan tahan lama yaitu pemanasan susu atau pendinginan. Pengawetan susu dengan metode pemanasan dapat dilakukan dengan pasteurisasi dan sterilisasi (Ratri, 2018).

Susu kedelai membutuhkan sistem distribusi yang harus dijaga suhunya agar tetap dingin. Sistem distribusi ini sering dikenal dengan distribusi rantai dingin (*cold chain*). Perubahan suhu penyimpanan dapat berpengaruh terhadap keamanan dan kualitas produk. Proses pemantauan perubahan suhu secara berkala perlu dilakukan untuk memastikan bahwa produk sudah disimpan pada suhu yang benar dan stabil.

Oleh karena itu perlu adanya suatu indikator yang bersifat *irreversible* yang dapat mengindikasikan perubahan kerusakan susu karena perubahan suhu selama waktu tertentu. Indikator ini dikenal dengan Label *Time Temperature Indicator* (TTI). Penggunaan label ini bertujuan agar dapat mengindikasikan perubahan produk yang dipengaruhi oleh faktor suhu selama distribusi.

Label TTI memanfaatkan sistem difusi, yaitu zat cair akan meresap ke dalam kertas indikator. Zat cair yang dapat digunakan sebagai indikator pada label TTI harus mempunyai viskositas yang stabil serta titik leleh rendah (Khairunnisa, 2018).

Titik leleh rendah merupakan titik kritis karena aplikasi dari label ini nantinya ialah pada produk yang disimpan pada suhu rendah (Kim et al., 2016; Octaviasari, 2014). Salah satu jenis minyak yang memiliki titik leleh rendah adalah minyak jagung yaitu $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Strayer, 2016). Minyak jagung merupakan minyak yang kaya akan asam lemak tidak jenuh, Minyak jagung kaya akan tokoferol (vitamin E) yang berfungsi untuk fungsi stabilitas terhadap ketengikan. Minyak jagung merupakan salah satu jenis minyak dengan karakteristik viskositas dan titik leleh yang rendah. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh pada jagung yaitu asam linoleat dan linolenat. Titik leleh minyak jagung berada pada angka $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan viskositasnya pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ialah 58 cPs (Widyasaputra, 2022).

Dalam melakukan aplikasi pada label ini perlu juga adanya kandungan zat indikator sebagai perwarna alami. Salah satu produk yang dapat memberikan perwarna alami yaitu minyak sawit merah tetapi minyak sawit merah memiliki titik leleh yang tinggi ($20,7^{\circ}\text{C}$) (Ulfah et al., 2016), sehingga kurang sesuai untuk diterapkan sebagai indikator TTI. Namun, minyak ini memiliki karotenoid yang dapat berperan sebagai pewarna alami indikator. Untuk itu perlu dilakukan metode *oil blending* atau pencampuran minyak dengan jenis minyak lain.

Aplikasi label TTI umumnya untuk produk yang mudah rusak serta memerlukan penyimpanan suhu rendah, salah satu contohnya produk susu kedelai pasteurisasi. Proses pasteurisasi susu ($71-75^{\circ}\text{C}$ selama 15 detik) hanya dapat membunuh 95% mikroba, dimana proses ini umumnya mampu membunuh bakteri patogen dan sebagian mikroba pembusuk, termasuk sebagian besar sel vegetatifnya (Arini, 2017).

Proses pertumbuhan suatu mikrobia merupakan suatu proses yang dinamik dan proses kinetika dapat digunakan untuk melihat atau memprediksi produksi biomasa atau produk yang akan dihasilkan. Pertumbuhan suatu mikrobia pada umumnya mengikuti pola fase stasioner (*lag phase*), fase pertumbuhan dipercepat, fase eksponensial, fase pertumbuhan diperlambat dan fase kematian (Pramono, 2003).

Mikroorganisme yang dapat mengkontaminasi susu kedelai adalah koliform, *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, dan kapang. Selain keberadaan mikroorganisme kontaminan, penurunan kualitas susu kedelai juga ditandai dengan meningkatnya jumlah total bakteri yang dihitung berdasarkan metode Angka Lempeng Total (ALT). Dengan perhitungan ALT dapat menunjukkan kualitas, masa simpan/waktu paruh, kontaminasi dan status higienitas pada saat proses produksi. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 7388, 2009) kandungan Angka Lempeng Total (ALT) dalam susu kedelai tidak boleh melebihi 5×10^4 CFU/ml sedangkan untuk bakteri *Bacillus cereus* di dalam susu kedelai tidak boleh lebih dari 1×10^3 CFU/ml karena bakteri *Bacillus cereus* dapat menyebabkan keracunan dari toksin yang dihasilkan, yang ditandai dengan gejala diare, kejang (kram) perut, dan muntah (Siti, 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya terkait label cerdas antara lain adalah penelitian Widiastutik (2018) tentang analisis perubahan warna label indikator (kemasan cerdas) berbasis antosianin daun bayam merah (*Alternanthera amoena Voss.*). Kemudian penelitian Khairunnisa (2018) tentang label *time-temperature indicator* menggunakan campuran minyak nabati untuk memonitor mutu mikrobiologi susu pasteurisasi. Ada juga penelitian Silvia (2021) tentang label cerdas berbasis ekstrak kubis merah (*Brassica oleracea*) sebagai indikator kesegaran filet ikan tuna (*Thunnus sp*) pada suhu 4°C. Berikutnya penelitian Widyasaputra dkk. (2022) mengenai karakteristik viskositas dan titik leleh pada campuran minyak sawit merah dan minyak jagung, lalu dikembangkan lagi dalam penelitian Widyasaputra & Ruswanto (2022) mengenai pengembangan indikator waktu-suhu dari perpaduan minyak sawit merah dan minyak jagung.

Sampai saat ini belum ada penelitian tentang penerapan label cerdas berbahan minyak jagung dan minyak sawit merah untuk indikator kerusakan susu kedelai berbasis pertumbuhan kinetika mikroba. Oleh sebab itu akan dilakukan penelitian yang berjudul “Penerapan Label Berbahan Baku Minyak Jagung dan Minyak Sawit Merah Sebagai Indikator Keamanan Susu Kedelai Berbasis Kinetika Pertumbuhan Mikroba”. Penelitian ini menggunakan dua faktor, yaitu suhu penyimpanan susu kedelai pasteurisasi dan lama penyimpanan susu kedelai pasteurisasi.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah label *Time Temperature Indicator* (TTI) berbahan baku minyak jagung dan minyak sawit merah tersebut dapat mengindikasikan perubahan kualitas susu kedelai pasteurisasi?
2. Berapa ketepatan indikator dalam mengindikasikan perubahan kerusakan susu kedelai berdasarkan permodelan kinetika pertumbuhan mikroba?

C. Tujuan

1. Menganalisa kemampuan indikator *Time Temperature Indicator* (TTI) berbahan baku minyak jagung dan minyak sawit merah dalam mengindikasikan perubahan kualitas susu kedelai pasteurisasi
2. Mengetahui ketepatan indikator dalam mengindikasikan perubahan kerusakan susu kedelai berdasarkan permodelan kinetika pertumbuhan mikroba.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menciptakan inovasi baru dalam pengembangan *smart packaging* susu kedelai pasteurisasi dengan memanfaatkan minyak jagung dan minyak sawit merah.