

# Aplikasi *Time-Temperature Indicator* Berbasis Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) untuk Monitoring Kualitas Susu pada Suhu Ruang (*Application of Time-Temperature Indicator Based on Turmeric extract (Curcuma domestica Val.) for Monitoring Quality of Milk Stored at Room Temperature*)

Dian Thoriqul Fitri, Moch. Amrun Hidayat, Bambang Kuswandi  
Jurusan Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: [diidu.pharmacy@gmail.com](mailto:diidu.pharmacy@gmail.com)

## Abstrak

*Time-Temperature Indicator* (TTI) berbasis kurkuminoid adalah sebuah perangkat analisis untuk mendeteksi kualitas susu. Kurkuminoid adalah pigmen kuning yang diambil dari kunyit, diekstraksi dari rimpang tanaman *Curcuma domestica* Val. TTI dirancang untuk memonitoring kualitas produk susu terutama susu segar yang disimpan pada suhu ruang. Pengembangan TTI terdiri dari dua membrane, yaitu membran indikator dan membran asam asetat. NaOH dan ekstrak kunyit diimmobilisasi bersamaan ke dalam kertas *Whatman* sebagai membran indikator, sedangkan asam asetat diimmobilisasi ke dalam kertas saring sebagai membran asam asetat. Warna membran indikator akan berubah dari merah kecoklatan menjadi kuning akibat uap asam asetat dari membran asam asetat. Perubahan warna TTI diamati secara visual, dan secara kuantitatif diukur menggunakan *imageJ*. Perubahan warna TTI dikorelasikan dengan parameter kualitas susu yaitu pH, bau, dan total mikroba terhitung. Respon TTI berkorelasi dan berbanding lurus dengan kualitas susu pada suhu ruang. Dengan demikian, TTI dapat digunakan untuk memantau kualitas susu yang disimpan pada suhu ruang.

**Kata Kunci:** Kurkuminoid, Parameter Kualitas Susu, TTI.

## Abstract

*Time-Temperature Indicator* (TTI) based on curcuminoid is an analysis device for detecting quality of milk. Curcuminoid is the major yellow pigment from turmeric, extracted from the rhizome of the plant *Curcuma domestica* Val. TTI is intended for monitoring the quality of milk, especially fresh milk stored at room temperature. The developed TTI is consisted of two membranes, namely indicator and acetic acid membranes. Sodium hydroxide solution and turmeric extract were co-immobilized onto *Whatman* filter paper to make indicator membrane, while acetic acid were also immobilized onto filter paper to obtain acetic acid membrane. The color of membrane indicator will change from dark red to yellow due to acidic vapor of acetic acid membrane. Color changes were monitored directly using both visual inspection and quantitative measurement via color image analysis using *ImageJ* software. The color changes were further correlated with milk freshness parameters such as pH, smell, and number of microbial. TTI response was found to correlate proportionally with milk freshness parameters in room temperature. Thus, developed TTI can be applied for monitoring quality of milk in room temperature.

**Key words:** Curcuminoid, Milk freshness, TTI.

## Pendahuluan

Susu adalah bahan pangan yang sangat baik bagi kehidupan manusia karena komposisinya yang ideal mengandung semua zat yang dibutuhkan oleh tubuh [1]. Susu merupakan bagian menu seimbang karena dari setiap mikroliter susu selain terdapat kandungan air, karbohidrat, protein dan lemak, juga mengandung vitamin dan mineral yang lengkap seperti vitamin larut lemak (A, D, E, K), vitamin larut air (B1, B2, B6, B12, niasin, folat, asam pantotenat, C), dan mineral (kalsium, fosfor, magnesium, kalium, zinc, fluoride). Namun, Nilai gizi susu yang tinggi ini menyebabkan susu menjadi medium yang sangat disukai

oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang sehingga susu termasuk dalam daftar bahan makanan yang tidak tahan lama [2]. Mikroorganisme yang berkembang didalam susu selain menyebabkan susu menjadi rusak juga membahayakan kesehatan masyarakat sebagai konsumen akhir [3]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu alat yang dapat mendeteksi penurunan kualitas susu selama masa pengiriman, penyimpanan, hingga sampai ke tangan konsumen. Salah satu alat itu adalah *Time-Temperature Indicator* (TTI). TTI menyediakan suatu rangkuman mengenai sejarah suhu dan waktu secara langsung, umumnya secara visual, yaitu dengan perubahan warna pada TTI. Semakin cepat perubahan warna terjadi,

semakin cepat pula indikator akan mendeteksi akhir dari *shelf life* suatu produk [4].

Pada penelitian ini dikembangkan TTI sebagai sensor penurunan kualitas susu akibat kesalahan suhu penyimpanan. Komponen utama TTI adalah membran indikator yang mengandung ekstrak kunyit dan NaOH yang diimobilisasi ke dalam kertas saring. Selanjutnya membran tersebut dititrasi dengan uap asam asetat dari suatu membran lain dimana asam asetat diimobilisasikan ke dalamnya. Seiring berjalannya waktu, uap asam asetat akan mentitrasi membran indikator sehingga terjadi perubahan warna. Mula-mula TTI berwarna merah kecoklatan dalam suasana basa kemudian berubah menjadi warna kuning dalam suasana asam. Nantinya ketika produk susu sudah tidak segar lagi, diharapkan warna membran telah berubah menjadi kuning.

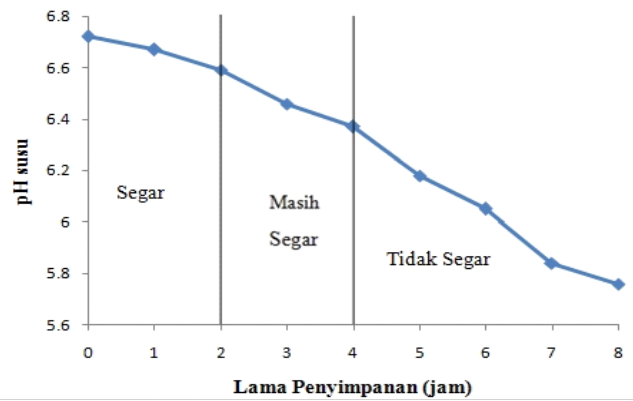
**Metode Penelitian**

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris. Alat-alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, plat tetes, mikropipet, pH meter, timbangan analitik, blister, oven, autoklaf ALP, kamera digital kodak, refrigerator, vial, rotavapour, inkubator clifton, LAF Architech, Spektrofotometri UV-Vis. Bahan-bahan yang digunakan meliputi susu sapi segar “Rembangan”, kertas saring Whatman, ekstrak kunyit, aquadestilata, etanol 96%, NaOH, asam asetat, plastik mika, blister, jarum, isolasi, media agar (PCA/Plate Count Agar).

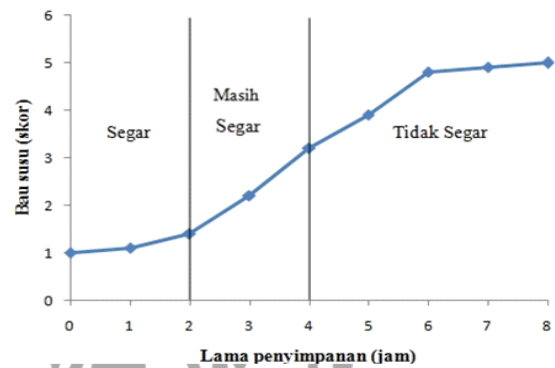
Penelitian ini bersifat identifikasi terhadap perubahan sifat fisik, kimia dan mikrobiologi susu yang disertai dengan perubahan warna TTI. TTI ditempatkan dibagian luar kemasan susu untuk mengetahui kesalahan suhu penyimpanan. Penyimpanan susu sapi pada suhu ruang (25±2°C) lalu dilakukan pengamatan tiap jam selama 8 jam. Pengamatan dilanjutkan dengan analisis pH, bau, dan total mikroba terhitung susu serta korelasinya terhadap sensitivitas perubahan warna TTI. Pengukuran pH susu menggunakan pH meter, pengujian bau dinilai oleh 10 orang panelis, dan uji total mikroba terhitung menggunakan metode Total Plate Count dengan media agar PCA.

**Hasil Penelitian**

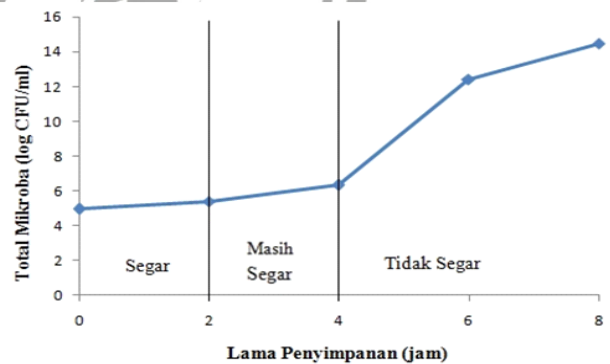
Uji kualitas susu pada suhu ruang (25±2°C) meliputi uji pH, bau dan total mikroba terhitung diamati tiap jamnya selama 8 jam dan hasilnya terlihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1. Perubahan pH susu pada suhu ruang



Gambar 2. Perubahan bau susu pada suhu ruang



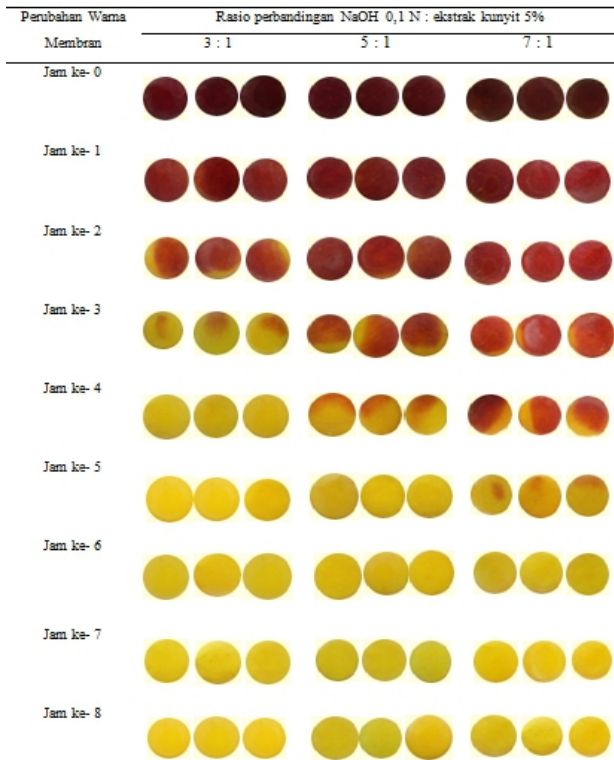
Gambar 3. Jumlah total mikroba terhitung pada suhu ruang

Konsentrasi ekstrak kunyit dan NaOH yang digunakan untuk larutan indikator masing-masing sebesar 5% b/v dan 0,1 N. Dipilih konsentrasi tersebut karena menghasilkan perbedaan warna yang paling jelas dari perubahan warna merah kecoklatan menjadi kuning sehingga mudah dibedakan seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Konsentrasi NaOH (N)	Konsentrasi ekstrak kunyit		
	1% b/v	5% b/v	10% b/v
0,05			
0,1			
0,2			

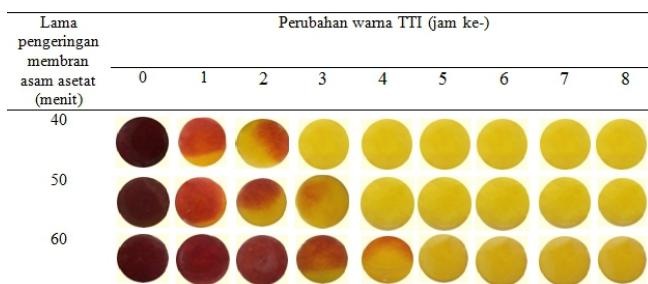
Gambar 4. Perubahan warna membran indikator yang mengandung ekstrak kunyit dan larutan NaOH pada konsentrasi yang berbeda

Perbandingan volume NaOH : ekstrak kunyit yang digunakan adalah 5:1 karena menghasilkan lama perubahan warna TTI dari merah kecoklatan menjadi kuning sesuai dengan penurunan kualitas susu yang rusak pada jam ke-5. Warna kuning menandakan susu sudah tidak segar dan tidak layak untuk dikonsumsi seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan warna TTI pada berbagai perbandingan volume NaOH dan ekstrak kunyit

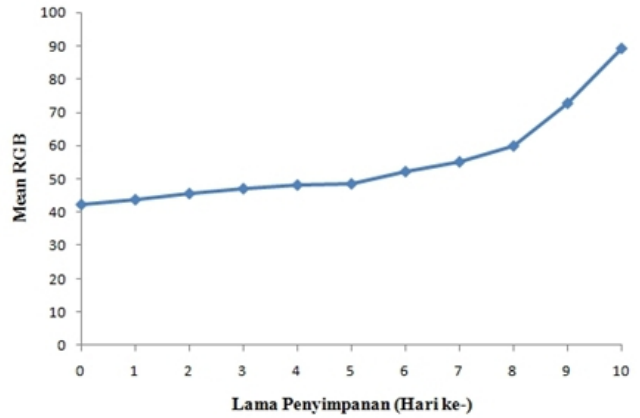
Lama pengeringan membran asam asetat yaitu selama 60 menit pada lemari asam karena mampu mengubah warna membran indikator dari merah kecoklatan menjadi kuning sesuai lama kerusakan susu di suhu ruang yaitu selama 5 jam seperti yang terlihat pada Gambar 6.



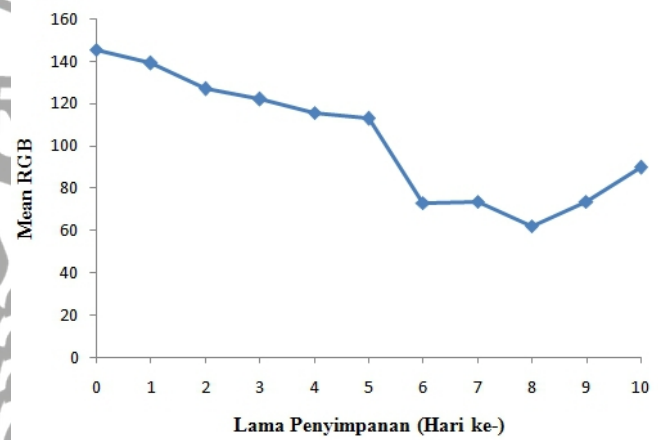
Gambar 6. Perubahan warna membran indikator yang dititrasi dengan membran asam asetat pada berbagai variasi lama pengeringan

TTI berbasis ekstrak kunyit memiliki stabilitas dan waktu pakai pada penyimpanan suhu *chiller* selama 5 hari

seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

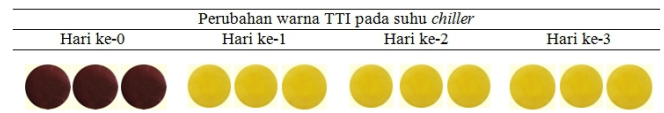


Gambar 7. Stabilitas TTI pada penyimpanan suhu *chiller*



Gambar 8. Waktu pakai TTI setelah mengalami penyimpanan suhu *chiller*

TTI berbasis ekstrak kunyit tidak dapat diaplikasikan untuk memonitor kualitas susu yang disimpan pada suhu *chiller* karena TTI tidak dapat menghasilkan perubahan warna sesuai dengan penurunan kualitas susu. Susu yang disimpan pada suhu *chiller* akan basi selama 5 hari dalam penyimpanan [5], sedangkan TTI memberikan perubahan warna dari merah kecoklatan menjadi kuning hanya berselang 1 hari selama penyimpanan pada suhu *chiller* dimana warna kuning mengindikasikan susu sudah tidak layak untuk dikonsumsi seperti yang terlihat pada Gambar 9.



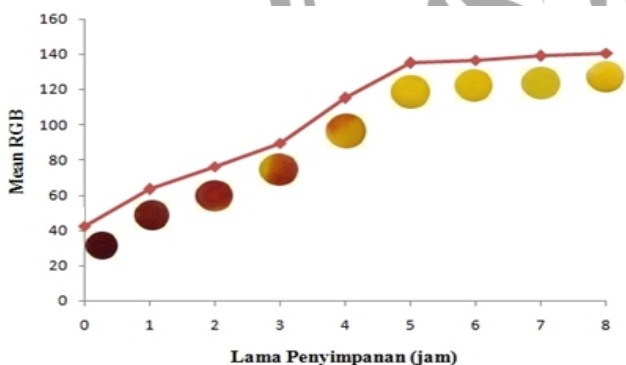
Gambar 9. Perubahan warna TTI pada sampel yang disimpan di suhu *chiller*

### Pembahasan

Pada penelitian ini dikembangkan TTI berbasis ekstrak kunyit sebagai penanda adanya kesalahan suhu penyimpanan antara suhu *chiller* ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) dengan suhu ruang ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Untuk menunjang kinerja dari TTI maka dipilih

bahan utama yang memiliki sifat fisik yang berbeda pada kedua suhu tersebut, yakni asam asetat. Asam asetat merupakan bahan yang mudah menguap pada suhu ruang dan sedikit menguap pada suhu dingin [6]. Pemilihan kurkuminoid sebagai indikator pH karena kurkuminoid memiliki keunikan perubahan warna sesuai pH lingkungan. Pada suasana basa kurkuminoid akan berwarna merah kecoklatan, sedangkan pada suasana asam akan berwarna kuning [7].

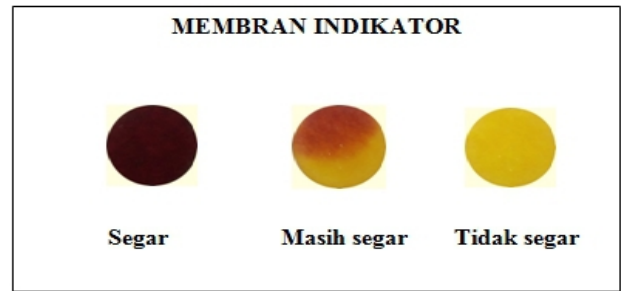
Prinsip dari TTI ialah titrasi asam basa dimana terjadi reaksi antara basa kuat dan asam lemah yaitu NaOH dan asam asetat dengan kurkuminoid sebagai indikator pH-nya. Asam asetat akan mentitrasi NaOH, apabila NaOH telah habis bereaksi maka terjadi perubahan pH lingkungan dari basa menjadi asam akibatnya kelebihan asam asetat akan bereaksi dengan kurkuminoid sehingga kurkuminoid akan memberikan perubahan warna dari merah kecoklatan menjadi kuning. Perubahan warna yang terjadi menandakan bahwa reaksi telah mencapai *endpoint*. Lama waktu titrasi untuk mencapai *endpoint* dikorelasikan dengan penurunan kualitas susu, apabila susu mengalami penurunan kualitas maka reaksi titrasi juga mencapai fase *endpoint* sehingga akan memberikan perubahan warna. Perubahan warna yang terjadi ini digunakan sebagai penanda penurunan kualitas susu akibat kesalahan suhu penyimpanan. TTI berwarna merah kecoklatan menandakan susu dalam keadaan segar, berwarna kuning sebagian saat susu dalam keadaan masih segar, berwarna kuning sempurna menandakan susu sudah tidak segar dan tidak layak untuk dikonsumsi. Adapun perubahan warna dari TTI ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perubahan warna TTI pada sampel yang disimpan di suhu ruang

Penentuan kesegaran susu didasarkan pada pengamatan terhadap nilai pH, bau, dan total mikroba terhitung pada susu. Dari semua uji kualitas susu yang telah dilakukan pada suhu ruang, diperoleh hasil bahwa susu berada pada kondisi segar saat 2 jam pertama, berada pada kondisi masih segar selama 2-4 jam, dan berada pada kondisi tidak segar setelah terpapar suhu ruang lebih dari 4 jam. TTI dirancang sederhana dan mudah dalam penggunaannya yaitu hanya dengan menempelkan TTI pada bagian luar kemasan susu. TTI akan memberikan tanda melalui perubahan warna apabila terjadi penurunan kualitas susu. TTI berwarna merah kecoklatan menandakan susu dalam keadaan segar, berwarna kuning sebagian saat susu dalam keadaan masih segar, berwarna kuning sempurna menandakan susu sudah tidak segar dan tidak layak untuk

dikonsumsi. Perubahan warna TTI dalam mendeteksi penurunan kualitas susu akibat kesalahan suhu penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Desain perubahan warna pada TTI

### Kesimpulan dan Saran

TTI berbasis ekstrak kunyit dapat digunakan sebagai sensor penurunan kualitas susu akibat kesalahan suhu penyimpanan dengan cara menempelkan TTI pada bagian luar kemasan susu. Korelasi antara penurunan kualitas susu akibat kesalahan suhu penyimpanan berbanding lurus dengan perubahan warna TTI. Semakin lama susu disimpan pada suhu ruang, maka kualitas susu akan semakin buruk dan TTI akan memberikan tanda melalui perubahan warna dari merah kecoklatan menjadi kuning.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menghasilkan TTI dengan stabilitas dan waktu pakai yang lebih lama dan stabilitas yang baik pada suhu dingin ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), suhu sejuk ( $6-23^{\circ}\text{C}$ ), maupun suhu ruang ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ).

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Chemo & Biosensors Group* Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan bantuan dana dan fasilitas dalam penyelesaian penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Rahman, A.W. 2007. "Hubungan Tingkat Mastitis dengan Kualitas Susu Berdasarkan Uji Reduktase". Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- [2] Saleh, E. 2004a. *Dasar Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak*. Medan: USU Digital Library.
- [3] Saeful, A. N. 2012. "Pengaruh Variasi Produk dan Kemasan terhadap Proses Keputusan Pembelian". Skripsi. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [4] Haarer, D., Gueta-neyroud, T., dan Salman, H. 2011. *Time Temperature Indicator*. USA: United States Patent Application.
- [5] Fisher, L., dan Medeiros, L. 2010. *Refrigerator Storage*. Athens: The Ohio State University
- [6] Pratiwi, K. 2010. "Pra-rancangan Pabrik Amil Asetat dari Amil Alkohol dan Asam Asetat Kapasitas 40.150 Ton Per Tahun". Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- [7] Wang, Y. J., Pan, M. H., Cheng, A. L., Lin, L. I., Ho, Y. S., Hsieh, C. Y., dan Lin, J. K. 1997. Stability of Curcumin in Buffer Solutions and Characterization of Its Degradation Products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. Vol.15: 1867 – 1876.

