

MODEL ASOSIASI PERUBAHAN WARNA PADA INDIKATOR KEMASAN CERDAS DAN PERUBAHAN MUTU PRODUK SUSU

AN ASSOCIATION MODEL OF THE COLOUR INDICATOR CHANGING FOR SMART PACKAGING AND DIARY PRODUCT QUALITY

Elfa Susanti Thamrin, Endang Warsiki, dan Taufik Djatna*)

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, PO Box 220, Bogor 16680, Indonesia
E-mail: taufik.djatna@gmail.com

Makalah: Diterima 10 Maret 2015; Diperbaiki 7 April 2016; Disetujui 20 April 2016

ABSTRACT

Colour based indicator for smart packaging is important for customers to get real fresh product and minimize the risk dealing with expiry storage. Currently, there is no exact model to relate these gradual colour changes with what extend of quality rate. Thus in this paper, it proposed a model based on association rules mining to generate relationship of smart packaging colour indicator and the quality of pasteurized milk packaged on the plastic bottle. The objectives of this research were to identify association parameters and to develop an association model of discoloration of smart packaging indicator on natural dyes to the quality changes. For a complete solution, the association model was effective to predict the status of smart packaging by applying the apriory algorithm from a combination of items. This research showed applicability from the association parameters which were obtained from previous research. Furthermore, this research generated top 10 rules out of 77 significant association rules which effectively outlined the quality to discoloration relationship and had strong relationship. Hence, these rules directly were applicable for the implementation of natural dyes to construct a smart packaging indicator.

Keywords: smart packaging, association rules mining, color change, quality change

ABSTRAK

Indikator berbasis warna untuk kemasan cerdas adalah hal yang penting bagi pelanggan untuk mendapatkan produk yang segar dan meminimalkan risiko yang berurusan dengan penyimpanan kadaluwarsa. Saat ini, tidak ada model yang tepat untuk menghubungkan perubahan warna dan memperpanjang laju kualitas. Jadi dalam makalah ini, diusulkan sebuah model berdasarkan aturan asosiasi untuk menghasilkan hubungan indikator warna kemasan cerdas dan kualitas susu pasteurisasi yang dikemas di botol plastik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi parameter asosiasi dan mengembangkan model asosiasi perubahan warna indikator kemasan cerdas pada pewarna alami untuk perubahan kualitas. Untuk menjawab permasalahan diatas, pemodelan asosiasi dengan menerapkan algoritme apriori dari kombinasi item. Penelitian ini menunjukkan parameter asosiasi yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Selain itu, penelitian ini menghasilkan 10 aturan teratas dari 77 aturan asosiasi yang signifikan yang efektif menguraikan hubungan perubahan warna dan kualitas dan memiliki hubungan yang kuat. Oleh karena itu aturan ini secara langsung dapat diterapkan pada kemasan cerdas yang mengimplementasikan pewarna alami.

Kata kunci: kemasan cerdas, kaidah aturan asosiasi, perubahan warna, perubahan kualitas

PENDAHULUAN

Kemasan cerdas merupakan suatu inovasi dalam bidang kemasan yang dapat memantau dan memberikan informasi kepada produsen dan konsumen perihal kualitas produk yang dikemas. Kemasan cerdas memiliki indikator yang ditempel di dalam atau di luar kemasan, yang mampu memberikan informasi tentang keadaan kemasan dan atau kualitas makanan didalamnya (Robetson, 2006). Metode TTI (*Time Temperature Indicator*) merupakan salah satu pengembangan kemasan cerdas yang merupakan label indikator yang dapat mencatat sejarah waktu dan suhu dari suatu produk yang dikemas selama distribusi dan penyimpanan.

Label indikator dapat memonitor perubahan kualitas produk dengan melihat terjadinya perubahan warna dari label (Wanihsuksombat *et al.*, 2010).

Indikator suhu dan waktu telah diterapkan untuk mencerminkan paparan suhu dingin dan beku pada produk makanan seperti produk kelautan (Hasnedi *et al.*, 2010), produk hortikultura (Warsiki dan Putri, 2012), produk susu (Nofrida *et al.*, 2013), produk unggas dan daging (Vaikousi *et al.*, 2009). Selain itu TTI juga diterapkan pada produk dengan proses pasteurisasi dan sterilisasi serta untuk memperkirakan umur simpan produk makanan (Wanihsuksombat *et al.*, 2010).

Di Indonesia sudah ada beberapa kajian mengenai label indikator untuk memonitor sejarah

suhu dari produk. Warsiki dan Putri (2012) melakukan pembuatan film indikator dengan menggunakan pewarna alami dan pewarna sintetik dengan pengukuran parameter perubahan warna label meliputi perhitungan nilai ΔE dan nilai $^{\circ}\text{hue}$ dan selanjutnya label ini diaplikasikan pada buah nanas potong dengan melihat parameter perubahan mutu meliputi nilai kadar air, nilai kadar vitamin C, nilai total asam, nilai pH dan susut bobot produk.

Selain itu, Nofrida (2013) melakukan pengembangan kemasan cerdas dengan pewarna alami untuk produk susu pasteurisasi, peneliti melakukan analisa terhadap perubahan warna meliputi parameter nilai ΔE dan nilai $^{\circ}\text{hue}$, sedangkan parameter perubahan susu meliputi tingkat hedonik konsumen dan total mikroba pada susu pasteurisasi. Dari kedua penelitian ini menggunakan indikator warna untuk mengetahui perubahan mutu produk yang dikemas dengan terjadinya proses degradasi warna pada label indikator. Perubahan warna sejalan dengan terjadinya perubahan mutu produk selama masa penyimpanan. Namun, penelitian ini membutuhkan waktu dan biaya yang besar untuk mendapatkan perubahan warna label dan perubahan kualitas produk. Sehingga, dibutuhkan sebuah model yang bisa digunakan untuk memprediksi terjadinya perubahan kualitas produk yang dikemas dengan label indikator kemasan cerdas.

Untuk menjawab permasalahan diatas maka artikel ini berfokus pada pemodelan kinetika perubahan warna label indikator kemasan cerdas dan perubahan mutu produk susu yang dikemas dan menilai hubungan antara keduanya sehingga didapat kemasan cerdas yang sesuai dengan parameter mutu produk susu. Dari sisi disiplin ilmu komputasi ada beberapa teknik *mining* atau penemuan pengetahuan yang bisa dipakai untuk menemukan kaidah atau *Rule* yang tersembunyi dalam data dan informasi yang dihadapi, misalnya *Rought set Theory*, *Decision Tree* ataupun teknik kecerdasan komputasi lainnya. Salah satu teknik yang dapat secara efektif digunakan untuk menghubungkan suatu kombinasi fakta adalah dengan menerapkan algoritme apriori. Algoritme apriori merupakan salah satu teknik dalam *data mining* untuk pengambilan data dengan menggunakan aturan hubungan asosiatif (*Association rules*) dari suatu kombinasi item.

Association rules mining (ARM) biasa disebut juga dengan istilah analisa keranjang belanja (*market basket analysis*) berkaitan dengan penggunaan *association rules mining* membantu produsen atau retailer mengambil pola aturan bisnis dengan menganalisa perilaku konsumen dalam membeli produk secara spesifik dan bersamaan dalam satu transaksi. Mekanisme dalam *association rules* dengan melakukan perhitungan nilai *support*, *confidence*, *lift* dan *bond* dari hubungan item. Jika nilai *support* lebih besar dari *minimum support* dan nilai *confidence* lebih besar dari *minimum*

confidence maka dapat ditentukan sebuah asosiasi kaidah dari kombinasi item (Yin *et al.*, 2011).

Tantangan dalam penelitian ini yaitu menemukan hubungan sebab akibat antara perubahan warna label indikator, dengan parameter nilai ΔE dan nilai $^{\circ}\text{hue}$ yang telah didapat dari penelitian sebelumnya, dan perubahan mutu produk yang dikemas dengan parameter-parameter yang telah dianalisis oleh peneliti sebelumnya dan mengklasifikasikan hubungan sebab akibat tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi parameter asosiasi dan mengembangkan model asosiasi perubahan warna dan perubahan mutu pada indikator kerusakan mutu produk dengan pewarna alami.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Departemen Teknologi Industri Pertanian menggunakan perangkat lunak spreadsheet pada PC Notebook berprocessor core-i5 4 GByte RAM.

Kerangka Pemikiran

Tahapan penelitian diawali dengan mengidentifikasi parameter yang digunakan dalam analisis asosiasi dengan mengumpulkan data sekunder dari penelitian sebelumnya, kemudian menganalisa asosiasi untuk melihat pola hubungan antara perubahan warna dan perubahan mutu.

Identifikasi Parameter Asosiasi

Pengumpulan data diperoleh dari studi literatur dan dari penelitian sebelumnya meliputi parameter perubahan warna, parameter perubahan mutu produk, dan perubahan warna dari label indikator, serta waktu dan suhu penyimpanan produk.

Selanjutnya dilakukan *pre-processing* jika terdapat masalah pada data yang didapat, seperti berbagai jenis data dan data dengan dimensi berbeda. Salah satu metode dalam *pre-processing* adalah dengan melakukan diskretisasi nilai pada batasan tetap. Setelah itu, data yang telah didiskretisasi diukur pemunculannya (ada atau tidak) dalam tabel biner.

Analisis Asosiasi Perubahan Warna

Analisis asosiasi untuk mendapatkan pola hubungan antara perubahan warna dan perubahan mutu. Analisis asosiasi dilakukan dalam 2 tahapan yaitu melakukan perhitungan untuk menemukan *frequent item set* dan mengukur *bond* dari kombinasi *item*, setelah itu menetapkan aturan asosiasi (*association rules*) dari sekumpulan *frequent itemsets*.

Dalam menganalisis pola frekuensi tinggi dengan menuliskan data yang diperoleh dalam sebuah tabel dan melakukan perhitungan dari

masing-masing atribut pada tabel biner. Kemudian untuk menentukan aturan, pengkombinasian *itemsets* dengan vektor data **X** sebagai bagian *antecedent* dan vektor data **Y** sebagai bagian *consequent* dengan kombinasi yang dimulai dari 2-*itemsets*, 3-*itemsets*, dan seterusnya. Mekanisme kombinasi k-itemset ini dikendalikan mengikuti algoritme apriori ARM. Algoritme apriori dibentuk dari kandidat *itemsets*, kemudian dibentuk menjadi sekumpulan *itemsets*. Pembentukan sekumpulan *itemsets* dengan melakukan pencarian semua kombinasi *item* yang memiliki nilai *support* lebih besar dari *minimum support* (Agrawal dan Srikant, 1994). Meskipun akan ada banyak *rules* yang didapat, biasanya lebih dari 80% aturan akan dibuang atau dieliminasi yang tidak memenuhi *minimum support* dan *minimum confidence* (Prasetyo, 2012).

Pengukuran *Association rule* dari dataset meliputi:

Menghitung Nilai Support

Nilai *support* merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa besar kemungkinan kombinasi antara *item* A dan B dari seluruh database (Yin et al., 2011).

$$Support(A, B) = \frac{P(A \wedge B)}{\Sigma n} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana $P(A \wedge B)$ adalah peluang pemunculan kombinasi A dan B, dan Σn adalah total baris atau jumlah *record* dari keseluruhan dataset yang dipakai.

Menghitung Nilai Confidence

Tahapan selanjutnya dalam analisa asosiasi yaitu pembentukan aturan asosiasi (*association rules*) dengan cara menghitung nilai *confidence* yaitu ukuran kuatnya hubungan antar item dalam sebuah aturan asosiasi. *Confidence* dihitung dari masing-masing kombinasi dengan *frequent itemsets* yang memenuhi batas minimum (*threshold*).

$$Confidence = P(A|B) = \frac{P(A \wedge B)}{Conjunctive(A)} \times 100\% \dots \dots (2)$$

Dimana $P(A \wedge B)$ jumlah peluang munculnya kombinasi A and B, dan *Conjunctive (A)* jumlah kombinasi yang mengandung A.

Menghitung Nilai Lift

Nilai *improvement* merupakan ukuran yang menyatakan besarnya kemungkinan dua *item* yang muncul secara bersamaan, nilai *improvement* > 1 (Geng dan Hamilton, 2006). Nilai *Support (A)* dan *Support (B)* masing masing adalah peluang kombinasi itemset A dan kombinasi itemset B.

$$Lift(A, B) = \frac{Support(A, B)}{Support(A) \times Support(B)} \dots \dots \dots (3)$$

Menghitung Nilai Bond

Nilai *bond* menyatakan perbandingan antara *conjunctive support* (yaitu jumlah frekuensi

kombinasi *item* A dan B) dan *disjunctive support* (yaitu jumlah frekuensi *item* A atau B yang muncul) (Youneset al., 2010).

$$Bond(AB) = \frac{\Sigma(A \wedge B)}{\Sigma(A \vee B)} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Dimana $\Sigma(A \wedge B)$ adalah jumlah kombinasi *item* A dan B (*conjunctive*) dan $\Sigma(A \vee B)$ adalah jumlah frekuensi item A atau B yang muncul (*disjunctive*).

Menentukan Top-10 Aturan Asosiasi

Frequent itemsets yang tidak memenuhi *minimum confidence* akan dieliminasi untuk mendapat batas nilai terkecil yang masih bisa diterima (*threshold*). Setelah itu menentukan sepuluh aturan asosiasi paling atas (*Top-10 Ranking*) berdasarkan nilai terbesar dari hasil perhitungan di bawah ini (Sari, 2013):

$$Top\ 10\ Ranking = Nilai\ Support \times Nilai\ Confidence \dots (5)$$

Langkah akhir dengan merumuskan aturan asosiasi ke dalam model matematik.

$$R_n = \{A_1^n\} \rightarrow \{Y^n\} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana R_n adalah *rule* ke-n, A_1^n adalah bagian *antecedent* dan Y^n adalah bagian *consequent* pada aturan asosiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Parameter

Data diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nofrida (2013). Data yang digunakan berupa data penyimpanan produk susudengan kemasan cerdas dari daun erpa pada suhu $3 \pm 2^\circ C$ yang disimpan dalam refrigerator selama 12 hari. Hal ini dikarenakan penyimpanan pada suhu tersebut merupakan perlakuan terbaik dari 4 jenis perlakuan (penyimpanan suhu freezer, suhu refrigerator, suhu ruang, dan suhu luar dengan paparan cahaya). Peneliti melakukan pengamatan nilai $^{\circ}Hue$, nilai L^* , nilai a^* , nilai b^* , nilai kesukaan panelis terhadap produk dan total koloni produk sejak hari ke-0 penyimpanan. Nilai L^* merupakan nilai *lightness* atau tingkat kecerahan warna, nilai a^* dan nilai b^* masing-masing merupakan parameter input konstanta spesifik yang dipakai pada persamaan (7) untuk mendapat nilai ΔE . Data ini yang kemudian dijadikan sumber informasi sekunder pada penelitian ini. Menurut Wanihsuksombat et al. (2010) untuk mendapatkan nilai ΔE , dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2] \dots \dots \dots (7)$$

Pada Tabel 1, data didiskretisasi menggunakan batasan tertentu untuk mengklasifikasikan data °Hue, nilai ΔE, nilai kesukaan konsumen dan total koloni menjadi nilai nominal. Hal ini untuk memudahkan peneliti mengasosiasikan masing-masing itemsets. Kemudian, data yang sudah didiskretisasi dimasukkan ke dalam tabel biner dan menggunakan bilangan biner “1” jika ada data pada item sets dan “0” jika tidak ada data dan dihitung nilai *support* dari masing-masing itemset.

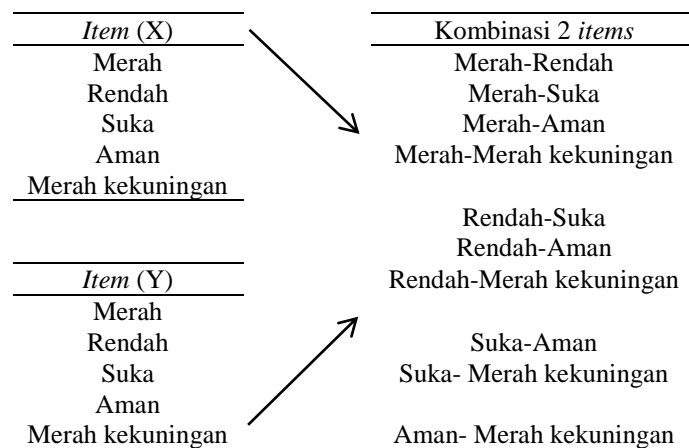
Setelah itu, data dalam tabel biner dikembangkan model hubungan antara perubahan warna indikator kemasan cerdas dengan perubahan kualitas mutu produk susu dengan menggunakan metode algoritme apriori ARM.

Model Kaidah Asosiasi

Setelah ditentukan nilai *support* dari masing-masing itemset yang memenuhi minimum *support*, semua kombinasi yang mungkin antara masing-masing itemsets disusun berdasarkan algoritme frequent itemset seperti ilustrasi pada Gambar 2. Misalnya *Item* °Hue “merah” berkombinasi dengan nilai ΔE “rendah”, nilai kesukaan “suka”, total koloni “aman”, dan warna indikator “merah kekuningan” dan begitu seterusnya. Pertama, dikombinasi 2-itemsets dan didapat 67 *rules* yang terbentuk dari 13 itemsets pada table biner. Kombinasi *itemsets* dimasukkan ke

dalam data tabular dan dihitung nilai *support* (persamaan 1).

Jika nilai *support* ≤ 20%, maka kombinasi tersebut akan dieliminasi. Dari 77 kombinasi yang ditemukan, dieliminasi berdasarkan algoritme apriori menjadi 29 kombinasi di mana nilai *confidence* didapat menggunakan Persamaan 2. Tujuan penetapan minimum *support* dan minimum *confidence* adalah untuk mengeliminasi *rules* yang tidak penting. Menurut Niu dan Chen (2013), aturan asosiasi dibentuk dengan menemukan aturan asosiasi yang memiliki nilai *support* lebih besar atau sama dengan batasan *minimum support* (minSupp) dan *confidence* lebih besar atau sama dengan *threshold minimum confidence* (minConf). Banyaknya *rules* memberikan banyak kemungkinan pola-pola yang muncul dalam database. Tidak semua *rules* diinterpretasikan, *rules* yang diinterpretasi hanya *rules* yang memiliki nilai *lift*>1. Nilai *lift* diperoleh dari Persamaan 3 yang menunjukkan adanya tingkat kekuatan *rule* atas kejadian acak dari *antecedent* dan *consequent* berdasarkan pada nilai *support* masing-masing. Tahapan selanjutnya, dihitung nilai *conjunctive* dan *disjunctive* dari masing-masing kombinasi. Perhitungan nilai *conjunctive* dan *disjunctive* untuk menghitung nilai *bond* (persamaan 4). Nilai *conjunctive* adalah nilai kemungkinan munculnya A dan B pada waktu yang bersamaan, dan nilai *disjunctive* adalah nilai kemungkinan munculnya A atau B pada masing-masing kombinasi.



Gambar 2. Proses kombinasi 2 *items*

Tabel 2. Kombinasi 5-itemsets

No	Rules Kombinasi 5 itemsets	Support	Conf	Lift	Conj	Disjunc	Bond
1	{ °Hue= merah, ΔE= rendah, hedonik= suka, koloni= aman } → { warna indikator = merah }	30,76	100	0,032	4	10	40
2	{ °Hue= merah kekuningan, ΔE= medium, hedonik= suka, koloni= aman } → { warna indikator = merah kekuningan }	30,76	100	0,021	4	10	40
3	{ °Hue= kuning, ΔE= tinggi, hedonik= tidak suka, koloni= terkontaminasi } → { warna indikator = kuning }	23,07	100	0,043	3	4	75

Setelah didapat *rules* yang telah dieliminasi kemudian dilanjutkan dengan kombinasi 3 itemsets. Pada kombinasi 3 itemsets terdapat 30 *rules* terbentuk dan semua *rules* memenuhi *threshold* dengan *minsupp* $\geq 20\%$ dan 1 *rule* tidak memenuhi *minbond* $\geq 20\%$. Dari *rules* yang terbentuk dikombinasi menjadi kombinasi 4-itemsets sebanyak 15 *rules* dan semua memenuhi *threshold minsupp* dan *minbond*. Sehingga, dari 15 *rules* tersebut menghasilkan 3 kombinasi 5 itemsets yang memenuhi *threshold* (Tabel 2).

Hasil penelitian ini untuk mendapatkan hubungan antara terjadinya perubahan warna kemasan cerdas dengan perubahan mutu produk susu dan didapatkan 3 *rules* (5 kombinasi parameter) dengan *lift* $> 1\%$ dan *confidence* $\geq 80\%$. Pada tabel 2, salah satu *rules* yang terbentuk yaitu “{^oHue= merah, ΔE = rendah, hedonik= suka, koloni= aman} \rightarrow { warna indikator = merah } dengan *support* 30,7% (terdapat 30,7% frekuensi terjadinya hubungan antara keduanya dari seluruh percobaan), *bond* 40% (terdapat 40% frekuensi bersama dari terjadinya hubungan keduanya), *confidence* 100% (100% kemungkinan warna indikator merah apabila nilai ^oHue merah, nilai ΔE rendah, konsumen suka, dan aman dari kontaminasi) dan *lift* $> 1\%$ menunjukkan terjadinya perubahan warna dan perubahan mutu berkorelasi positif (*rules* tersebut dapat digunakan). Interpretasi dari *rule* tersebut adalah “Jika perubahan mutu dengan nilai ^oHue merah, nilai ΔE rendah, konsumen suka dengan produk dan produk aman dari kontaminasi maka warna indikator kemasan cerdas merah”. Dengan *rule* ini dapat dijadikan dasar

untuk menetapkan terjadinya perubahan warna pada indikator kemasan cerdas dengan parameter perubahan mutu produk yang terjadi karena *rules* ini memiliki hubungan. *Rules* yang memenuhi *threshold minimum support* dan *minimum confidence* adalah *rules* yang kuat (Raorane et al., 2012).

Association rules dibentuk dengan menghitung nilai *lift* pada kombinasi 5 itemsets dan kemudian nilai *support* dikalikan dengan nilai *confidence* (persamaan 5) untuk mengurutkan *association rules* yang terbentuk dengan nilai pengkalian tertinggi. Pemilihan top-10 *association rules* untuk memunculkan hasil mayoritas dari keseluruhan data dan *rules* sering muncul pada data penelitian. Keseluruhan *rules* yang didapat ditunjukkan pada Tabel 3. Terdapat 77 *rules* yang memenuhi *threshold* dan memiliki hubungan antara bagian *antecedent* dan *consequent*.

Tabel 7 menunjukkan peringkat top-10 aturan asosiasi yang diinterpretasikan sebagai berikut. Sebagai contoh dari *rules* yang diinterpretasikan pada matriks top 10 *association rules*, *rule* yang kedelapan menunjukkan: ^oHue. Merah kekuningan, ΔE . Medium, Total Koloni. Aman \rightarrow Warna indikator. Merah kekuningan, bearti bahwa jika ^oHue menunjukkan merah kekuningan pada kromatografik, nilai ΔE medium dan produk aman dari kontaminasi koloni maka warna indikator dari label cerdas berwarna merah kekuningan. *Rules* yang didapat dapat melihat asosiasi antara perubahan warna indikator kemasan cerdas dan kualitas produk yang memiliki hubungan yang kuat dan sering muncul di dalam data penelitian.

Tabel 3. *Association Rules*

No	Rules	Supp	Conf	Supp x Conf
1	{Hedonik=suka} \rightarrow {koloni=aman}	69,23	100	69,23
2	{ ^o Hue = merah kekuningan, koloni=aman} \rightarrow { warna indikator = merah kekuningan }	46,15	100	46,15
3	{ ^o Hue = merah kekuningan} \rightarrow {koloni = aman}	46,15	100	46,15
4	{ ^o Hue = merah kekuningan} \rightarrow { warna indikator = merah kekuningan }	46,15	100	46,15
5	{ ΔE = rendah, hedonik = suka} \rightarrow { koloni = aman }	38,46	100	38,46
6	{ ΔE = rendah} \rightarrow {hedonik = suka}	38,46	100	38,46
7	{ ΔE = rendah} \rightarrow {koloni = aman}	38,46	100	38,46
8	{ ^o Hue = merah kekuningan, ΔE = medium, koloni = aman } \rightarrow { warna indikator = merah kekuningan }	38,46	100	38,46
9	{ ^o Hue = merah kekuningan, hedonik = suka, koloni = aman } \rightarrow { warna indikator = merah kekuningan }	38,46	100	38,46
10	{ ^o Hue = merah kekuningan, ΔE = medium} \rightarrow {koloni = aman}	38,46	100	38,46
.....
.....
.....
75	{hedonik = suka} \rightarrow { warna indikator = merah }	30,77	44,44	13,68
76	{koloni = aman } \rightarrow { warna indikator = merah }	30,77	40	12,31
77	{koloni = terkontaminasi } \rightarrow { warna indikator = kuning }	23,08	13	3

Tabel 7. Matriks top-10 ranking association rules

	<i>Antecedent</i>			<i>Consequent</i>		
	$^{\circ}\text{Hue}$	ΔE	Nilai Kesukaan Total Koloni	Nilai Kesukaan	Total Koloni	Warna Indikator
JIKA			Suka		Aman	
	Merah kekuningan					Merah kekuningan
	Merah kekuningan				Aman	
	Merah kekuningan					Merah kekuningan
		Rendah	Suka		Aman	
		Rendah				
		Rendah				
	Merah kekuningan	Medium		Aman		Merah kekuningan
Merah kekuningan		Suka	Aman		Merah kekuningan	
Merah kekuningan	Medium			Aman		

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perubahan warna indikator kemasan cerdas yang terdiri atas $^{\circ}\text{Hue}$, nilai ΔE , perubahan warna indikator, dan parameter perubahan mutu produk meliputi nilai uji organoleptik dan total koloni produk. Model kaidah asosiasi menghasilkan sebuah pengetahuan baru yang sebelumnya tidak ada dan memperoleh aturan asosiasi dengan mengkombinasi hubungan antara perubahan warna dengan perubahan mutu menggunakan analisa asosiasi kombinasi hingga 5-itemsets. Metode ini memperoleh 77 rules dan dipilih 10 rules teratas yang memiliki hubungan yang kuat antara perubahan warna indikator dan kualitas produk. Salah satu model asosiasi yang didapat dari analisa asosiasi dengan metode ARM yaitu $\{^{\circ}\text{Hue} = \text{merah}, \Delta E = \text{rendah}, \text{hedonik} = \text{suka}, \text{koloni} = \text{aman}\} \rightarrow \{\text{warna indikator} = \text{merah}\}$, dimana interpretasi dari model tersebut yaitu jika $^{\circ}\text{Hue}$ pada kemasan cerdas menunjukkan warna merah pada kromatograf, nilai ΔE rendah, panelis atau konsumen suka dengan produk dan produk aman dari kontaminasi sehingga masih baik untuk dikonsumsi maka indikator kemasan cerdas berwarna merah.

Saran

Pengembangan model asosiasi perubahan warna indikator pada kemasan cerdas dan perubahan mutu hanya pada produk susu, Perlu pengembangan model asosiasi pada beberapa jenis produk pangan yang berbeda sehingga dapat memudahkan peneliti selanjutnya dalam memprediksi kualitas produk pangan secara umum sehingga meminimalkan risiko mutu, kesehatan, biaya produksi dan waktu penelitian.

- Agrawal R dan Srikant R. 1994. Fast algorithms for mining association rules. *In Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases; 1994 Sep: San Francisco*. Hlm 487-499.
- Geng L dan Hamilton HJ. 2006. Interesting measure for data mining: a survey. *ACM Computing Surveys*. 38(3):1-32.
- Hasnedi Y, Riyanto B, dan Maddu A. 2010. Kemasan cerdas pendeteksi kebusukan fileit ikan nila. *PHPI*. 8(2):129-142.
- Kira K dan Rendell L. 1992. The feature selection problem: traditional methods and a new algorithm. *AAAI-92 Proceedings*.
- Niu H dan Chen H. 2013. An improved recommendation algorithm in knowledge network. *J Networks*. 8(6): 1336-1342.
- Nofrida R, Warsiki E, dan Yuliasih I. 2013. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap perubahan warna label cerdas indikator warna dari daun erpa (*Aerva sanguinolenta*). *J Tek Ind Pert*. 23 (3): 232-241.
- Nofrida R. 2013. Film indikator warna daun erpa (*Aerva sanguinolenta*) sebagai kemasan cerdas untuk produk rentan suhu dan cahaya [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo E. 2012. *Data Mining Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta (ID): Andi Yogyakarta.
- Raorane AA, Kulkarni RV, dan Jitkar BD. 2012. Association rule- extracting knowledge using market basket analysis. *Res J Recent Sci*. 1(2): 19-27.
- Robertson. 2006. *Food Packaging-Principles and Practice* : Second Edition. Florida (US): CRC Press.
- Sari EN. 2013. Analisa algoritme apriori untuk menentukan merek pakaian yang paling

DAFTAR PUSTAKA

- diminati pada mode fashion group Medan. *Pelita Informatika Budi Darma*. 4(3): 35-39.
- Vaikousi H, Biliaderis C, dan Koutsoumanis K. 2009. Applicability of a microbial time temperature indicator (tti) for a monitoring spoilage of modified atmosphere packed minced meat. *Int J Food Microb*. 133: 272-278.
- Wanihsuksombat C, Hongtrakul V, dan Suppakul P. 2010. Development and characterization of a prototype of lactic acid-based time temperature indicator for monitoring food product quality. *J Food Eng*. 100: 427-434.
- Warsiki E dan Putri CDW. 2012. Pembuatan label/film indikator warna dengan pewarna alami dan sintetis. *E-J Agroin Indonesia* 1(2): 82-87.
- Yin Y, Kaku I, Tang J, Zhu J. 2011. *Data mining: concepts, methods and application in management and engineering design*. London (GB): Springer.
- Younes Nb, Hamrouni T, dan Yahia Sb. 2010. Bridging Conjunctive And Disjunctive Search Spaces For Mining A New Concise And Exact Represenattion Of Correlated Patterns. Di Dalam: Pfahringer B, Holmes G, Hoffmann A. *Discovery Science 13th Int Conference*. Canberra (Au): Springer. Hlm 189-204.