

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Indikator Ekstrak Secang

Penelitian pendahuluan dilakukan sebagai langkah awal untuk menentukan jenis *carrier* terbaik dalam pembuatan indikator dengan pewarna ekstrak kayu secang. *Carrier* yang digunakan pada penelitian pendahuluan yaitu *film* kitosan, kertas saring, dan *film* pati. Ketiga jenis *carrier* ini adalah yang paling sering digunakan sebagai media pembawa pada pembuatan indikator dengan sifat dan karakteristik yang berbeda. Pemilihan *carrier* terbaik dilihat dari karakteristik dan respon warnanya seiring dengan perubahan pH. Pengamatan indikator dilakukan secara visual, yaitu dengan melihat warna, sifat fisik, serta stabilitas terhadap suhu selama masa penyimpanan tertentu. Perlakuan suhu penyimpanan dalam penelitian di antaranya pada suhu kulkas (3-5°C) dan suhu ruang (25-28°C). Stabilitas indikator diamati selama 5 hari penyimpanan.

Proses ekstraksi senyawa brazilin dari kayu secang dilakukan dengan pelarut etanol menggunakan metode maserasi gelombang ultrasonik untuk dapat mempercepat proses ekstraksi dengan rendemen lebih banyak (Solihah, 2017). Menurut Azmi dan Nurandriea (2017), ekstrak kayu secang dalam etanol memiliki karakteristik warna tertentu pada kondisi pH yang berbeda. Ekstrak secang dalam larutan asam (pH 2-6) berwarna kuning kemerahan, netral (pH 7) memiliki warna merah dan basa (pH 8-12) berwarna merah keunguan. Pengukuran keasaman pada hasil ekstraksi kayu secang dengan pelarut etanol pada penelitian diperoleh nilai pH 5. Nilai pH ekstrak yang diperoleh berada pada kisaran pH aktif brazilin yaitu 4,5-5,5 seperti yang dijelaskan Lim *et al.*(1997). Pada pH ini ekstrak yang dihasilkan memberikan warna kuning.

Film kitosan dibuat dari padatan kitosan yang dilarutkan dalam pelarut asam asetat dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Pewarnaan ekstrak secang dilakukan dengan metode penuangan ekstrak dalam larutan *film*. Ekstrak secang yang dituangkan pada larutan *film* memiliki karakteristik warna pada kondisi asam yaitu kuning. Namun setelah pengeringan dengan oven, warna *film* yang dihasilkan berubah menjadi merah dengan ketebalan rata-rata 0,3606 mm. *Film* kitosan memiliki permukaan lebih halus dan fleksibel dengan kadar air rata-rata 41,46 % (Tabel 6). Perubahan warna *film* menunjukkan telah terjadi

perubahan warna brazilin dalam ekstrak. Perubahan warna tersebut dapat disebabkan oleh kerusakan brazilin karena suhu pengeringan atau telah terjadi reaksi brazilin dengan kitosan. Menurut Istiqamah (2012), Kitosan mempunyai kereaktifan kimia yang tinggi karena adanya gugus amino (NH_2), serta gugus hidroksil primer dan sekunder dalam strukturnya. Dalam hal ini, gugus amino dari kitosan berikatan dengan gugus aktif brazilin dan brazilein menyebabkan terjadinya perubahan dari kuning menjadi merah.

Membran kertas saring *Whatman* no 1 yang terbuat dari selulosa nitrat dijadikan sebagai *carrier* dalam pembuatan kertas indikator dengan pewarna secang. Senyawa brazilin dari ekstrak secang diimobilisasi pada fase kertas dengan teknik adsorpsi. Proses ini menghasilkan kertas indikator berwarna kuning dengan ketebalan rata-rata 0,1820 mm dan kadar air 5,50 % (Tabel 6). Warna yang ditunjukkan indikator dengan media ini merupakan warna brazilin pada pH asam. Ini menunjukkan bahwa media selulosa nitrat dapat mengadsorpsi pewarna secang dengan baik, tanpa bereaksi dengan gugus aktif yang dimilikinya. Membran selulosa nitrat merupakan polimer yang bersifat hidrofilik sehingga lebih dapat mengadsorpsi brazilin dari ekstrak secang dengan baik (Fatriasari *et al.*, 2019).

Film pati dibuat dari tapioka yang dimasak dengan penambahan air dan gliserol. Kandungan pati pada tepung tapioka cukup tinggi, yaitu 69,58 %, sehingga layak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *film* (Muin *et al.*, 2017). Pewarnaan *film* pati dengan ekstrak secang dilakukan menggunakan metode oles setelah proses pengeringan. Karakteristik warna secang yang dioleskan pada *film* tidak mengalami perubahan sebelum maupun setelah pengeringan dengan blower. Warna yang ditunjukkan indikator dengan media pati adalah kuning, sesuai warna brazilin pada kondisi yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa *carrier* pati dapat mengikat pewarna secang dengan baik, tanpa bereaksi dengan gugus aktif yang dimilikinya. Setelah proses gelatinisasi pati, terdapat molekul air yang berikatan dengan amilosa pada granula pati yang memiliki sifat yang lebih hidrofilik (Panjaitan *et al.*, 2019). Kondisi ini memungkinkan terjadinya pemerangkapan pewarna secang pada sisi hidrofilik pati tersebut. Indikator yang dihasilkan dari pati ini memiliki ketebalan rata-rata

2,2098 mm dengan kadar air 35,32 % (Tabel 6). Hasil pengukuran ketebalan dan kadar air indikator ditampilkan pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

Tabel 1. Sifat fisik indikator ekstrak secang

Parameter	<i>Film</i> Kitosan	Kertas Saring	<i>Film</i> Pati
Warna	Merah kecoklatan	Kuning	Kuning
Ketebalan	0,3606 mm	0,1820 mm	2,2098 mm
Kadar Air	41,46 %	5,50 %	35,32 %

B. Uji Respon dan Stabilitas Label Indikator Ekstrak Secang

Indikator pada penelitian akan digunakan untuk menangkap senyawa basa volatil yang dihasilkan selama proses pembusukan daging ayam, oleh karena itu dilakukan pengujian respon perubahan warna indikator terhadap senyawa basa. Pengujian dilakukan dengan larutan NaOH dan uap NH₃, serta stabilitas label indikator terhadap suhu dan lama penyimpanan. Hasil pengujian respon indikator terhadap larutan NaOH ditunjukkan pada Tabel 7, respon terhadap NH₃ ditampilkan pada Tabel 8, serta uji stabilitas indikator pada Tabel 9, Tabel 11, dan Tabel 13.







1. Uji Respon Indikator terhadap Basa

Respon indikator terhadap basa dilihat dengan perendaman dalam larutan NaOH 0,2 M dengan pH 10. Perubahan warna setelah perendaman dapat dilihat dari ketiga jenis media indikator yang digunakan. Pada *film* kitosan dapat dilihat perubahan warna dari merah kecoklatan menjadi merah terang setelah 10 menit perendaman. Pada kertas saring, warna indikator berubah dari kuning menjadi merah keunguan yang dapat diamati langsung sesaat mulai perendaman, sedangkan *film* pati menunjukkan perubahan warna dari kuning menjadi merah setelah 10 menit perendaman.







Perubahan warna ini diikuti perubahan nilai total RGB masing-masing indikator (kertas dan pati) setelah direndam dalam NaOH mengalami penurunan, sedangkan pada *film* kitosan mengalami peningkatan (Tabel 7). Hal ini sesuai dengan penelitian Warsiki *et al.* (2012), yang menyatakan label indikator

penurunan mutu produk pangan yang baik menunjukkan perubahan karakteristik warna terhadap senyawa asam dan basa.

Tabel 2. Respon indikator terhadap larutan NaOH

Pengukuran	Keterangan	<i>Film</i> Kitosan	Kertas Saring	<i>Film</i> Pati
Awal	Warna			
	Total RGB	82,641	192,855	169,370
Akhir	Warna			
	Total RGB	113,676	109,795	130,780

Tabel 3. Respon indikator terhadap uap NH₃

Pengukuran	Keterangan	<i>Film</i> Kitosan	Kertas Saring	<i>Film</i> Pati
Awal	Warna			
	Total RGB	111,017	176,432	166,275
Akhir	Warna			
	Total RGB	93,126	102,668	85,531

Hasil uji respon indikator terhadap uap NH₃ dapat diamati perubahan warna yang jelas ditunjukkan oleh indikator kertas dan *film* pati dengan penurunan total RGB sampel cukup tinggi jika dibandingkan dengan *film* kitosan yang tidak menunjukkan perubahan warna (Tabel 8). Kertas saring menunjukkan perubahan warna langsung saat kontak dengan uap NH₃. Sedangkan *film* pati menunjukkan perubahan warna dari kuning menjadi merah setelah 10 menit perendaman. Meskipun memiliki karakteristik warna dan perubahan yang sama, namun indikator dari kertas saring memiliki respon perubahan warna lebih cepat dari *film*

pati. Hal ini disebabkan oleh indikator yang dihasilkan dari kertas memiliki ketebalan yang jauh lebih kecil daripada *film* pati. Menurut Panjaitan *et al.* (2019), semakin tebal *film* maka permeabilitas uap atau gas akan semakin rendah sehingga proses mobilisasi analat untuk dapat bereaksi dengan gugus aktif brazilin dari ekstrak secang makin lambat. Jika dilihat dari ukuran pori-pori seharusnya *film* pati dapat menunjukkan reaksi yang lebih baik karena memiliki ukuran pori $14,60 \mu\text{m} \pm 0,03 \mu\text{m}$ (Pramasari *et al.*, 2020), lebih besar dari kertas selulosa nitrat *Whatman no 1* yang memiliki ukuran pori-pori $11 \mu\text{m}$ (Lemon, 2018).

2. Uji Stabilitas Label Indikator

Stabilitas indikator diuji dari beberapa parameter di antaranya ketebalan, kadar air, serta perubahan warna pada suhu kulkas dan ruang. Pengamatan secara visual dilakukan setiap satu hari 1 kali selama lima hari. Akhir perubahan dicatat sebagai titik akhir pengamatan yang akan digunakan sebagai titik pengamatan di penelitian utama. Hasil uji ketebalan, kadar air, serta perubahan warna indikator selama penyimpanan ditampilkan pada Tabel 9, Tabel 11, dan Tabel 13.

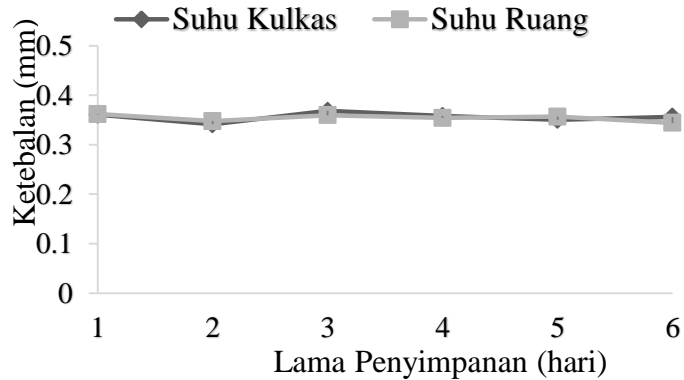
a) Ketebalan

Perubahan ketebalan label indikator diukur selama lima hari penyimpanan. Ketebalan diukur dari satu sampel yang sama pada penyimpanan suhu kulkas dan ruang setiap 1 kali setiap hari. Tabel 9 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan hasil rata-rata ketebalan label pada perbedaan suhu dan waktu penyimpanan.

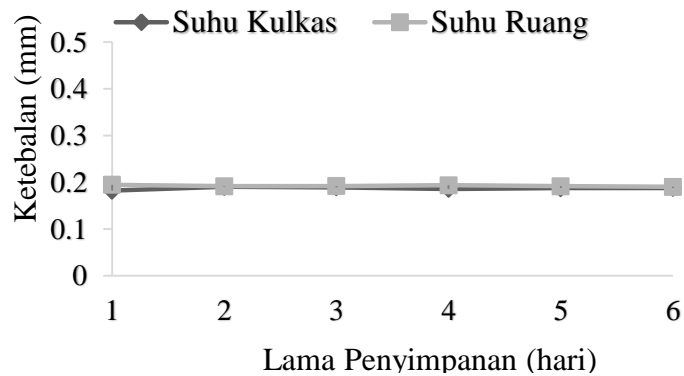
Kurva stabilitas untuk indikator dari *film* kitosan (Gambar 10) dan kertas (Gambar 11) menunjukkan garis mendekati lurus dan nilai yang stabil, sedangkan *film* pati diperoleh garis pola kenaikan dan penurunan rata-rata ketebalan yang tidak teratur (Gambar 12). Ketidakstabilan ini menunjukkan permukaan tidak rata pada *film* pati yang dapat disebabkan oleh proses pencetakan *film* tidak merata. Nilai ketebalan paling rendah ditunjukkan pada indikator dari *carrier* kertas yaitu kisaran 0,1820 sampai 0,1946 mm; selanjutnya *film* kitosan dengan ketebalan 0,3412 mm sampai 0,3684 mm dan paling tebal yaitu *film* pati dengan nilai 1,8120 sampai 2,4278 mm.

Tabel 4. Stabilitas ketebalan rata-rata label indikator

Suhu Penyimpanan	Lama Penyimpanan (Hari)	Ketebalan (mm)		
		Kitosan	Kertas	Pati
Kulkas (2-5°C)	0	0,3606	0,1820	2,2098
	1	0,3412	0,1902	2,3002
	2	0,3684	0,1892	2,4278
	3	0,3582	0,1856	2,1576
	4	0,3502	0,1872	2,2682
	5	0,3564	0,1878	2,3956
Ruang (25-30°C)	0	0,3618	0,1946	1,9600
	1	0,3478	0,1914	1,9364
	2	0,3596	0,1918	1,7702
	3	0,3542	0,1936	1,8970
	4	0,3568	0,1914	1,8650
	5	0,3440	0,1900	1,8120

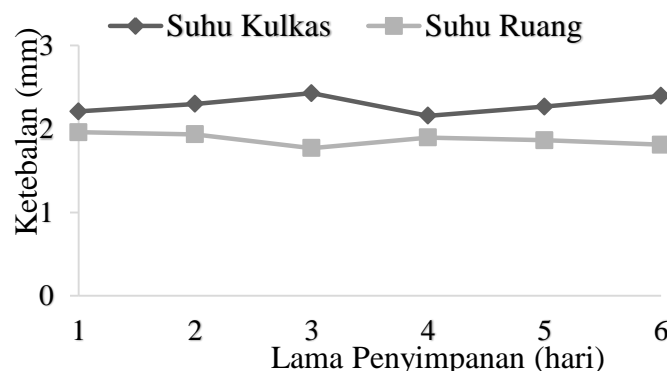


Gambar 1. Stabilitas ketebalan rata-rata *film* indikator kitosan.



Gambar 2. Stabilitas ketebalan rata-rata kertas indikator.

Ketebalan label dalam bentuk *film* dipengaruhi oleh volume larutan dan ukuran cetakan yang digunakan. Pada cetakan yang sama, dapat terjadi variasi ketebalan *film* yang terbentuk apabila volume yang dituangkan ke dalam cetakan lebih besar atau lebih kecil. Ketebalan label akan mempengaruhi respon indikator terhadap analat yang diujikan, hal ini berkaitan dengan laju transmisi uap air dan gas pada label atau *film*. Menurut Distantina *et al* (2018), semakin tebal *film* maka laju transmisi uap air dan gas akan semakin rendah. Hal ini berpengaruh pada proses pembacaan (respon) kehadiran analat oleh indikator lebih lambat.



Gambar 3. Stabilitas ketebalan rata-rata *film* indikator pati.

Tabel 5. Persamaan regresi stabilitas ketebalan label indikator

Parameter	Persamaan Regresi	Nilai R ²	Signifikansi
Jenis <i>carrier</i>	$y = 0,852 - 0,864x$	0,663	0,001
Suhu penyimpanan	$y = 0,668 + 0,139x$	0,006	0,642
Lama Penyimpanan	$y = 0,882 - 0,002x$	0,000	0,985

Tabel 10 menunjukkan hasil analisis regresi antara jenis *carrier*, suhu dan lama penyimpanan dengan nilai ketebalan indikator. Hasil diperoleh nilai signifikansi jenis *carrier* 0,001 lebih kecil dari 0,05 yang berarti bahwa ada pengaruh jenis *carrier* terhadap nilai ketebalan. Pengaruh tersebut diinterpretasikan kuat dari hasil R² sebesar 0,663. Ini menunjukkan bahwa 66,3 % jenis *carrier* mempengaruhi ketebalan, sedangkan sisanya 33,7 % dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Hasil uji terhadap suhu dan lama

penyimpanan diperoleh nilai Signifikansi 0,642 dan 0,985 lebih besar dari 0,05 yang dapat diambil kesimpulan bahwa tidak ada pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap nilai ketebalan rata-rata indikator. Nilai R^2 faktor suhu dan lama penyimpanan (0,006 dan 0,000) menggambarkan hubungan sangat rendah terhadap ketebalan label. Dilihat dari grafik perubahan ketebalan, indikator kertas memiliki stabilitas paling baik daripada *film* kitosan dan pati. Hasil analisis stabilitas ketebalan indikator ditunjukkan pada Lampiran 3.

b) Kadar Air

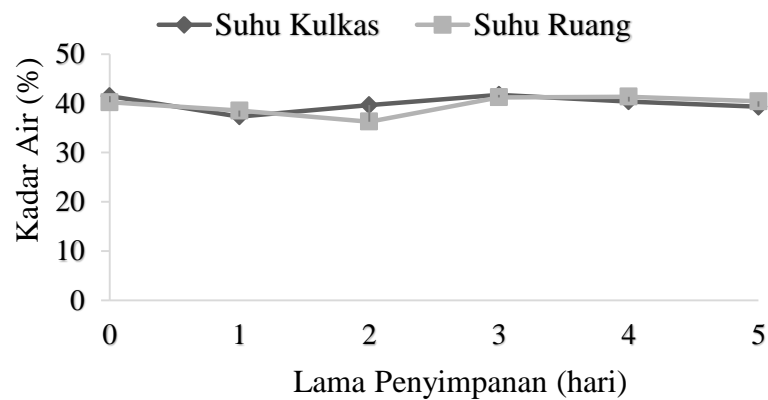
Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis media, suhu dan lama penyimpanan terhadap perubahan kadar air indikator. Pengukuran kadar air dilakukan pada sampel berbeda yang diambil dari populasi yang sama. Kadar air ini menunjukkan nilai susut bobot yang berkorelasi dengan nilai ketebalan. Penurunan ketebalan pada *film* akan diikuti dengan kenaikan laju susut bobot *film* (Setiautami, 2013).

Tabel 6. Stabilitas kadar air rata-rata label indikator

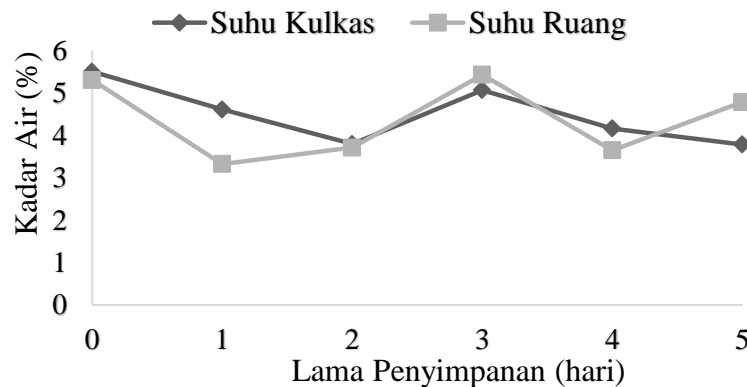
Suhu Penyimpanan	Lama Penyimpanan (Hari)	Kadar air (%)		
		Kitosan	Kertas	Pati
Kulkas (2-5°C)	0	41,46	5,50	35,33
	1	37,33	4,61	34,025
	2	39,62	3,79	34,80
	3	41,71	5,06	34,76
	4	40,37	4,16	35,97
	5	39,32	3,78	35,23
Ruang (25-30°C)	0	40,22	5,30	35,27
	1	38,52	3,32	34,88
	2	36,27	3,71	34,85
	3	41,21	5,43	33,98
	4	41,35	3,62	34,45
	5	40,40	4,78	35,07

Tabel 11 menunjukkan perbedaan nilai persentase rata-rata kadar air yang terukur dari jenis *carrier* kitosan (Gambar 13) dan kertas (Gambar 14) selama lima hari pengukuran pada suhu kulkas dan ruang, sedangkan hasil lebih stabil

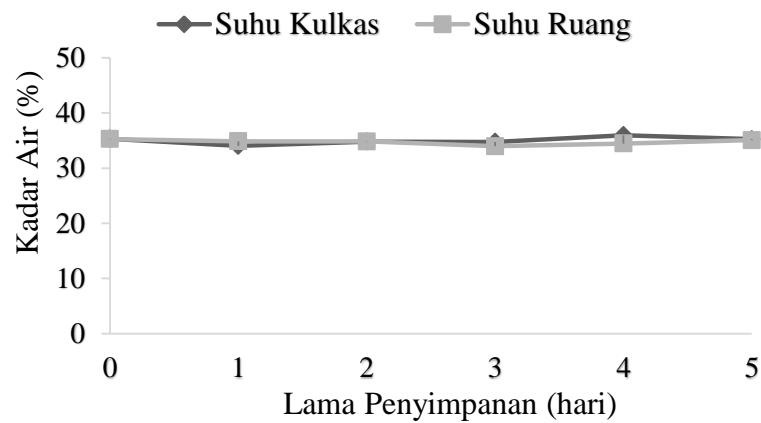
ditunjukkan pada *film* pati (Gambar 15). Perbedaan ini dipengaruhi oleh ketebalan *film* yang bersangkutan. Ketebalan *film* dalam satu cetakan tidak merata besarnya. Setiap sisi pada lembaran *film* yang sama belum tentu memiliki ketebalan yang sama sehingga berpengaruh pula pada susut bobot *film* tersebut (Setiautami, 2013). Proses pengeringan setelah pewarnaan indikator juga dapat mempengaruhi nilai kadar air yang dihasilkan. Proses pengeringan yang tidak merata pada seluruh bagian indikator, dapat menjadi penyebab perbedaan kadar air pada beberapa sisi indikator yang sama. Nilai kadar air paling rendah ditunjukkan oleh indikator kertas yaitu kisaran 3,65 % sampai 5,60 %; selanjutnya *film* pati dengan kadar air 33,98 % sampai 35,97 % dan paling tinggi yaitu *film* kitosan dengan nilai 36,27 % sampai 41,71 %. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 4. Stabilitas kadar air rata-rata *film* indikator kitosan.



Gambar 5. Stabilitas kadar air rata-rata label indikator kertas.



Gambar 6. Stabilitas kadar air rata-rata *film* indikator pati.

Tabel 7. Persamaan regresi stabilitas kadar air label indikator

Faktor	Persamaan Regresi	Nilai R ²	Signifikansi
Jenis <i>carrier</i>	$y = 31,304 - 2,464x$	0,016	0,456
Suhu penyimpanan	$y = 26,026 + 0,233x$	0,000	0,966
Lama Penyimpanan	$y = 26,234 + 0,040x$	0,000	0,980













Tabel 12 menunjukkan hasil analisis regresi antara faktor jenis *carrier*, suhu dan lama penyimpanan dengan nilai kadar air indikator. Hasil diperoleh nilai signifikansi jenis *carrier*, suhu dan lama penyimpanan sebesar 0,456; 0,966 dan 0,980 lebih besar dari 0,05 yang dapat diartikan bahwa tidak ada pengaruh jenis media, suhu dan lama penyimpanan terhadap nilai kadar air rata-rata indikator. Dilihat dari nilai kadar air, indikator dari *film* pati menunjukkan stabilitas terbaik. Hasil analisis stabilitas kadar air indikator ditunjukkan pada Lampiran 4.

c) Perubahan Warna

























Stabilitas warna indikator selama penyimpanan diamati pada suhu kulkas dan ruang. Hal ini penting untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perubahan warna yang ditunjukkan indikator selama masa penyimpanan lima hari. Hasil pengamatan warna masing-masing label ditunjukkan pada Tabel 13. Nilai total RGB selama lima hari penyimpanan menunjukkan stabilitas yang baik dari indikator kitosan (Gambar 16), kertas (Gambar 17), dan pati (Gambar 18), kecuali

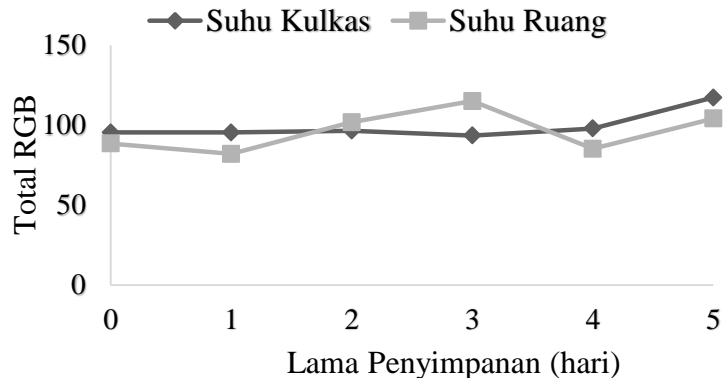
pada *film* kitosan penyimpanan suhu ruang mengalami ketidaksatbilan pada hari ke-2 hingga hari ke-5 (Gambar 16).

Tabel 8. Stabilitas warna label indikator

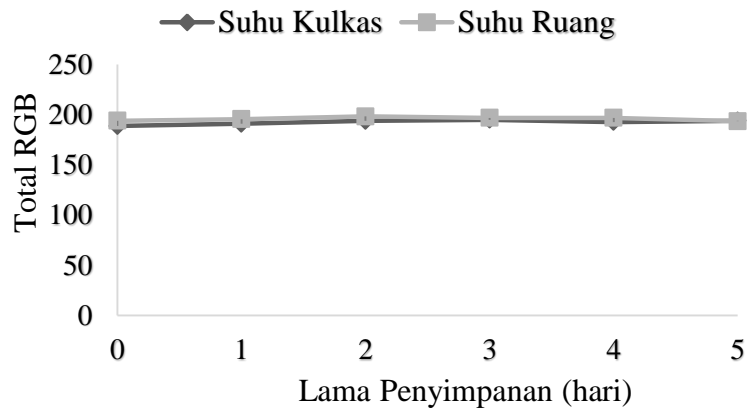
Sampel	Suhu	Paramete r	Pengukuran (Hari)					
			0	1	2	3	4	5
Film Kitosan	Kulkas	Total RGB						
		Warna						
			95	95	96	93	97	117
Ruang	Total RGB							
	Warna							
			88	81	101	115	85	104

Lanjutan Tabel 13. Stabilitas warna label indikator

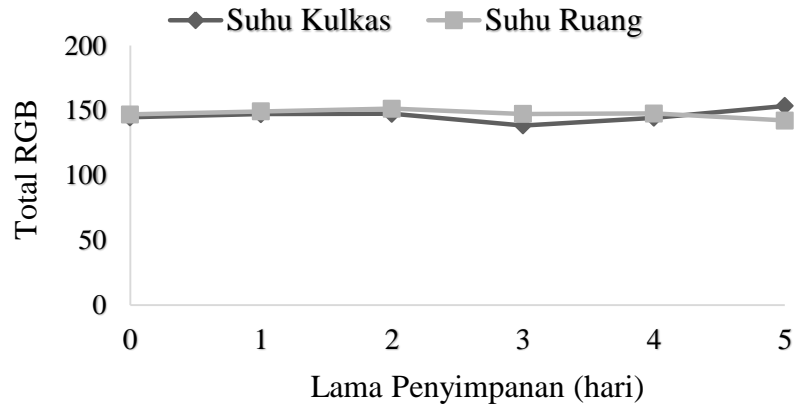
Sampel	Suhu	Paramete r	Pengukuran (Hari)					
			0	1	2	3	4	5
Kertas	Kulkas	Total RGB						
		Warna						
			189	190	193	194	192	194
Ruang	Total RGB							
	Warna							
			193	195	198	196	196	194
Film Pati	Kulkas	Total RGB						
		Warna						
			145	147	147	138	144	153
Ruang	Total RGB							
	Warna							
			147	149	151	147	147	142



Gambar 7. Stabilitas warna *film* indikator kitosan.



Gambar 8. Stabilitas warna kertas indikator.



Gambar 9. Stabilitas warna *film* indikator pati.

Tabel 9. Persamaan regresi stabilitas warna indikator

Faktor	Persamaan Regresi	Nilai R ²	Signifikansi
Jenis <i>carrier</i>	$y = 97,213 + 24,439x$	0,251	0,002
Suhu penyimpanan	$y = 145,378 + 0,547x$	0,000	0,968
Lama Penyimpanan	$y = 143,320 + 1,152x$	0,002	0,775

Tabel 14 menunjukkan hasil analisis regresi hubungan antara faktor jenis *carrier*, suhu dan lama penyimpanan dengan nilai kadar air indikator. Hasil diperoleh nilai signifikansi jenis *carrier* 0,002 lebih kecil dari 0,05 yang berarti ada pengaruh jenis *carrier* terhadap nilai total RGB warna indikator. Nilai R² hasil pengukuran sebesar 0,251 menunjukkan pengaruh yang rendah. Ini dapat diartikan bahwa 25,1 % variabel Jenis *carrier* mempengaruhi nilai total RGB label, sedangkan sisanya 74,9 % dipengaruhi oleh variabel lain. Pengaruh ini dapat dilihat dari nilai total RGB yang diperoleh dari indikator kitosan, kertas dan pati berbeda yaitu kisaran 88 sampai 95 (*film* pati); 189 sampai 193 (kertas) dan 145 sampai 147 (*film* pati) pada hari ke-0. Sedangkan faktor suhu dan lama penyimpanan diperoleh nilai Signifikansi 0,968 dan 0,775 lebih besar dari 0,05 yang dapat diartikan bahwa tidak ada pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap nilai total RGB warna indikator. Nilai R² yang sangat rendah dari faktor suhu penyimpanan (0,000) dan lama penyimpanan (0,002) menunjukkan nilai total RGB label indikator stabil pada penyimpanan suhu kulkas dan ruang selama lima hari penyimpanan. Dilihat dari perubahan warna RGB, kertas indikator menunjukkan stabilitas paling baik dibandingkan dengan *film* kitosan dan pati. Hasil analisis stabilitas warna indikator ditunjukkan pada Lampiran 5.





C. Aplikasi Indikator pada Kemasan Daging Ayam

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan diketahui bahwa indikator dari *carrier* kertas menunjukkan respon warna yang baik terhadap basa dalam waktu singkat. Stabilitas warna kertas indikator juga baik pada suhu kulkas maupun ruang selama lima hari penyimpanan, sehingga indikator tersebut yang dipilih untuk digunakan dalam penelitian lanjutan yaitu aplikasi pada pegemasan daging

ayam. Namun sebelumnya dilakukan terlebih dahulu pengujian respon kertas indikator terhadap perubahan pH dengan perendaman dalam larutan pH 5, pH 6, pH 7, dan pH 8. Pengujian bertujuan mengetahui karakteristik perubahan warna yang terjadi pada indikator seiring perubahan nilai pH larutan. Larutan yang digunakan adalah larutan *buffer* sitrat (pH 5), dan *buffer* fosfat (pH 6, 7, dan 8).

Label indikator yang direndam dalam larutan pH 5 sampai pH 8 menunjukkan perubahan warna dari kuning menjadi merah muda pada pH 7 dan pH 8, diiringi dengan penurunan nilai RGB total (Tabel 15).

Tabel 10. Respon indikator terpilih pada larutan pH berbeda

Keterangan	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Warna				
Total RGB	182,053	181,598	148,784	144,040

















Perubahan warna ini sesuai pendapat Azmi dan Nurandriea (2017), yang menyatakan warna ekstrak kayu secang dalam etanol memiliki karakteristik asam (pH 2-6) berwarna kuning orange, netral (pH 7) memiliki warna kemerahan dan basa (pH 8-12) berwarna merah keunguan. Nilai total RGB warna indikator mengalami penurunan dengan bertambahnya nilai pH. Hasil tersebut menunjukkan pewarna secang dalam media kertas saring memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan nilai pH, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai indikator penurunan mutu daging ayam.

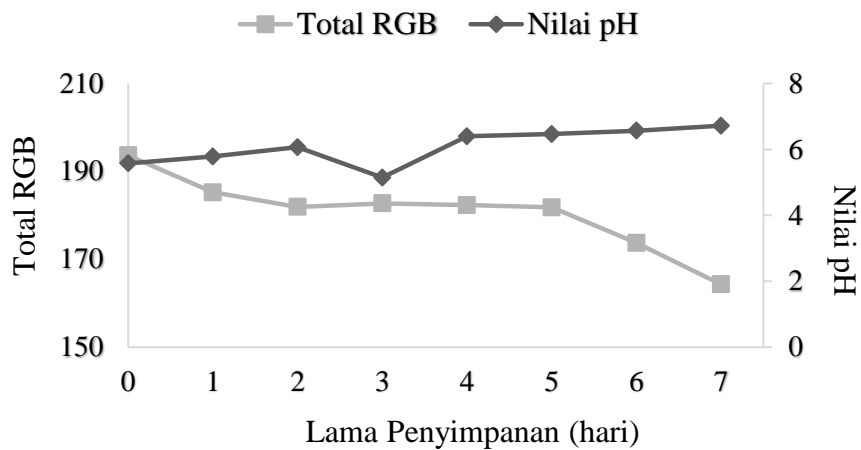
Aplikasi label indikator pada daging ayam penyimpanan suhu kulkas ditunjukkan pada Tabel 16. Kontrol label menunjukkan warna kuning yang stabil dan tidak ada perubahan nilai total RGB yang signifikan selama tujuh hari penyimpanan, sedangkan label indikator yang diaplikasikan pada penyimpanan daging ayam suhu kulkas menunjukkan perubahan warna seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan daging ayam. Label pada penyimpanan hari ke-1 menunjukkan warna yang lebih pekat dengan perubahan warna menjadi jingga

dan bertambah sampai hari ke-5. Sedangkan pada hari ke-6, indikator mulai menunjukkan perubahan warna dari jingga menjadi merah muda.

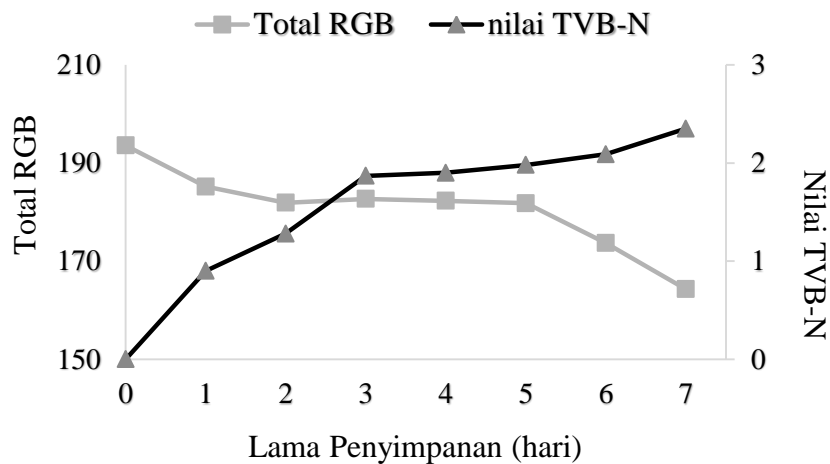
Perubahan warna indikator disertai dengan penurunan nilai total RGB warna, serta kenaikan nilai pH dan TVB-N daging ayam. Daging ayam dengan pH 5,5 disimpan dalam kulkas suhu 2–5°C mengalami kenaikan nilai pH menjadi 5,78 pada hari ke-1; 6,06 pada hari ke-2; 6,14 pada hari ke-3; 6,93 pada hari ke-4; 6,46 pada hari ke-5 dan 6,56 pada hari ke-6. Begitu pula dengan nilai TVB-N daging ayam. Daging ayam yang disimpan dalam kulkas pada hari pertama menghasilkan nilai TVB-N sebesar 0,9 mg/100 g; terus meningkat menjadi 1,28 mg/100 g pada hari ke-2; 1,87 mg/100 g pada hari ke-3; 1,9 mg/100 g pada hari ke-4; 1,98 mg/100 g pada hari ke-5; 2,09 mg/100 g pada hari ke 6 dan 2,35 mg/100g pada hari ke-7 (Tabel 16).

Tabel 11. Aplikasi kertas indikator pada kulkas (suhu 2-5°C)

Sampel	Parameter	Pengukuran (Hari)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	Warna								
	Total RGB	192,8	194,6	195,6	195,2	192,8	193,8	193,8	193,7
Label Indikator	Warna								
	Total RGB	193,6	185,2	181,9	182,7	182,3	181,8	173,7	164,3
Daging Ayam	Nilai pH	5,57	5,78	6,06	6,14	6,39	6,46	6,56	6,72
	TVB-N	0	0,9	1,28	1,87	1,9	1,98	2,09	2,35



Gambar 10. Hubungan perubahan nilai RGB label dengan pH daging ayam.



Gambar 11. Hubungan perubahan nilai RGB label dengan TVB-N daging ayam.

Hubungan perubahan warna label dengan penurunan mutu daging selama tujuh hari penyimpanan ditampilkan pada Gambar 19 dan Gambar 20. Grafik menunjukkan perubahan nilai RGB label indikator sejalan dengan perubahan nilai pH dan TVB-N daging ayam. Nilai total RGB label menurun seiring dengan kenaikan nilai pH (Gambar 19) dan TVB-N (Gambar 20).

Tabel 12. Persamaan regresi hubungan parameter mutu dengan lama penyimpanan daging pada suhu kulkas













Parameter	Persamaan Regresi	Nilai R ²	Signifikansi
Total RGB	$y = 191,65 - 3,132x$	0,803	0,003
pH	$y = 5,652 + 0,160x$	0,972	0,000
TVB-N	$y = 0,524 + 0,292x$	0,845	0,001

Pengukuran total RGB, nilai pH dan TVB-N daging ayam selama penyimpanan tujuh hari pada suhu 2 - 5°C menghasilkan persamaan regresi dan nilai korelasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 17. Berdasarkan persamaan regresi diperoleh nilai slope berturut-turut -3,132; 0,160; dan 0,292. Nilai *slope* negatif menyatakan bahwa nilai RGB mengalami penurunan selama masa penyimpanan, sedangkan nilai pH dan TVB-N mengalami peningkatan ditunjukkan dengan *slope* yang dihasilkan bernilai positif. Hasil serupa ditunjukkan pada penelitian Nurfawaidi *et al.* (2018), yang mana terjadi penurunan nilai total RGB label indikator dengan pewarna *methyl red* dan *bromocresol purple*, serta kenaikan nilai pH dan TVB daging ayam seiring bertambahnya lama penyimpanan. Hasil pengujian nilai TVB ditampilkan pada Lampiran 6.

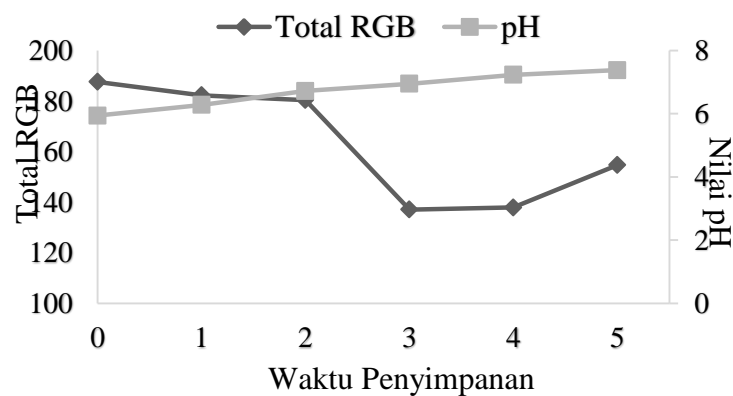
Hasil analisis data parameter total RGB indikator, nilai pH dan TVB-N daging ayam memiliki nilai signifikansi 0,003; 0,000 dan 0,001 lebih rendah dari 0,05 yang berarti ada pengaruh lama penyimpanan daging pada suhu kulkas terhadap nilai total RGB label, pH dan TVB-N daging ayam. Pengaruh sangat kuat ditunjukkan pada keetiga parameter uji dilihat dari nilai R^2 0,803 (Total RGB); 0,972 (pH) dan 0,845 (TVB-N) karena nilai R^2 yang dimiliki lebih dari 0.8. Dapat diketahui bahwa besar pengaruh antara waktu simpan dan perubahan nilai RGB, pH, serta TVB-N yaitu masing-masing 80,3 %; 97,2 %; dan 84,5 % yang dapat dijelaskan oleh model regresi, sisanya tidak dapat dijelaskan akibat pengaruh variabel lain. Hasil pengujian data dengan SPSS ditampilkan pada Lampiran 7.

Hasil aplikasi label indikator pada daging ayam penyimpanan suhu ruang ditunjukkan pada Tabel 18. Kontrol label menunjukkan warna kuning yang stabil dan tidak ada perubahan nilai total RGB yang signifikan selama penyimpanan di suhu ruang. Label indikator yang diaplikasikan pada penyimpanan daging ayam mengalami perubahan warna dari kuning menjadi merah muda pada hari pertama dan semakin pekat dengan bertambahnya lama penyimpanan. Perubahan warna tersebut disertai dengan penurunan nilai total RGB warna sampai hari ke-4 dan meningkat di hari ke-5. Sedangkan nilai pH dan TVB-N daging ayam mengalami kenaikan dari hari pertama sampai hari ke-5.

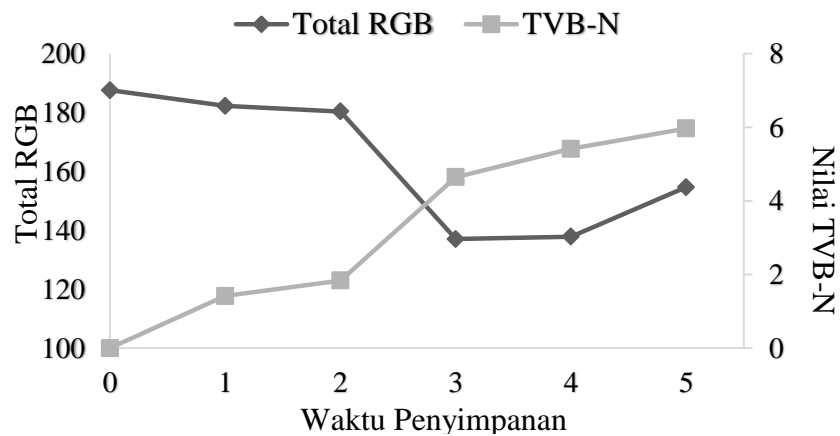
Tabel 13. Aplikasi kertas indikator pada suhu ruang (25 – 30 °C)

Sampel	Parameter	Pengukuran (Hari)					
		0	1	2	3	4	5
Kontrol	Warna						
	Total RGB	194,2	190,7	190,6	195,8	195,7	195,2
Label Indikator	Warna						
	Total RGB	187,6	182,3	180,4	137,1	137,9	154,7
Daging Ayam	Nilai pH	5,94	6,28	6,72	6,95	7,23	7,38
	TVB-N	0	1,42	1,84	4,65	5,42	5,97

Daging ayam pada hari ke-0 dengan nilai pH 5,94 mengalami kenaikan nilai pH menjadi 6,28 di hari ke-1; 6,72 di hari ke-2; 6,95 di hari ke-3; 7,23 di hari ke-4 dan 7,38 di hari ke-5 dalam suhu ruang. Kenaikan yang sama terjadi pada nilai TVB-N daging ayam selama penyimpanan. Daging ayam pada hari ke-1 menghasilkan nilai TVB-N 1,42 mg/100g mengalami kenaikan nilai menjadi 1,84 di hari ke-2; 4,65 di hari ke-3; 5,42 di hari ke-4 dan 5,97 di hari ke-5 dalam suhu ruang. Hasil pengujian data dengan SPSS ditampilkan pada Lampiran 7.



Gambar 12. Hubungan perubahan nilai RGB label dengan pH daging ayam.



Gambar 13. Hubungan perubahan nilai RGB label dengan TVB-N daging ayam.

Pengukuran total RGB, nilai pH dan TVB-N daging ayam selama penyimpanan lima hari pada suhu 25-30°C menghasilkan persamaan regresi dan nilai korelasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 20. Berdasarkan persamaan regresi diperoleh nilai *slope* berturut-turut -9,743; 0,294; dan 1,276. Hal ini menyatakan bahwa nilai RGB mengalami penurunan selama masa penyimpanan dengan menunjukkan nilai *slope* negatif, sedangkan nilai pH dan TVB-N mengalami peningkatan karena *slope* yang dihasilkan bernilai positif. Hubungan antara perubahan nilai RGB label indikator dan penurunan mutu daging pada lima hari penyimpanan ditampilkan pada Gambar 21 dan Gambar 22.

Tabel 14. Persamaan regresi hubungan parameter mutu daging dengan lama penyimpanan suhu ruang

Parameter	Persamaan Regresi	Nilai R ²	Signifikansi
Total RGB	$y = 187,690 - 9,743x$	0,627	0,033
pH	$y = 6,016 + 0,294x$	0,977	0,000
TVB-N	$y = 0,027 + 1,276x$	0,951	0,001

Hasil analisis data perubahan total RGB indikator, nilai pH dan TVB-N daging ayam pada aplikasi penyimpanan suhu ruang selama lima hari menghasilkan nilai signifikansi 0,033, 0,000 dan 0,001 lebih rendah dari 0,05 (Tabel 19) yang berarti ada pengaruh lama penyimpanan daging pada suhu ruang terhadap nilai total RGB label, pH dan TVB-N daging ayam. Korelasi kuat ditunjukkan pada parameter uji total RGB indikator dengan nilai R² 0,627 yang berarti besar pengaruh perubahan nilai RGB dengan waktu simpan sebesar 62,7%,

sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Selanjutnya Pengaruh sangat kuat ditunjukkan pada parameter uji pH dan TVB-N dengan nilai R^2 0,977 dan 0,951. Besar pengaruh antara waktu simpan dan perubahan nilai pH serta TVB-N yaitu masing-masing 97,7 %, dan 95,1% yang dapat dijelaskan oleh model regresi, sisanya tidak dapat dijelaskan akibat pengaruh variabel lain. Hasil pengujian data dengan SPSS ditampilkan pada Lampiran 8.

Nilai perubahan warna indikator secang terpilih baik penyimpanan suhu ruang maupun kulkas sejalan dengan penurunan mutu daging ayam yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai pH dan TVB-N. Peningkatan nilai pH dan TVB-N daging ayam pada penyimpanan suhu kulkas diketahui memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan suhu ruang. Hasil penelitian yang sama ditunjukkan oleh Nitiyacassari (2019), bahwa nilai pH dan TVB-N daging ayam pada penyimpanan suhu ruang lebih tinggi dari penyimpanan kulkas. Hal ini sesuai dengan pendapat Raharjo (2010), yaitu kecepatan proses metabolisme tersebut sangat bergantung pada suhu penyimpanan. Semakin rendah suhu semakin lambat proses tersebut berlangsung dan semakin lama daging dapat disimpan. Sel-sel yang terdapat dalam daging mentah masih akan terus mengalami proses kehidupan, sehingga di dalamnya masih terjadi reaksi-reaksi metabolisme (Winarno, 1993).

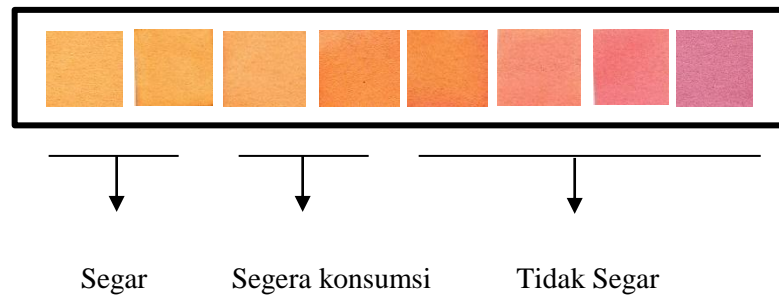
Menurut Soeparno (2005), daging ayam segar berada pada kisaran pH normal, yaitu 5,5 sampai 6,0. Daging ayam mulai menunjukkan tanda kebusukan dengan nilai pH lebih dari 6,11 (Nitiyacassari, 2019). Sehingga dapat diketahui bahwa daging ayam pada penyimpanan suhu kulkas mulai mengalami kebusukan pada hari ke-3, sedangkan pada suhu ruang daging ayam mengalami kebusukan setelah penyimpanan 1 hari. Menurut Jay (1978), pada proses awal pembusukan setelah fase rigormortis, terjadi perubahan glikogen menjadi asam laktat dan berlangsung terus sampai glikogen dalam jaringan habis. Dengan habisnya glikogen, akan diikuti proses netralisasi oleh senyawa alkali dari hasil metabolisme mikroba sehingga terjadi peningkatan nilai pH (Suradi, 2012).

Selain menyebabkan kenaikan nilai pH daging, aktivitas mikroorganisme ini menunjukkan peningkatan total basa volatil (TVB-N) daging ayam. Peningkatan nilai TVB-N menunjukkan semakin banyak gas amin hasil

metabolism mikroba yang terbentuk. Hal ini mengakibatkan akumulasi senyawa basa dalam lingkungan kemasan, sehingga suasana dalam kemasan menjadi basa. Basa yang terakumulasi dalam kemasan inilah yang kemudian bereaksi dengan zat warna indikator sehingga menyebabkan perubahan warna indikator dari kuning menjadi merah.

D. Potensi Aplikasi

Dewasa ini konsumen semakin kritis dalam menentukan produk terutama pada produk pangan. Keamanan pangan, kualitas, dan kesegaran menjadi faktor penting dalam pengambilan keputusan saat membeli. Inovasi pengemasan dengan penambahan label indikator diperlukan untuk memudahkan konsumen dalam memperoleh informasi mengenai kesegaran produk hanya dengan melihat tingkat perubahan warna dari indikator. Label indikator dapat ditempelkan dalam kemasan daging. Berikut adalah standar warna label indikator dari ekstrak secang (Gambar 23).



Gambar 14. Standar warna label indikator pewarna secang.

Gambar 23 menunjukkan tingkatan warna seiring dengan kemunduran mutu produk.

Standar warna ini dapat digunakan untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Warna label yang menunjukkan kuning menandakan produk tersebut masih dalam kondisi baik. Ketika label berwarna kearah jingga muda sampai agak tua maka produk harus segera dikonsumsi, sementara warna jingga tua hingga merah keunguan menunjukkan bahwa produk sudah rusak dan sebaiknya tidak dikonsumsi. Perubahan warna pada indikator tersebut dapat memberikan informasi bagi konsumen dalam pemilihan produk yang akan dibeli maupun dikonsumsi.