

RANCANGAN INDIKATOR KESEGERAN BUAH PISANG AMBON LUMUT (*MUSA PARADISIACA* VAR. *SAPIENTUM*) BERBASIS BROMOFENOL BIRU DAN METIL MERAH

[Design of Freshness Indicator for Green Ambon Bananas (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) Based on Bromophenol Blue and Methyl Red]

Ince Siti Wardatullatifah S¹*, Hanifah Ayu¹), Surya Abdul Muttalib¹), Mi'raj Fuadi¹), Dwi Santoso²), Siti Fatima³), Nurhaya Kusmiah⁴), Anugerah Fitri Amalia⁵)

¹) Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, Indonesia

²) Universitas Borneo Tarakan

³) Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Mujahidin Toli-Toli

⁴) Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

⁵) Badan Riset dan Inovasi Nasional

*Email: wardatullatifah29@unram.ac.id

ABSTRACT

Green ambon banana is one of the climatic fruits harvested unripe for sale. Determining the ripeness of green ambon bananas is difficult as the fruit does not change its skin color when unripe or ripe. Hence, the consumers select by pressing and injuring the bananas, resulting in bruises that can affect the quality of the bananas. This research aimed to design a detector for the freshness level of green ambon banana fruit based on bromophenol blue and methyl red indicators which can absorb bromine compounds that cause rot. This research method used a completely randomized design with two research factors. The first factor is the composition and ratio of methyl red and bromophenol blue with four treatment levels (BM3=3 solution A:1 solution B, BM5=5 solution A:1 solution B, BM=100% solution A, and BB=100% solution B). Solution A is 50% methyl red and 50% bromophenol blue, while solution B is 100% bromophenol blue. The second factor is the concentration of ethanol solvent with two treatment levels (50 ml and 100 ml dilution). The data were analyzed using SPSS with ANOVA at the 5% significance level and tested further with Tukey's HSD test at the same level. The BM5 treatment provided the highest total color change data, indicating a significant visible color change, namely purple to yellow for ripe to rotten conditions. The development of this freshness indicator is expected to be a smart label for bromine detection in green moss ambon bananas.

Keywords: ambon bananas, bromophenol blue, freshness indicator, methyl red, smart label

ABSTRAK

Buah pisang ambon lumut merupakan salah satu buah klimaterik yang umumnya dipanen ketika masih mentah dari pohonnya untuk bisa dijual. Perkiraan kematangan buah pisang ambon lumut masih mengalami kesulitan sebab warna kulit buah tidak berubah saat mentah ataupun matang, sehingga pembeli harus mengecek tanda-tanda kematangan dari buah dengan cara menekan buah yang dapat menimbulkan memar dan mempengaruhi perubahan mutu buah tersebut. Penelitian ini bertujuan merancang pendeteksi tingkat kesegaran buah pisang ambon lumut berbasis indikator bromofenol biru dan metil merah yang mampu menyerap senyawa bromin penyebab kebusukan. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor penelitian. Faktor pertama yaitu komposisi dan perbandingan metil merah dan bromofenol biru dengan empat taraf perlakuan (BM3 = 3 larutan A:1 larutan B, BM5 = 5 larutan A:1 larutan B, BM = 100% larutan A, dan BB = 100% larutan B). Larutan A yaitu 50% metil merah dan 50% bromofenol biru, sedangkan larutan B yaitu 100% bromofenol biru. Faktor kedua yaitu konsentrasi pelarut etanol dengan dua taraf perlakuan (pengenceran 50 ml dan 100 ml). Data penelitian dianalisis menggunakan *software* SPSS dengan ANOVA pada taraf nyata 5% dan diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur pada taraf nyata yang sama. Perlakuan BM5 memberikan data total perubahan warna tertinggi yang mengindikasikan perubahan warna yang terlihat signifikan, yaitu warna ungu-kuning untuk kondisi matang-busuk. Pengembangan indikator kesegaran ini diharapkan dapat menjadi label pintar pendeteksi bromin pada buah pisang ambon lumut hijau.

Kata Kunci: bromofenol biru, indikator kesegaran, label pintar, metil merah, pisang ambon lumut

PENDAHULUAN

Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2023) menyatakan produksi pisang di NTB mencapai 876,627 kwintal dan berada pada peringkat kedua komoditi hortikultura yang paling banyak ditanam di NTB dengan berbagai varietas. Salah satunya yaitu pisang ambon lumut (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*). Buah pisang ambon lumut merupakan salah satu buah klimaterik yang umumnya dipanen ketika masih mentah dari pohonnya untuk bisa dijual. Akan tetapi terkadang buah yang dipanen tidak seluruhnya matang sehingga pembeli harus mengecek tanda-tanda kematangan dari buah yang dijual, seperti warnanya, aromanya, ataupun teksturnya. Varietas buah pisang ambon lumut memiliki karakteristik unik dibandingkan dengan varietas lainnya, sebab warna kulit buah pisang tetap berwarna hijau meskipun telah memasuki fase matang, dan kondisi ini tidak mempengaruhi cita rasanya (Maitimu et al., 2020). Keunikan ini mengakibatkan penentuan kematangan buah pisang ambon lumut masih mengalami kesulitan. Pemilihan buah oleh konsumen sering dilakukan dengan cara menekan dan melukai buah, yang dapat menyebabkan memar pada buah pisang. Memar tersebut dapat mempengaruhi daya simpan buah dan menurunkan nilai jualnya (Lisawengeng et al., 2020). Oleh karena itu dibutuhkan sebuah kemasan dan label yang memiliki indikator pendeteksi tingkat kematangan buah pisang ambon lumut. Indikator tersebut berupa sebuah label pintar.

Label pintar sebagai indikator kesegaran berbasis metil merah dan bromofenol biru dapat digunakan untuk mendeteksi bromin (Br) yang mengindikasikan aroma busuk pada buah. Pemilihan senyawa metil merah dikarenakan sensitifitasnya dalam mendeteksi bromin (Warsiki & Putri, 2012) sementara bromofenol biru mampu memvisualisasikan perubahan warna lebih kontras selama penyimpanan. Proses pembuatan label pintar menggunakan teknik imobilisasi adsorpsi dengan menggunakan membran kertas Whatman. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui komposisi terbaik (perbandingan metil merah dan bromofenol biru) yang dapat mendeteksi tingkat kesegaran buah pisang ambon lumut berdasarkan perubahan warna label indikator. Parameter yang diukur adalah *Lab pada kulit buah dan label indikator, kekerasan buah, total padatan terlarut, dan pH. Label pintar ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi konsumen untuk memberikan informasi tentang tingkat kesegaran buah Pisang ambon lumut mulai dari mentah, matang, dan busuk.

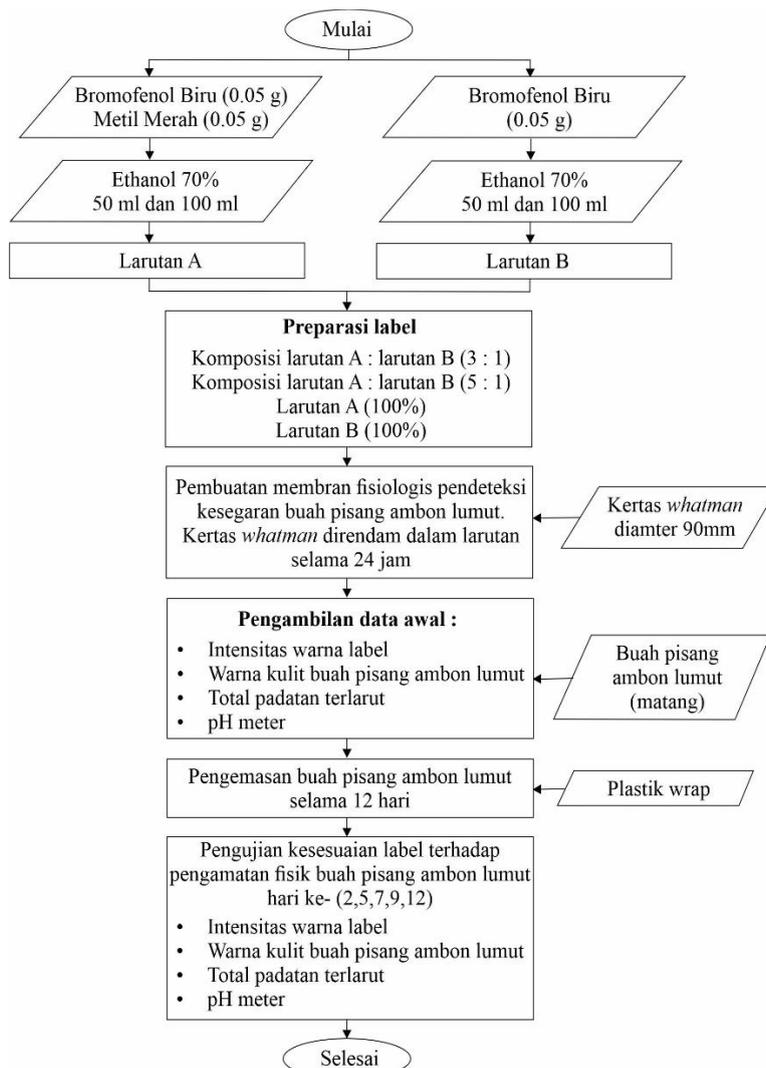
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan penyerap metil merah ($C_{15}H_{15}N_3O_2$), bromofenol biru ($C_{19}H_{10}Br_4O_5S$), etanol 70% (CH_3CH_2OH), aquades, kertas Whatman 90mm, plastik wrap, tissue, dan buah pisang ambon lumut. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *colorimeter* (CHN Spec), *texture analyzer* (BROOKFIELD), refraktometer, pH meter (Schott Instruments), *beaker glass*, timbangan digital, cawan petri, gelas ukur, spatula dan mikropipet.

Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor penelitian. Faktor pertama yaitu komposisi dan perbandingan metil merah dan bromofenol biru dengan empat taraf perlakuan, terdiri atas perlakuan BM3 = 3 larutan A:1 larutan B, BM5 = 5 larutan A:1 larutan B, BM = 100% larutan A, dan BB = 100% larutan B. Larutan A yaitu 50% metil merah dan 50% bromofenol biru, sedangkan larutan B yaitu 100% bromofenol biru. Faktor kedua yaitu konsentrasi pelarut etanol dengan dua taraf perlakuan, terdiri atas pengenceran 50 ml dan pengenceran 100 ml. Penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan, yaitu 1) pembuatan larutan pewarna untuk kertas pendeteksi kesegaran, dan 2) preparasi membran label. Data penelitian dianalisis menggunakan *software* SPSS dengan ANOVA pada taraf nyata 5% dan jika berbeda nyata maka diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (Tukey HSD) pada taraf nyata yang sama.



Gambar 1. Bagan alir penelitian rancangan indikator kesegaran buah pisang ambon lumut (*Musa paradisiaca var. sapientum*) berbasis bromofenol biru dan metil merah

Pembuatan Larutan

Langkah awal dalam pembuatan larutan adalah untuk menghasilkan formulasi bahan pewarna yang berfungsi sebagai indikator kesegaran. Tujuannya adalah menghasilkan larutan pewarna yang sensitif terhadap senyawa bromin yang mengindikasikan tanda-tanda kebusukan atau kematangan berlebih pada buah pisang ambon lumut. Pembuatan larutan dilakukan berdasarkan perlakuan seperti pada Gambar 1 agar dapat diketahui komposisi terbaik dalam mendeteksi kesegaran.

Preparasi Membran Label Indikator

Langkah kedua yaitu pembuatan membran label dengan mengomposisikan larutan sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan sebelumnya dicampur pada wadah cawan petri kemudian direndam kertas Whatman selama 24 jam. Label yang telah siap dilekatkan pada buah pisang ambon lumut dan dikemas dengan plastik *wrap*. Larutan pertama berwarna *orange* ke ungu sesuai dengan paparan senyawa bromin dalam kemasan (Nuraini et al., 2019). Sedangkan larutan kedua mengalami perubahan warna biru ke kuning (Rahayu et al., 2022) sesuai dengan penyerapan senyawa bromin (Nuraini et al., 2019). Kecepatan perubahan warna pada label indikator berbeda sesuai konsentrasi bromin yang terdeteksi dalam kemasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Larutan Pewarna dan Preparasi Membran

Pemilihan metil merah sebagai senyawa indikator berdasarkan kemampun dalam spektrofotometri bromin, daya serap yang tinggi, mudah dipreparasi, dan memiliki toksisitas rendah. Metil merah memiliki kemampuan mendeteksi bromin yang mengidentifikasi aroma tidak sedap pada limbah makanan (Rahayu et al., 2022). Parameter tersebut yang dijadikan sebagai acuan kesegaran buah pisang ambon lumut selama penyimpanannya. Prinsip kerja utama senyawa metil merah adalah mengubah strukturnya ketika menerima proton atau melepaskan proton (Hurriyah et al., 2017). Perubahan struktural tersebut menyebabkan adanya variasi dalam mempresentasikan warna.

Hasil pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan dengan pengenceran etanol 50 ml terpapar secara visualisasi pada Tabel 1 berikut. Membran dengan larutan metil merah memberikan perubahan warna yang tidak signifikan selama penyimpanan, larutan bromofenol biru mengalami perubahan warna ungu menuju kuning, kombinasi bromofenol biru dan metil merah menampilkan perubahan visual *orange* menuju ungu. Hal ini menampilkan bahwa keberadaan bromofenol biru pada membran menyebabkan perubahan warna yang signifikan selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nuraini et al. (2019) bahwa bromofenol biru yang lebih cepat berubah warna dengan tiga gradasi warna yakni kuning, hijau, dan biru.

Tabel 1. Visual larutan pewarna pada membran Whatman

	Larutan metil merah, pengenceran etanol 50 ml
	Larutan bromofenol biru, pengenceran etanol 50 ml
	Larutan bromofenol biru : metil merah (1:1), pengenceran etanol 50 ml

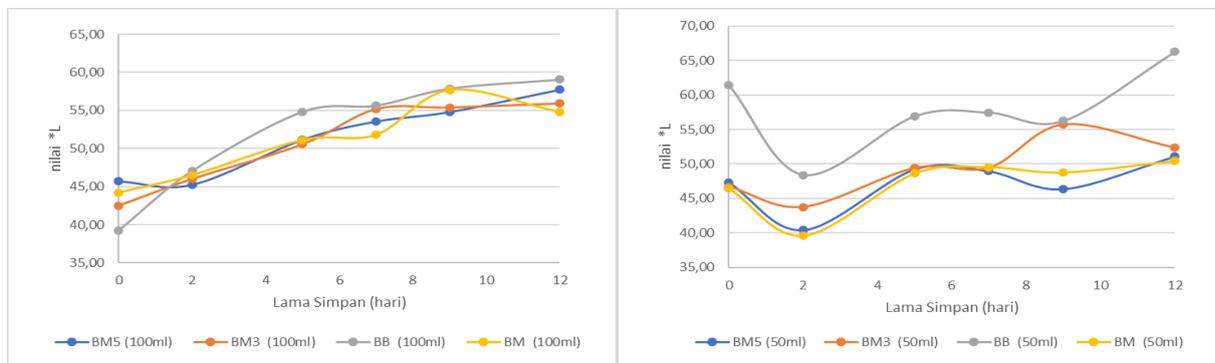
Sumber: Data primer Laboratorium Teknik Bioproses, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram (2024)

Prinsip kerja dari label adalah mendeteksi kesegaran buah pisang ambon lumut dengan menangkap gas bromin dalam kemasan. Adapun bromin merupakan senyawa yang mengindikasikan aroma tidak sedap pada bahan pangan. Tingginya kadar bromin yang diserap oleh label indikator akan menampilkan perubahan warna yang nyata selama penyimpanan. Berdasarkan penelitian Rahayu et al. (2022) dinyatakan bahwa kombinasi antara bromofenol biru dan metil merah menampilkan perubahan dari warna ungu-merah pada kondisi segar ke busuk, sedangkan indikator bromofenol biru berubah dari warna biru ke kuning pada kondisi busuk.

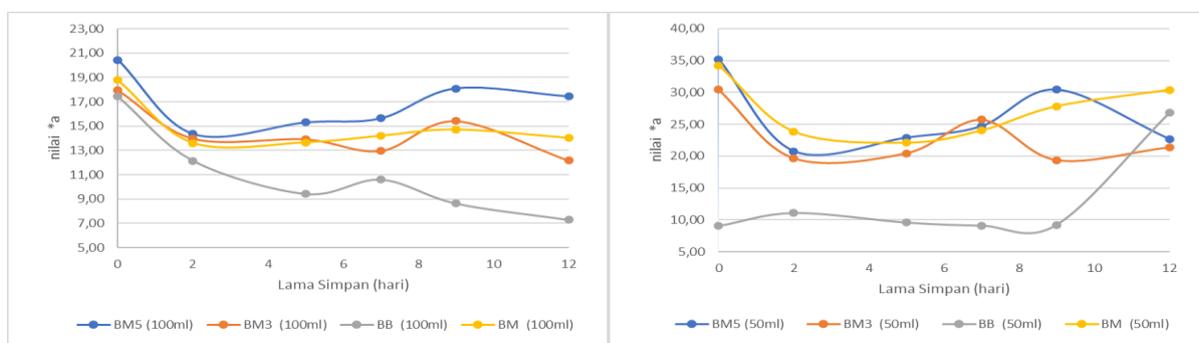
Perubahan Warna Label Selama Penyimpanan

Warna secara objektif diukur dengan menggunakan alat ukur visual colorimeter. Alat tersebut mampu mengidentifikasi karakteristik warna secara akurat dan memberikan penilaian (lulus/gagal) terhadap objek sesuai standar yang telah ditentukan (Wardatullatifah et al., 2022) Dimensi CIELab

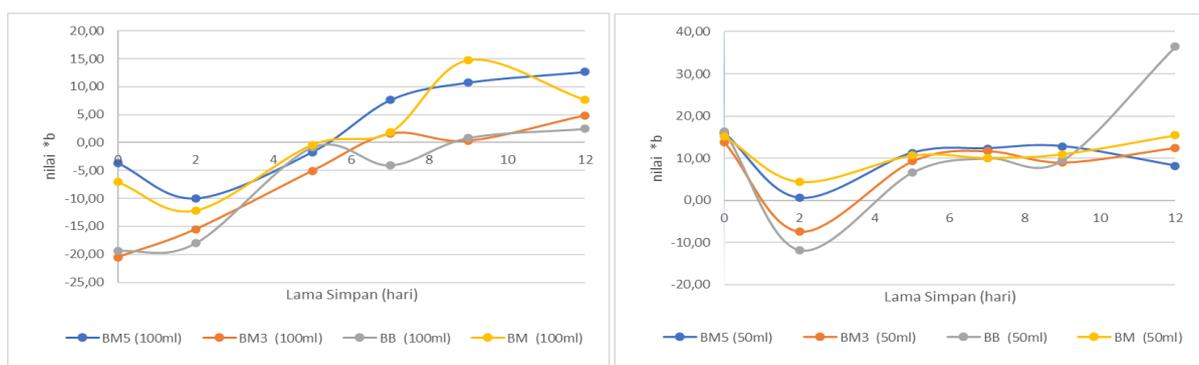
dirancang untuk menyerupai persepsi penglihatan manusia dengan menggunakan tiga komponen yaitu nilai L^* sebagai pencahayaan, serta nilai a^* dan nilai b^* sebagai dimensi warna yang berlawanan (Yam & Papadakis, 2004). Perubahan nilai derajat Lab^* pada kertas label selama penyimpanan terlihat pada Gambar 2, 3, dan 4 berikut.



Gambar 2. Derajat warna L^* selama penyimpanan 12 hari



Gambar 2. Derajat warna a^* selama penyimpanan 12 hari



Gambar 3. Derajat warna b^* selama penyimpanan 12 hari

Tingkat kecerahan (L^*) sebagai indikator hitam dan putih dengan rentang 0 hingga 100 (Yam & Papadakis, 2004). Berdasarkan Gambar 2, perubahan nilai L^* mengalami peningkatan nilai dari waktu ke waktu, sejalan dengan perubahan warna label indikator pada kedua perlakuan pengenceran yaitu perubahan warna ungu menuju kuning pada pengenceran 50 ml etanol dan *orange* gelap menuju *orange* muda pada pengenceran 100 ml etanol. Penurunan nilai L^* pada hari pengamatan ke-2 pada pengenceran 50 ml etanol disebabkan penggelapan media indikator kesegaran setelah mendeteksi bromin. Visualisasi dari perubahan warna label indikator ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Derajat warna a^* , merah untuk nilai $+a$ dan menuju hijau untuk nilai $-a$ (Yam & Papadakis, 2004). Berdasarkan Gambar 3, perubahan nilai derajat warna a^* pada pengenceran 100 ml etanol

mengalami penurunan selama penyimpanan dari kondisi awal (menuju hijau). Hal ini sejalan dengan perubahan warna pada label indikator yang memberikan penampakan visual yang tidak jauh berbeda pada setiap parameter perlakuan komposisi larutan. Sementara pada pengenceran 50 ml etanol, perlakuan komposisi larutan bromofenol biru dan metil merah memberikan data yang variatif. Hal ini sejalan dengan perubahan warna secara visual pada Gambar 7.

Perubahan derajat warna (b^*) untuk nilai +b dan menuju kuning untuk nilai -b untuk biru (Yam & Papadakis, 2004). Kedua perlakuan pengenceran memberikan data peningkatan nilai derajat warna b^* selama penyimpanan, dalam hal ini perubahan warna menuju kuning untuk pengenceran 50 ml etanol dan perubahan warna *orange* muda untuk pengenceran etanol 100 ml.

Secara keluruhan perubahan warna Lab* terlihat pengenceran etanol 50 ml memberikan hasil yang hampir seragam perubahan warnanya meskipun dengan komposisi perbandingan senyawa metil merah dan bromofenol biru yang berbeda-beda. Hal ini menandakan perubahan warna sulit terlihat secara visual biasa untuk setiap parameter perlakuan yang diberikan. Berbeda halnya dengan pengenceran etanol 100 ml yang memberikan hasil total perubahan warna yang variatif. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Haq et al. (2016). Parameter perlakuan BM dan BB sudah sewajarnya berbeda dengan parameter komposisi lainnya, sebab kedua parameter tersebut berada pada ambang batas dalam menentukan komposisi perbandingan yang paling tepat pada pembuatan label indikator kesegaran buah pisang ambon lumut (Rahayu et al., 2022).

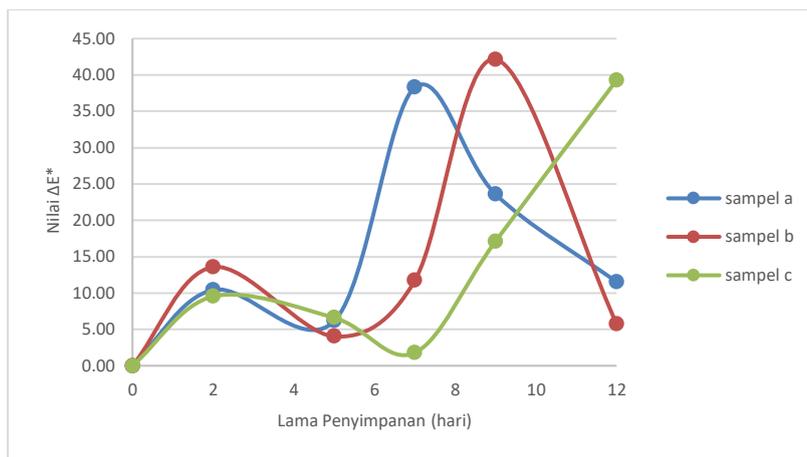
Ketersesuaian Label Indikator Kesegaran Terhadap Kematangan Buah

Sesuai dengan karakteristik buah pisang ambon lumut yang tidak menampakkan perubahan warna kulit buah pada fase menuju matang dan matang, hasil pengukuran nilai derajat warna kulit buah pisang ambon lumut memberikan hasil yang sama. Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 2 kulit buah mengalami perubahan warna yang variatif setelah melewati fase matang menuju pembusukan buah, terlihat pada hari pengamatan ke-9 dan seterusnya. Hal ini membuktikan pentingnya keberadaan label indikator kesegaran tersebut dalam mendeteksi kematangan buah pisang ambon lumut.

Tabel 2. Hasil analisis pengaruh perlakuan selama penyimpanan

Perlakuan	Lama Penyimpanan					
	H0	H2	H5	H7	H9	H12
Nilai (L^*)						
BM3	44.6100 ^a	42.8433 ^a	49.8667 ^a	50.6567 ^a	50.5933 ^a	52.5950 ^a
BM	45.3200 ^a	43.0567 ^a	50.0000 ^a	51.2600 ^a	53.2183 ^a	54.1367 ^a
BM5	46.5167 ^a	44.8850 ^a	50.2117 ^a	52.3150 ^a	55.5750 ^a	54.4150 ^a
BB	50.3333 ^b	47.7117 ^a	55.8567 ^b	56.5250 ^a	57.0333 ^a	62.6500 ^b
Uji F	*	ts	*	ts	ts	*
Nilai (a^*)						
BM3	13.2533 ^a	11.6233 ^a	9.5117 ^a	9.8617 ^a	8.9383 ^a	16.7750 ^a
BM	24.2017 ^b	16.8100 ^b	17.1817 ^b	19.1100 ^b	17.3833 ^b	17.0392 ^a
BM5	26.5067 ^b	17.5667 ^b	17.8800 ^b	19.3417 ^b	21.2700 ^{bc}	20.0700 ^a
BB	27.8300 ^a	18.7283 ^b	19.1000 ^b	20.1667 ^b	24.2667 ^c	22.2150 ^a
Uji F	*	*	*	*	*	ts
Nilai (b^*)						
BM3	-3.4000 ^a	-14.9217 ^a	2.1083 ^a	2.9567 ^a	4.6450 ^a	8.6433 ^a
BM	-1.5317 ^a	-11.4100 ^{ab}	2.8783 ^a	5.9600 ^{ab}	5.1433 ^{ab}	10.4233 ^a
BM5	4.0200 ^a	-4.6950 ^b	4.7933 ^a	6.6283 ^{ab}	11.7683 ^{ab}	11.5050 ^a
BB	6.0950 ^a	-3.8650 ^b	5.1167 ^a	24.2667 ^b	12.8400 ^b	19.4467 ^a
Uji F	ts	*	ts	*	*	ts
Pengenceran	*	*	*	*	*	*

Keterangan: (*) berpengaruh signifikan, (ts) tidak signifikan, (abc) notasi Tukey HSD jika huruf sama maka tidak berbeda nyata dan jika huruf berbeda maka ada perbedaan nyata.



Gambar 5. Total perubahan warna kulit pisang ambon lumut selama penyimpanan 12 hari

Warna kulit buah pisang secara umum menampakkan tingkat kematangan dan kesegaran buah pisang. Indarto & Murinto (2020) mengklasifikasikan tiga tahap kematangan buah pisang berdasarkan perubahan warna kulitnya, yaitu fase 1 yang berwarna hijau dalam kondisi pisang mentah, fase 2 yang berwarna kuning pada kondisi pisang matang, dan fase 3 yang berwarna kecoklatan pada kondisi rusak. Klasifikasi tersebut memberikan hasil berbeda pada pisang ambon lumut dengan sifat dan karakteristik kulitnya yang khusus, yaitu struktur kulit yang keras dan berwarna hijau meskipun telah memasuki fase matang, terlihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Penampakan visual perubahan warna kulit pisang ambon lumut berdasarkan nilai Lab*

	Visual buah pisang ambon lumut			Deskripsi
	Sampel a	Sampel b	Sampel c	
H0				(Matang) Pisang dapat dikonsumsi, seluruh permukaan berwarna hijau, kulit sangat keras
H2				(Matang) Pisang dapat dikonsumsi, seluruh permukaan berwarna hijau, kulit keras
H5				(Matang) Pisang dapat dikonsumsi, seluruh permukaan berwarna hijau menuju kuning, kulit melunak
H7				(Matang Berlebih) Sebagian besar pisang dapat dikonsumsi, beberapa pisang telah rusak, permukaan dengan bintik kecoklatan, kulit melunak
H9				(Matang Berlebih) Beberapa pisang dapat dikonsumsi, kulit kecoklatan, sangat lunak
H12				(Rusak) Tidak dapat dikonsumsi, kulit menghitam, berjamur

Sumber: Data primer setelah diolah (2024), buah pisang disimpan pada suhu ruang selama 12 hari

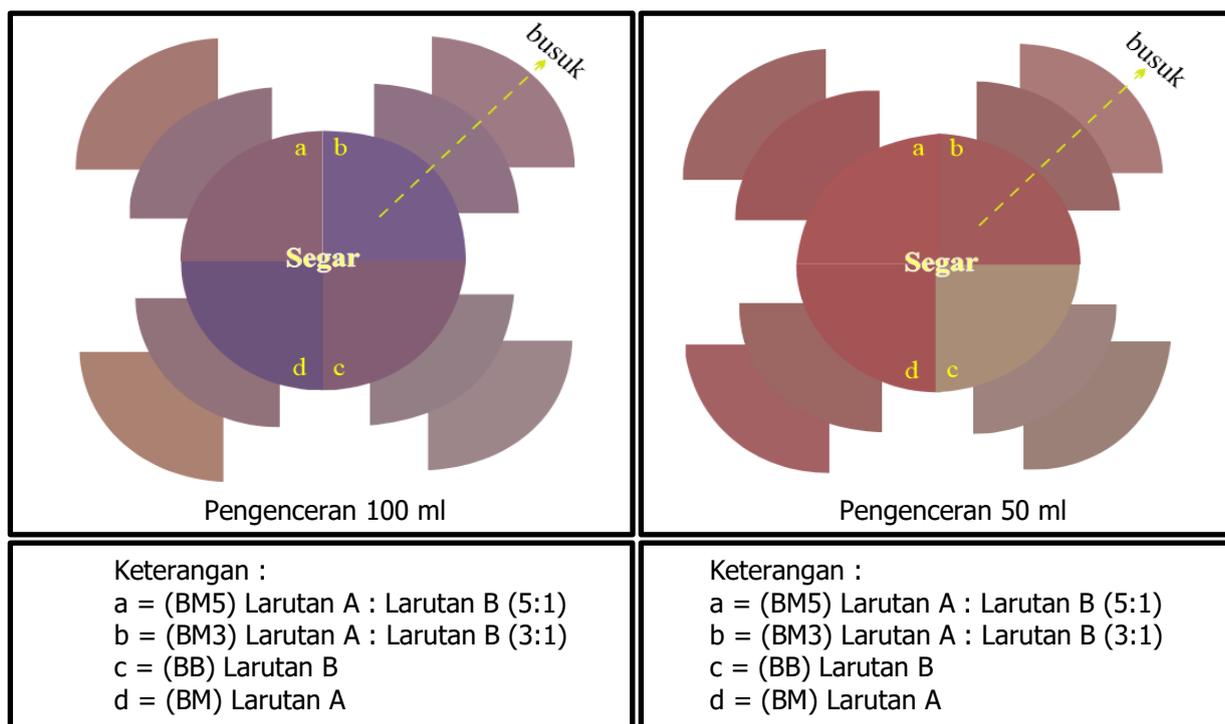
Berdasarkan hasil visualisasi buah pisang ambon lumut, maka tingkat kematangan buah pisang ambon lumut diklasifikasikan sesuai dengan perubahan fisik selama pengamatan, diperoleh fase 1 yaitu (matang) selama penyimpanan H0 hingga H5 dengan warna kulit hijau dan kulit yang keras, fase 2 (matang berlebih) selama penyimpanan H7 hingga H9, dan fase 3 (rusak) pada H12 pengamatan. Secara umum buah pisang ambon lumut tidak memberikan perubahan kulit yang nyata selama fase matang, dan memberikan perubahan yang signifikan terlihat jelas secara visual setelah memasuki fase matang berlebih hingga rusak.

Tingkat kematangan ini sejalan dengan hasil perubahan warna label indikator sesuai dengan visualisasi warna perubahan kertas label pada Gambar 6 dengan tiga fase kematangan serta foto asli contoh perubahan kertas label selama penyimpanan pada Gambar 7. Gambar 6a dan 7a yang

merupakan hasil perlakuan dengan pengenceran 50 ml etanol menunjukkan mayoritas perubahan warna *orange* gelap menuju *orange* muda. Sementara Gambar 6b dan 7b merupakan hasil perlakuan dengan pengenceran 100 ml etanol yang menunjukkan perubahan warna yang lebih signifikan dari ungu menuju kuning.



Gambar 6. Label indikator pada pengemasan buah pisang ambon lumut



Gambar 7. Visualisasi perubahan warna label indikator kesegaran buah pisang ambon lumut

KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian dan pengamatan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu perancangan label indikator kesegaran buah pisang ambon lumut berbasis bromofenol biru dan metil merah dipilih karena kemampuan penentuan spektrofotometri bromin yang mengindikasikan aroma busuk (pembusukan), kemudahan dalam preparasi, mampu mengindikasikan perubahan pH dalam suasana

rendah dan memiliki toksisitas rendah. Dari representasi label indikator kesegaran buah pisang ambon lumut dengan pengenceran 50 ml dan 100 ml etanol, diperoleh pengenceran etanol 100 ml memberikan hasil total perubahan warna yang tertinggi dan variatif dalam mendeteksi tingkat kesegaran buah selama penyimpanan. Sementara itu, komposisi perbandingan yang memberikan data sensitifitas perubahan warna terbaik dan mudah terlihat secara visual adalah perlakuan BM5 yaitu larutan 50% bromofenol biru dan 50% metil merah berbanding larutan 100% bromofenol biru dengan perbandingan 5:1. Adanya label indikator ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada industri buah khususnya pisang ambon lumut, sebagai informasi kesegaran dari buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat. (2023). *Statistik Produksi Tanaman Hortikultura Provinsi Nusa Tenggara Barat 2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat.
- Haq, A., Amri, A., & Fadli, A. (2016). Pengaruh fraksi etanol dalam pelarut dan ketebalan *coating* TiO₂ terhadap kinerja prototip *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis *dye* dari buah tumbuhan senduduk (*Melastoma malabathricum*). *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–6.
- Hurriyah, R. A. R. Z., Kuswandi, B., & Pratoko, D. K. (2017). Pengembangan bromfenol biru dan bromtimol biru pada label pintar sensor kematangan buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Pustaka Kesehatan*, 5(3), 406–412. <https://doi.org/10.19184/pk.v5i3.5890>.
- Indarto, & Murinto. (2020). Deteksi kematangan buah pisang berdasarkan fitur warna citra kulit pisang menggunakan metode transformasi ruang warna HIS. *JUITA: Jurnal Ilmiah Informatika*, 5(1), 15–21. <https://dx.doi.org/10.30595/juita.v5i1.1461>.
- Lisawengeng, Y., Wenur, F., & Longdong, I. A. (2020). Pengaruh pengemasan terhadap mutu buah pisang kepok (*Musa paradisiaca*.L) pada pengangkutan dari Pulau Biaro ke Manado. *Cocos*, 11(4), 1–9. <https://doi.org/10.35791/cocos.v4i4.29966>.
- Maitimu, M., Wakano, D., & Sahertian, D. (2020). Nilai gizi kulit buah pisang ambon lumut (*Musa acuminata* Colla) pada beberapa tingkat kematangan buah. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 2(1), 24–29.
- Nuraini, W. F., Mulia, Y. S., & Kurniawan, E., O.W., J. S. (2019). Pengaruh indikator *bromothymol blue* dengan *bromocresol purple* terhadap pigmentasi *trichophyton mentagrophytes* pada media sereal agar. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(2), 244–251.
- Rahayu, R. N., Purnamasary, I., & Nugraha, A. S. (2022). Pengembangan indikator bromofenol biru dan metil merah pada label pintar sebagai sensor kematangan buah tomat. *Pustaka Kesehatan*, 10(1), 46–51. <https://doi.org/10.19184/pk.v10i1.18817>.
- Wardatullatifah, I. S., Amalia, A. F., & Santoso, D. (2022). Disinfectants effect of fresh cut carrot (*Daucus carota* L) during cold storage in Modified Atmosphere Packaging (MAP). *Prosiding Proceeding of The 1st International Conference On Indigenous Knowledge For Sustainable Agriculture*, 1–4. <https://doi.org/10.35334/iciksa.v0i0.60>.
- Warsiki, E., & Putri, C. D. W. (2012). Pembuatan label/film indikator warna dengan pewarna alami dan sintesis. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 1(2), 82–88.
- Yam, K. L., & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 137–142. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00195-x](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00195-x)