

Label Cerdas Berbasis Ekstrak Kubis Merah (*Brassica oleracea*) sebagai Indikator Kesegaran Filet Ikan Tuna (*Thunnus sp*) pada Suhu 4°C

Smart Label Based on Red Cabbage Extract (Brassica oleracea) as an Indicator of Freshness of Tuna Fillets (Thunnus sp) at 4°C Temperature

Deli Silvia*, Anisah Nur Nabilah Ishaq, Wiwi Prastiwinarti

Program Studi Teknologi Industri Cetak Kemasan, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan,
Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok

*Penulis untuk korespondensi: deli.silvia@grafika.pnj.ac.id

ABSTRACT

Tuna fillets are considered good media for the growth of microorganisms because it contains a high protein level. Tuna fillets needed a smart packaging in order to determine the rottenness. Research has been carried out on making smart labels based on red cabbage extract as an indicator of the freshness of tuna fillets at chiller temperatures. The red cabbage has anthocyanin that can detect the rottenness of tuna fillets. The purpose of this research was to determinate whether the label can be applied as a freshness indicator of tuna fillets at chiller temperature and analyzing the deterioration of the quality of tuna fillets. The indicator labels were made with variations in pH 2, 5, 8, and 11. The tests conducted in this research including mean RGB labels, pH tests, and organoleptic tuna fillets. This research used a Completely Randomized Design (CRD) method which consists of two repetitions for each test. The test was carried out for 8 days and tested every 2 days. From this research, it was found that the pH 2 label was the best pH variation to monitor the freshness of tuna fillets. The color change of the label occurred on the 4th day when the mean RGB label pH 2 was 168.802 ± 1.093 and the pH of the tuna filet was 6.11 ± 0.16 . The organoleptic score had exceeded the sensory limit on day 4 of all parameters with the appearance, smell, and texture scores being 3.8 ± 1.0 , respectively; 4.6 ± 0.8 ; 4.8 ± 1.4 . The pH 2 label was chosen since there was a color change from pink to purple when detecting spoilage in tuna fillets.

Keywords: Tuna fillets, smart packaging, red cabbage, indicator label

ABSTRAK

Filet tuna merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme karena memiliki kandungan protein yang tinggi. Filet tuna membutuhkan kemasan cerdas untuk mengetahui kebusukan. Penelitian mengenai pembuatan label cerdas berbasis ekstrak kubis merah sebagai indikator kesegaran filet tuna pada suhu *chiller* telah dilakukan. Kubis merah memiliki zat antosianin yang dapat mendeteksi kebusukan pada filet ikan tuna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah label dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran filet tuna pada suhu *chiller* dan menganalisis kemunduran mutu filet tuna. Label indikator dibuat variasi pH 2, 5, 8, dan 11. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *mean* RGB label, uji pH, dan organoleptik filet tuna. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua kali pengulangan pada setiap pengujian. Pengujian dilakukan selama 8 hari dan diuji setiap 2 hari sekali. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa label pH 2 merupakan variasi pH terbaik untuk memonitor kesegaran filet tuna. Perubahan warna label terjadi pada hari ke-4 saat *mean* RGB label pH 2 sebesar $168,802 \pm 1,093$ dan pH filet ikan tuna sebesar $6,11 \pm 0,16$. Skor organoleptik sudah melebihi batas sensori pada hari ke-4 dari semua parameter dengan skor kenampakan, bau, dan tekstur berturut-turut adalah $3,8 \pm 1,0$; $4,6 \pm 0,8$; $4,8 \pm 1,4$. Label pH 2 dipilih karena mengalami perubahan warna dari merah muda menjadi ungu saat mendeteksi kebusukan pada filet tuna.

Kata kunci: Filet tuna, kemasan cerdas, kubis merah, label indikator

PENDAHULUAN

Produk ikan sangat mudah rusak karena aktivitas air (aw) yang tinggi dan kandungan protein, dan adanya enzim autolitik yang menyebabkan pembusukan ikan (Liu *et al.*, 2010). Tuna dikenal memiliki kandungan lemak, protein, dan asam lemak omega-3 yang tinggi. Zat-zat tersebut yang menjadikan ikan tuna sebagai media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut dapat menimbulkan perubahan secara fisik, kimia, maupun biologis. Penurunan kualitas ikan tuna dapat diamati melalui kenampakan, bau, dan tekstur. Namun pengemasan filet ikan tuna memiliki kekurangan yaitu konsumen tidak dapat menilai bau dan tekstur. Kemasan cerdas (*smart packaging*) dapat digunakan untuk memonitor kesegaran filet ikan tuna.

Kemasan cerdas memiliki kemampuan untuk mendeteksi kondisi pada makanan yang dikemas atau lingkungannya (Vanderroost *et al.*, 2014). Sebelumnya telah dilakukan pengembangan kemasan cerdas berupa film indikator pH untuk mendeteksi kesegaran pangan. Penelitian untuk mendeteksi kesegaran filet ikan tuna telah dilakukan, diantaranya oleh Amongsari *et al.* (2020) yang telah mengembangkan sensor kesegaran edible berbasis antosianin kulit buah juwet yang disimpan pada suhu ruang. Julyaningsih *et al.* (2020) juga telah mengembangkan kemasan pintar dan kemasan aktif berbasis *methyl red* dan *bromothynol blue* untuk mendeteksi kesegaran filet ikan tuna pada suhu *chiller*. Selain itu, Imawan *et al.* (2018) telah mengembangkan label kolorimetrik untuk mendeteksi kesegaran pada susu yang dianalisis menggunakan *ImageJ*.

Kubis merah (*Brassica oleracea*) memiliki kandungan antosianin yang dapat mengalami perubahan warna pada setiap rentang pH, mulai dari merah, ungu, biru, hijau, dan kuning (Pourjavaher *et al.*, 2017). Antosianin merupakan pigmen alami yang dapat ditemukan pada semua jaringan tanaman pada tumbuhan berwarna merah dan ungu seperti akar, batang, daun, bunga, dan buah-buahan (Santoso *et al.*, 2015). Penelitian tentang kubis merah telah dilakukan oleh

Senja *et al.* (2014) dengan membandingkan konsentrasi etanol untuk mengekstraksi kubis merah dan juga Yusuf *et al.* (2018) tentang perbandingan metode ekstraksi untuk mendapatkan antosianin terbaik.

Pada penelitian ini dikembangkan label indikator kesegaran filet ikan tuna berbasis ekstrak kubis merah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan label dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran filet ikan tuna pada suhu *chiller* dan menganalisis kemunduran mutu filet ikan tuna. Selain itu dilakukan juga pengujian mean RGB pada label dan karakteristik filet ikan tuna yang meliputi uji pH dan organoleptik. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kesegaran filet ikan tuna dengan mengamati perubahan warna pada label secara langsung.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah filet ikan tuna segar, kubis merah, etanol 96%, *aquadest*, NaOH (Merck), HCl (Merck), kertas whatman no. 41, kertas saring whatman no. 1, *styrofoam*, dan *plastic wrap*.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *blender*, pisau, timbangan analitik, pH meter, desikator, *beaker glass*, *hotplate stirrer*, *scanner* tipe Canon MP230, dan *software ImageJ*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua kali pengulangan pada setiap datanya dan dibuat rata-rata untuk setiap parameter ukur.

Prosedur Kerja

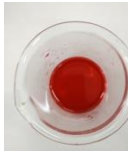

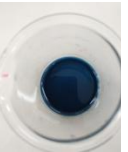

Pembuatan ekstrak kubis merah

Sebanyak 200 gram kubis merah segar dicacah menjadi potongan-potongan kecil lalu dihaluskan menggunakan *blender*. Kubis merah yang sudah dihaluskan kemudian direndam dengan pelarut etanol 96% selama 24 jam pada suhu ruang dengan perbandingan kubis merah dan pelarut 1:1.

Variasi pH ekstrak kubis merah

Warna larutan ekstrak kubis merah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Larutan ekstrak kubis merah

pH 2	pH 5	pH 8	pH 11
			

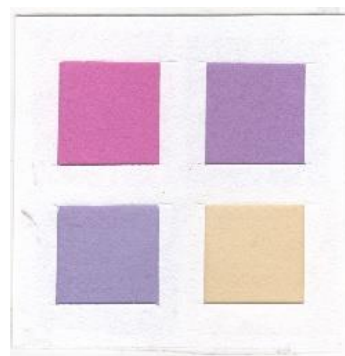
Ekstrak kubis merah divariasikan pH nya menjadi pH 2, 5, 8, dan 11. NaOH 1% dan NaOH 30% digunakan untuk membuat larutan menjadi basa. Sedangkan HCl 1% digunakan untuk membuat larutan menjadi asam. Kubis merah memiliki pH 5, maka untuk variasi pH 5 tidak ditambahkan NaOH maupun HCl. HCl 1% ditambahkan untuk membuat larutan menjadi pH 2. NaOH 1% ditambahkan untuk membuat larutan menjadi pH 8, dan NaOH 30% ditambahkan untuk membuat larutan menjadi pH 11. Larutan kubis merah mengalami perubahan warna hampir di setiap rentang pH. Warna larutan secara berturut-turut dari pH 2, 5, 8, dan 11 adalah merah muda, ungu, biru, dan kuning.

Parameter Pengamatan

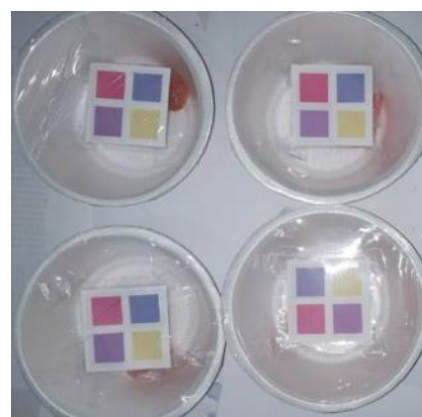
Pengujian sensitivitas gas amonia

Uji sensitivitas gas amonia dilakukan dengan menempatkan 10 mL larutan NH₄OH dan 5 mL masing-masing larutan ekstrak pada semua variasi pH di dalam wadah tertutup yang kedap udara (Riyanto *et al.*, 2014).

Preparasi label indikator



Gambar 1. Label indikator



Gambar 2. Kemasan filet tuna

Kertas whatman direndam ke dalam masing-masing larutan pH selama 20 menit lalu dikeringkan pada suhu ruang. Kemudian kertas whatman dari masing-masing pH dipotong menjadi ukuran 2,5 cm x 2,5 cm dan ditempel pada satu kertas whatman. Satu label indikator kertas whatman terdiri dari 4 variasi pH. Pengemasan filet ikan tuna dilakukan dengan menggunakan *styrofoam* dan *plastic wrap* yang sudah ditempel dengan label indikator. Kemudian filet tuna yang sudah dikemas disimpan ke dalam *chiller*.

Pengujian warna label indikator

Pengujian warna label indikator dilakukan menggunakan *software ImageJ*. Label di-scan menggunakan *scanner* tipe Canon MP230. Parameter yang diukur adalah *mean Red, Green, dan Blue (RGB)* pada label.

Pengujian organoleptik filet tuna

Pengujian organoleptik filet ikan tuna meliputi kenampakan, bau, dan tekstur berdasarkan SNI 7530.1:2009. *Scoresheet*

diberikan kepada 10 orang panelis tidak terlatih.

Pengujian pH filet tuna


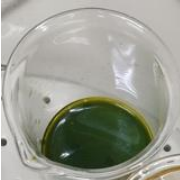

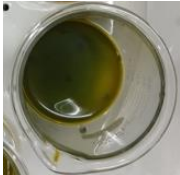

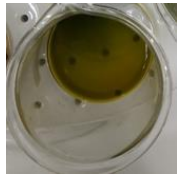


Pengujian pH dilakukan menggunakan pH meter yang sebelumnya dikalibrasi dahulu. Sebanyak 5 gram sampel filet ikan tuna dihaluskan dan ditambah 50 mL *aquadest* kemudian dihomogenkan (Julyaningsih *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH Terhadap Warna Ekstrak Sensitivitas gas amonia

Pengujian sensitivitas gas amonia terhadap larutan indikator dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji sensitivitas gas amonia terhadap larutan indikator

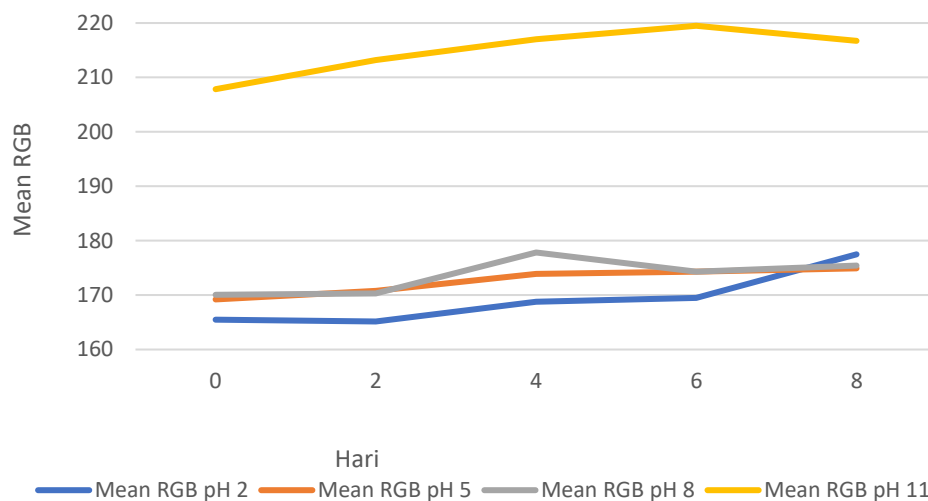
pH	Warna jam ke-0	Warna jam ke-2
2		
5		
8		
11		

Pengujian sensitivitas larutan ekstrak kubis merah terhadap uap NH_3 dari NH_4OH dilakukan di dalam desikator. Perubahan warna dapat dilihat pada Tabel 2. Larutan pH 2, 5, dan 8 mengalami perubahan warna menjadi hijau. Sedangkan larutan pH 11 tetap berwarna kuning namun sedikit lebih gelap. Menurut Riyanto *et al.* (2014), larutan dengan pH asam lebih mudah mengalami perubahan

warna jika bereaksi dengan senyawa basa yang menguap dibandingkan larutan dengan pH basa.

Warna Label Indikator

Grafik nilai *mean* RGB label dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan perubahan warna label secara visual dapat dilihat pada Tabel 3.























Gambar 3. Nilai mean RGB label

Berdasarkan Gambar 3, nilai mean RGB label dengan pH 2, 8, dan 11 fluktuatif, sedangkan label dengan pH 5 meningkat seiring bertambahnya hari. Namun jika dilihat pada Tabel 3, pH 2 mengalami perubahan warna secara visual dari warna awal merah muda menjadi ungu. Pada hari ke-0, label dengan pH 2 berwarna merah muda dan memiliki nilai *mean* RGB sebesar $165,465 \pm 0,755$. Pada hari ke-2, *mean* RGB label mengalami penurunan menjadi sebesar $165,154 \pm 2,047$. Label mulai menampilkan warna keunguan pada hari ke-4 dengan nilai *mean* RGB sebesar $168,802 \pm 1,093$. Meskipun nilai *mean* RGB label pH 2 mengalami penurunan pada hari ke-2 dan mengalami peningkatan di hari berikutnya.

Perubahan warna dapat diamati secara visual. Pada hari ke-6, *mean* RGB label mencapai sebesar $169,484 \pm 1,960$. Nilai *mean* RGB terbesar pada label pH 2 diperoleh pada hari ke-8, yaitu sebesar $177,494 \pm 0,009$. Label pH 2 mengalami perubahan warna menjadi ungu seiring bertambahnya hari. Label dengan pH 5 terus mengalami peningkatan hingga hari ke-8 namun label tidak mengalami perubahan warna secara visual meskipun nilai *mean* RGB mengalami peningkatan. Label dengan pH 8 dan 11 tidak mengalami perubahan warna sampai hari ke-8 meskipun nilai *mean* RGB kedua label tersebut mengalami peningkatan dan penurunan. Perubahan warna label disebabkan oleh dekomposisi protein pada daging yang busuk (Nurfawaidi *et al.*, 2018).

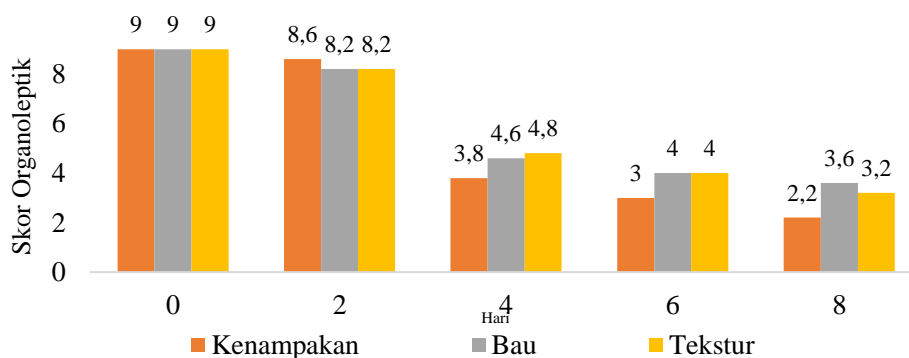
Tabel 3. Perubahan warna label indikator

Hari	Perubahan warna label dan <i>mean</i> RGB			
	pH 2	pH 5	pH 8	pH 11
0	 165,465	 169,207	 170,059	 207,841
2	 165,154	 170,752	 170,333	 213,200
4	 168,802	 173,908	 177,832	 217,031
6	 169,484	 174,329	 174,310	 219,494
8	 177,494	 174,919	 175,420	 216,696

Karakteristik Organoleptik Filet Tuna

Pengamatan terhadap kesegaran filet tuna dilakukan dari hari ke-0, 2, 4, 6 dan 8.

Adapun hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai organoleptik filet ikan tuna

Berdasarkan Gambar 4, skor organoleptik dari semua parameter mengalami penurunan tiap harinya. Kenampakan, bau, dan tekstur daging filet ikan tuna masih layak konsumsi sampai hari ke-2 karena skor organoleptik dari semua parameter masih memenuhi batas sensori,

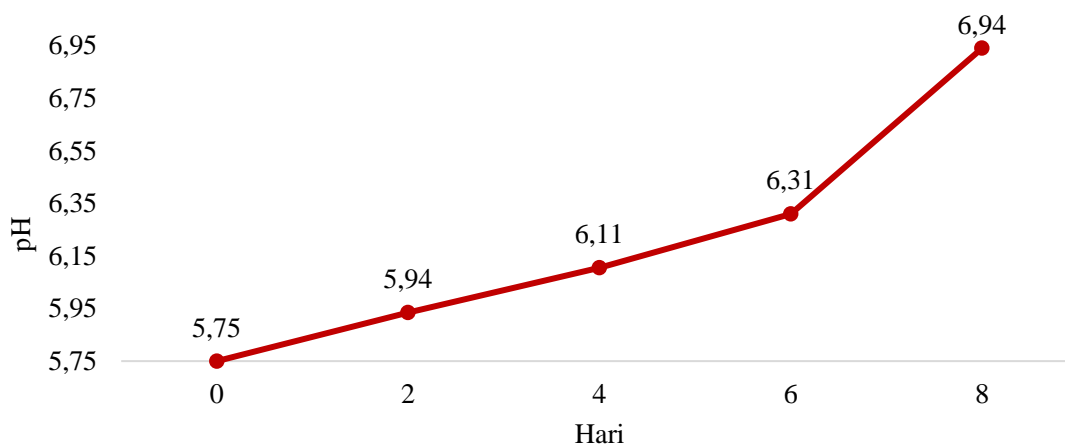
yaitu di atas 7, menurut SNI 7530.1:2009. Pada hari ke-4 filet ikan tuna sudah tidak dapat dikonsumsi lagi karena skor organoleptik dari semua parameter tidak mencapai batas sensori. Pada hari ke-4, skor kenampakan mencapai $3,8 \pm 1,0$ yang berarti daging berwarna merah kusam dan serat

daging mulai memisah. Bau mencapai $4,6 \pm 0,8$ yang menandakan bau busuk mulai jelas. Tekstur mencapai $4,8 \pm 1,4$ yang menandakan daging atau tekstur kurang elastis, kurang padat, dan kurang kompak. Perubahan warna daging, bau, tekstur, dan perubahan lain yang tidak dikehendaki diakibatkan oleh penguraian lemak oleh

aktivitas enzim serta terjadinya oksidasi dengan adanya oksigen menjadi asam lemak (Irianto *et al.*, 2014).

pH Filet Tuna

Hasil pengamatan pH fillet tuna pada hari ke-0, 2, 4, 6 dan 8 dapat dilihat pada Gambar 5



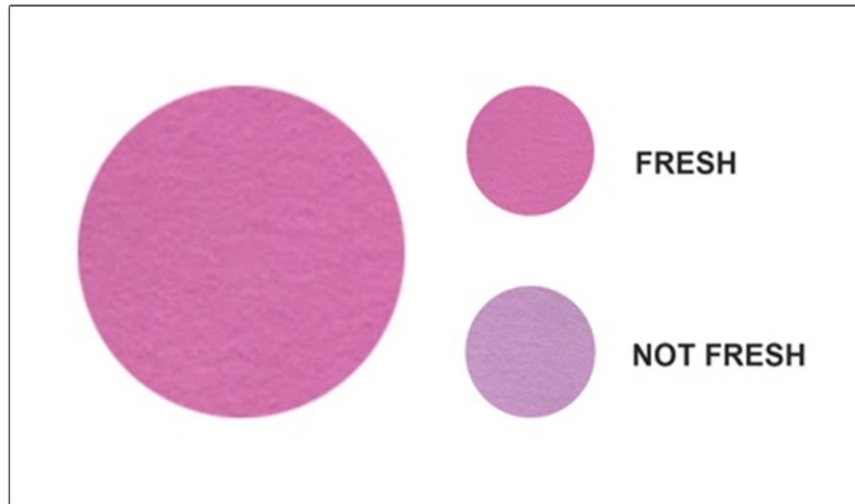
Gambar 5. Nilai pH fillet ikan tuna

Berdasarkan Gambar 5, nilai pH fillet ikan tuna mengalami peningkatan dari hari ke hari. Pada hari ke-0 fillet ikan tuna sebesar $5,75 \pm 0,01$ dan terus meningkat sampai mencapai $6,94 \pm 0,76$ di hari ke-8. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Julyaningsih *et al.* (2020) bahwa pH fillet ikan tuna yang disimpan pada suhu *chiller* meningkat tiap harinya. Pada hari ke-2 fillet ikan tuna memasuki fase rigor mortis dengan pH mencapai $5,94 \pm 0,04$. Perubahan pH daging ikan memiliki peran yang sangat besar pada proses pembusukan ikan karena berpengaruh terhadap proses autolisis dan penyerangan bakteri (Alinti *et al.*, 2018). Pada hari ke-4 fillet ikan tuna sudah memasuki fase post rigor atau autolisis dengan pH mencapai

$6,11 \pm 0,16$. Fase ini ditandai dengan skor organoleptik yang sudah tidak dapat diterima lagi oleh panelis dari parameter kenampakan, tekstur, dan bau. Perubahan pH pada ikan ini disebabkan karena adanya aktivitas bakteri pengurai yang mendegradasi protein menjadi bentuk zat volatil yang bersifat basa (Julyaningsih *et al.*, 2020). Pembusukan ikan menyebabkan pH fillet ikan tuna semakin basa. Hal ini disebabkan oleh proses autolisis pada daging ikan yang mengakibatkan degradasi protein oleh enzim proteolitik dan akumulasi basa volatil (Hizbullah *et al.*, 2020).

Desain Label Indikator

Desain label indikator dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Desain label indikator

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, label indikator berbasis ekstrak kubis merah yang dapat digunakan untuk mendeteksi kesegaran filet ikan tuna adalah label pH 2. Kebusukan filet ikan tuna dapat diketahui dengan mengamati perubahan warna pada label. Label yang semula berwarna merah muda akan berwarna ungu pada saat filet ikan tuna mengalami kebusukan. Filet ikan tuna dikategorikan 'fresh' saat nilai *mean* RGB sebesar $165,465 \pm 0,755$. Sedangkan filet ikan tuna dikategorikan 'not fresh' saat *mean* RGB mencapai sebesar $168,802 \pm 1,093$.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi pH ekstrak kubis merah terbaik adalah pH 2. Label dengan pH 2 dipilih karena mengalami perubahan warna dari warna awal merah muda menjadi ungu saat mendeteksi kebusukan pada filet ikan tuna. Sedangkan label dengan pH 5, 8, dan 11 tidak mengalami perubahan warna sama sekali dari awal hingga akhir pengujian.
2. Nilai pH filet ikan tuna mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu. Berdasarkan pengujian organoleptik, filet ikan tuna sudah tidak layak dikonsumsi lagi pada hari ke-4.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak UP2M Politeknik Negeri Jakarta atas bantuan dana yang diberikan demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alinti Z, Timbowo SM, dan Mentang F. 2018. Kadar Air, pH, dan kapang ikan cakalang (*Katsuwonus Pelamis* L.) asap cair yang dikemas vakum dan non vakum pada penyimpanan dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(1): 6-13. DOI: <https://doi.org/10.35800/mthp.6.1.2.018.16851>.
- Amongsari L, Kuswandi B, dan Kristiningrum N. 2020. Pengembangan sensor kesegaran edible untuk fillet ikan tuna (*Thunnus albacares*) berbasis antosianin kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) dengan membran selulosa bakterial. *Pustaka Kesehatan*, 8(2): 66-71. DOI: <https://doi.org/10.19184/pk.v8i2.11460>.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. Standar Nasional Indonesia. SNI 7530.1:2009. *Tuna Loin Segar-Bagian 1: Spesifikasi*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Hizbullah HH, Sari NK, Nurhayati T, and Nurilmala M. 2020. Quality changes of little tuna fillet (*Euthynnus affinis*) during

- chilling temperature storage. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 404, No. 1, p. 012015). IOP Publishing. DOI: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012015>.
- Imawan C, Fitriana R, Listyarini A, Sholihah W, and Pudjiastuti W. 2018. Kertas label kolorimetrik dengan ekstrak ubi ungu sebagai indikator pada kemasan pintar untuk mendeteksi kesegaran susu. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 40(1): 25-32. DOI: <http://doi.org/10.24817/jkk.v40i1.3525>.
- Irianto HE. dan Giatmi S. 2014. *Prinsip Dasar Teknologi Pengolahan dan Hasil Perikanan*. Universitas Terbuka, Tangerang Selatan.
- Julyaningsih AH, Latief R, and Dirpan A. 2020. The making of smart and active packaging on tuna fillet. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 486, No. 1, p. 012053). IOP Publishing. DOI: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012053>.
- Liu S, Fan W, Zhong S, Ma C, Li P, Zhou K, and Zhu, M. 2010. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0°C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. *African Journal of Biotechnology*, 9(5): 692-701. DOI: <http://doi.org/10.5897/AJB09.1369>.
- Nurfawaidi A, Kuswandi B, dan Wulandari L. 2018. Pengembangan label pintar untuk indikator kesegaran daging sapi pada kemasan. *Pustaka Kesehatan*, 6(2), 199-204. DOI: <https://doi.org/10.19184/pk.v6i2.7560>.
- Pourjavaher S, Almasi H, Meshkini S, Pirsas S, dan Parandi E. 2017. Development of a colorimetric pH indicator based on bacterial cellulose nanofibers and red cabbage (*Brassica oleracea*) extract. *Carbohydrate polymers*, 156, 193-201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.027>.
- Riyanto R, Hermana I, dan Wibowo S. 2014. Karakteristik plastik indikator sebagai tanda peringatan dini tingkat kesegaran ikan dalam kemasan plastik. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2): 153-163. DOI: <http://doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.108>.
- Santoso B, dan Mulyono EWS. 2015. Penapisan zat warna alam golongan anthocyanin dari tanaman sekitar sebagai indikator asan basa. *Jurnal Fluida*, 11(2): 1-8. DOI: <http://doi.org/10.35313/fluida.v11i2.80>.
- Senja RY, Issusilaningtyas E, Nugroho AK, dan Setyowati EP. 2014. Perbandingan metode ekstraksi dan variasi pelarut terhadap rendemen dan aktivitas antioksidan ekstrak kubis ungu (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*). *Traditional Medicine Journal*, 19(1), 43-48.
- Solano-Doblado LG, Heredia FJ, Gordillo-Arrobas B, Davila-Ortiz G, Alamilla-Beltran L, Maciel-Cerda A, and Jiménez-Martínez C. 2020. pH-indicating properties and storage stability of a smart edible film based on nopal-mucilage/gellan gum and red cabbage anthocyanins. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 19(1): 363-374. DOI: <http://doi.org/10.24275/rmiq/Alim1583>.
- Vanderroost M, Ragaert P, Devlieghere F, and De Meulenaer B. 2014. Intelligent food packaging: the next generation. *Trends in food science & technology*, 39(1), 47-62. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.009>.