

## Pengembangan Sensor Kesegaran Edible untuk *Fillet* Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium cumini*) dengan Membran Selulosa Bakterial

### *(The Development of Edible Freshness Sensor for Fillet Tuna Fish (Thunnus albacares) Based on Antosianin Juwet (Syzygium cumini) with Bacterial Cellulose Membrane)*

Lilis Amongsari, Bambang Kuswandi, Nia Kristiningrum  
Fakultas Farmasi Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
e-mail korespondensi: b.kuswandi@gmail.com; [lilisamong@gmail.com](mailto:lilisamong@gmail.com)

#### **Abstract**

Fishery products are the foodstuffs that are popular with many people. One of the processed fisheries products that people like is tuna fillets. This product required quality of tuna fillet, so the analytical tool was needed to analyze the freshness of tuna fillets easily and practically. The purpose of this study was to develop an edible freshness sensor based on anthocyanin juwet (*Syzygium cumini*) with bacterial cellulose membrane from nata de coco. The edible freshness sensor can be applied as a freshness sensor for determine of the freshness level of tuna fish fillets with various parameters. Tested for the freshness of tuna fillets were included total microbial test, total volatile bases nitrogen (TVB-N) test, pH value, texture value, and organoleptic test. The color change of an edible freshness sensor was observed visually and tested using the imageJ program to determine the value of mean green. The results showed that a change in the color of freshness sensor namely dark purple when tuna fillets were fresh, light purple when tuna fillets were still fresh and gray when tuna fillets were no longer fresh. The value of mean green from edible freshness sensor increase with decreasing the freshness level of tuna fillets.

**Keywords:** Anthocyanin, freshness sensor, nata de coco, tuna

#### **Abstrak**

Produk perikanan merupakan bahan pangan yang banyak digemari oleh masyarakat. Salah satu hasil pengolahan produk perikanan yang disukai masyarakat adalah *fillet* ikan tuna. Hal tersebut diikuti dengan tuntutan kualitas mutu produk *fillet* ikan tuna, sehingga dibutuhkan suatu alat analisa yang dapat menganalisis kesegaran *fillet* ikan tuna secara mudah dan praktis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor kesegaran *edible* berbasis indikator antosianin dari ekstrak kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) dengan membran selulosa bakterial dari *nata de coco*. Sensor kesegaran *edible* tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran dan mengetahui tingkat kesegaran *fillet* ikan tuna dengan berbagai parameter. Dilakukan uji parameter kesegaran *fillet* ikan tuna meliputi uji total mikroba, uji *total volatile bases nitrogen (TVB-N)*, nilai pH, nilai tekstur, dan uji organoleptis. Perubahan warna sensor kesegaran *edible* diamati secara visual dan diuji menggunakan program *ImageJ* untuk menentukan nilai mean green. Hasil menunjukkan perubahan warna sensor kesegaran yaitu ungu tua saat *fillet* ikan tuna dalam keadaan segar, ungu muda saat *fillet* ikan tuna masih segar dan abu-abu ketika *fillet* ikan tuna sudah tidak lagi segar. Nilai *mean green* sensor kesegaran *edible* meningkat seiring dengan penurunan tingkat kesegaran *fillet* ikan tuna.

**Kata Kunci:** Antosianin, *nata de coco*, sensor kesegaran, tuna

#### **Pendahuluan**

Produk perikanan merupakan salah satu bahan pangan yang digemari oleh masyarakat. *Fillet* ikan tuna merupakan hasil pengolahan produk perikanan yang sering dijumpai di pasaran. Seperti produk perikanan lainnya *fillet* ikan rentan mengalami

kerusakan dan memiliki masa simpan yang pendek [1]. Saat ini penilaian penurunan mutu ikan masih menggunakan cara-cara sensori, seperti melihat penampilan dan warna ikan, mencium aroma ikan, meraba tekstur ikan. Ikan yang rusak akibat mikroorganisme akan memproduksi senyawa-senyawa basa nitrogen yang mudah menguap atau

disebut juga total volatile bases nitrogen (TVB-N). Senyawa tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kesegaran ikan [2]. Peningkatan konsentrasi TVB-N mengakibatkan peningkatan pH pada ikan [3].

Peningkatan pH pada ikan dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kesegaran ikan. Beberapa tahun terakhir telah banyak dilakukan beberapa penelitian yang memanfaatkan indikator kolorimetri untuk evaluasi kesegaran ikan dengan memanfaatkan perubahan pH pada ikan. Huang, dkk. [4] yang mengevaluasi kesegaran ikan menggunakan *bromocresol purple*, *green* dan *cresol red*. Demikian pula Kuswandi, dkk. [5], yang mengevaluasi indikator kolorimetri berbasis *polyaniline* untuk mendeteksi kebusukan pada ikan. Namun, penggunaan senyawa-senyawa kimia tersebut mulai dihindari karena memiliki potensi efek berbahaya bagi manusia yang bersifat karsinogenik atau mutagenik [6,7]. Pigmen pewarna alami dapat digunakan sebagai alternatif indikator kolorimetri yang dinilai lebih aman, tidak toksik, mudah dipreparasi, dan ekonomis jika dibandingkan dengan pewarna kemosintesis [7,8].

Antosianin merupakan pigmen alami yang memiliki rentang respon yang luas terhadap variasi pH [9]. Buah yang mengandung antosianin adalah Juwet atau *Syzygium cumini* banyak ditemukan di Indonesia. Juwet memiliki kandungan antosianin yang tinggi pada kulit buahnya [10]. Warna antosianin yang diekstraksi dari kulit buah Juwet matang pada pH rendah berwarna merah dan berwarna hijau sampai kuning pada pH tinggi, sehingga berpotensi sebagai indikator kolorimetri dalam pembuatan sensor. Penggunaan indikator kolorimetri membutuhkan membran sebagai media reaksi antara reagen dan analit pada suatu pembuatan sensor. Penggunaan selulosa bakterial sebagai membran edible dapat menjadi pilihan karena terbuat dari bahan alami, ramah lingkungan dan aman jika dikonsumsi [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor kesegaran edible dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran fillet ikan tuna, dilakukan berbagai uji parameter tingkat kesegaran fillet ikan tuna, serta hubungan antara perubahan warna sensor tersebut dengan berbagai parameter tingkat kesegaran fillet ikan tuna. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberi informasi tentang tingkat kesegaran fillet ikan tuna kepada konsumen tanpa membuka kemasan.

## Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi pisau, blender, timbangan analitik, gelas ukur 25 mL, vial, pipet tetes, *ball pipet*, plat tetes, pinset, batang pengaduk, labu ukur 5mL, kuvet, spektrofotometri UV-vis, autoklaf, incubator, rheotex, *petry disk*, oven, termometer, pH meter, *refrigerator*, *Laminar air flow*,

*bluetip*, *yellowtip*, *press kaca*, *scanner*, dan *software ImageJ*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fillet ikan tuna (*Thunnus albacares*) yang dibeli di Hypermart Jember, kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) yang diambil dari desa Parang, kecamatan Parang, Magetan, *nata de coco* tanpa pemanis yang dibeli di pasar tradisional "Tanjung" Jember, aquades, etanol 96%, Polivinil Alkohol (PVA), media *plate count agar* (PCA), kalium klorida (KCl), natrium asetat ( $\text{CH}_3\text{CO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ).

### Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Juwet

Indikator kulit buah juwet diawali dengan menyiapkan simplisia kulit buah juwet. Ekstraksi dilakukan dengan menimbang 2 gram kulit buah juwet kering yang dimaserasi dengan 10 mL etanol 96% selama 60 menit, kemudian diremaserasi dengan cara yang sama sehingga diperoleh ekstrak dengan konsentrasi 10 % b/v. Ekstrak kulit buah juwet yang digunakan ditentukan kadar antosianin totalnya. Penentuan kadar antosianin total dilakukan dengan metode perbedaan pH (*pH differential*).

### Pembuatan Membran Selulosa Bakterial

Membran selulosa bakterial dibuat dengan mengancurkan 114 gram nata de coco hingga membentuk bubur dan dihilangkan sisa airnya. Bubur dituangkan pada press kaca berukuran 5 cm x 15 cm dengan ketebalan 3 mm. Bubur nata de coco yang telah di press dimasukkan dalam oven dengan suhu 100 °C selama 18 jam agar dihasilkan membran kering.

### Fabrikasi Sensor Kesegaran Edible

Fabrikasi sensor kesegaran *edible* dilakukan menggunakan membran selulosa bakterial yang dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 7 mm. Pengimobilisasian dilakukan menggunakan teknik adsorpsi pada ekstrak kulit buah juwet yang telah diimobilisasi dengan teknik *entrapment* pada PVA 0,1% dengan perbandingan ekstrak dan PVA 1:3 selama 90 menit.

### Label Pintar Sebagai Sensor Kesegaran Edible

Desain label dibuat seperti pada gambar 1. Label yang disertai *freshness sign* diletakkan pada bagian dalam kemasan *fillet* ikan tuna untuk mengetahui tingkat kesegarannya.



Gambar 1. Desain label sensor kesegaran

### Analisis Perubahan Warna Sensor Kesegaran Edible

Pengamatan perubahan warna sensor kesegaran *edible* dilakukan secara visual dan menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui nilai *mean green*. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan *scanner*.

### Uji Total Mikroba

Alat yang digunakan untuk analisis total mikroba harus dalam kondisi steril. 1 g sampel dihancurkan dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL aquades steril, kemudian dihomogenkan menggunakan vortex sehingga diperoleh pengenceran  $10^{-1}$ . Dari larutan induk tersebut diambil 1 mL kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL aquades steril kemudian dihomogenkan menggunakan vortex sehingga diperoleh pengenceran  $10^{-2}$ , demikian seterusnya sampai diperoleh pengenceran  $10^{-4}$ . 1 mL suspensi dari setiap pengenceran diinokulasikan ke dalam cawan petri dan dituangi 10 mL *plate count agar* (PCA) yang masih cair namun telah didinginkan. Goyangkan sampai merata dan biarkan memadat. Cawan diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam. Hasil pertumbuhan koloni pada media agar dihitung dengan menggunakan *Coloni Counter* [12]. Jumlah koloni dapat dihitung dengan persamaan:

Koloni per mL = Jumlah koloni percawan  $\times 1/(\text{Faktor Pengenceran})$

### Uji Total Volatile Bases Nitrogen (TVB-N)

*Total Volatile Base* pada *fillet* ikan tuna dihitung dengan menggunakan destilasi Kjeldahl. Sebanyak 10 g sampel dihaluskan, dan dimasukkan dalam beaker glass yang berisi 100 mL aquades. Sampel didiamkan selama 30 menit dengan pengadukan setiap 10 menit, kemudian larutan disaring dengan kertas saring. 5 mL filtrat dibasakan dengan menambahkan 5 ml MgO 10 g/L. Larutan kemudian didestilasi menggunakan destilasi Kjeldahl selama 5 menit. Destilat diabsorpsi dengan 10 mL asam borat 20 g/L yang telah ditambahkan 5-6 tetes indikator metil merah metil biru (MMMB) dan dititrasi dengan HCL 0,01 N hingga terjadi perubahan warna biru keunguan [13]. *TVB-N* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{TVB-N (mg/100 g)} = \times 100$$

### Uji Nilai pH

Sebanyak 1 g sampel dihancurkan dan dilarutkan dalam 20 mL *aquadest* dan dihomogenkan. Tingkat keasaman diukur dengan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan buffer standar 4, 7, dan 10 [14].

### Uji Tekstur

Tekstur *fillet* ikan tuna diukur dengan menggunakan Rheotex. Pengukuran dilakukan dengan menusukkan jarum rheotex sedalam 10 mm

pada *fillet* ikan tuna dengan ketebalan  $\pm 3$  cm. Angka yang ditunjukkan jarum rheotex (g) merupakan nilai tekstur dari ikan. Pengukuran dilakukan di 10 titik pada setiap sampel [15].

### Uji Organoleptis

Pada uji ini dilakukan penilaian pada kenampakan warna dan bau. 10 orang panelis akan memberikan nilai pada sampel yang diamati. Semakin segar ikan nilainya akan semakin tinggi. Nilai yang diberikan berkisar 9-1. Penilaian dilakukan berdasarkan *scoresheet* SNI 2346:2011 [16].

## Hasil

### Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Juwet

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh rata-rata konsentrasi antosianin total ekuivalen sianidin-3-glikosida dari ekstrak kulit buah juwet yang digunakan sebesar  $2.621,725 \pm 11,665$  mg/L.

### Pembuatan Membran Selulosa Bakterial

Membran kering yang dihasilkan memiliki ketebalan 0,20 mm, kemudian dipotong dengan diameter 7 mm. Membran selulosa bakterial yang siap dipakai dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Membran selulosa bakterial

### Fabrikasi Sensor Kesegaran Edible

Fabrikasi dilakukan dengan melakukan imobilisasi ekstrak kulit buah juwet pada membran selulosa bakterial. Hasil fabrikasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Membran selulosa bakterial yang telah diimobilisasi

### Perubahan Warna Sensor Kesegaran Edible

Waktu (jam)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Warna Sensor												

Gambar 5. Perubahan warna sensor kesegaran *edible* pada penyimpanan suhu ruang

Sensor kesegaran *edible* pada *fillet* ikan yang disimpan pada suhu ruang dapat diamati perubahan warna secara visual pada gambar 5. Membran kemudian *discan* dan dianalisis menggunakan *software ImageJ*. Pada tabel 1 dapat dilihat adanya peningkatan nilai *mean green* seiring lamanya waktu penyimpanan.

Tabel 1. Nilai *mean green* penyimpanan suhu ruang

Jam	Mean green $\pm$ SD
2	78,207 $\pm$ 1,308
4	86,179 $\pm$ 1,800
6	100,335 $\pm$ 4,116
8	106,407 $\pm$ 2,846
10	109,239 $\pm$ 4,709
12	116,607 $\pm$ 1,421
14	120,345 $\pm$ 3,837
16	124,431 $\pm$ 2,809
18	126,370 $\pm$ 1,194
20	128,253 $\pm$ 3,953
22	131,779 $\pm$ 3,005
24	134,037 $\pm$ 1,255

### Uji Total Mikroba

Uji total mikroba pada *fillet* ikan tuna yang disimpan pada suhu ruang selama 24 jam dihitung menggunakan metode *total plate count* (TPC). Hasil uji total mikroba dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji total mikroba

Jam	cfu/g	log cfu/g
2	$4,3 \times 10^3$	3,633
4	$1,8 \times 10^4$	4,255
6	$2,5 \times 10^4$	4,398
8	$4,7 \times 10^4$	4,672
10	$3,1 \times 10^5$	5,491
12	$3,7 \times 10^5$	5,568
14	$2,7 \times 10^6$	6,431
16	$4,6 \times 10^6$	6,663
18	$2,8 \times 10^7$	7,447
20	$4,2 \times 10^7$	7,623
22	$2,4 \times 10^8$	8,380
24	$3,5 \times 10^8$	8,544

### Uji Total Volatile Bases Nitrogen (TVB-N)

*Fillet* ikan tuna yang disimpan pada suhu ruang selama 24 ditentukan nilai TVB-N, yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji TVB-N

Jam	TVB-N (mg/100g) $\pm$ SD
2	6,907 $\pm$ 0,323
4	10,640 $\pm$ 0,000
6	16,987 $\pm$ 0,323
8	20,907 $\pm$ 0,428
10	24,453 $\pm$ 0,323
12	28,747 $\pm$ 0,647
14	34,160 $\pm$ 0,970
16	36,220 $\pm$ 0,312
18	41,067 $\pm$ 0,323
20	45,733 $\pm$ 0,323
22	55,627 $\pm$ 0,647
24	59,920 $\pm$ 0,970

### Uji Nilai pH

Nilai pH *fillet* ikan tuna ditentukan menggunakan pH meter. Hasil pengamatan pH dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji pH

Jam	Nilai pH $\pm$ SD
2	5,60 $\pm$ 0,015
4	5,55 $\pm$ 0,104
6	5,64 $\pm$ 0,012
8	5,75 $\pm$ 0,006
10	5,87 $\pm$ 0,012
12	6,15 $\pm$ 0,012
14	6,20 $\pm$ 0,006
16	6,33 $\pm$ 0,006
18	6,45 $\pm$ 0,006
20	6,52 $\pm$ 0,006
22	6,53 $\pm$ 0,030
24	6,75 $\pm$ 0,392

### Uji Tekstur

Uji tekstur dilakukan menggunakan alat Rheotex dengan kedalaman jarum 10 mm. Hasil uji tekstur dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji tekstur

Jam	Mean $\pm$ SD (g/10mm)
2	277,4 $\pm$ 30,526
4	249,5 $\pm$ 15,750
6	221,2 $\pm$ 16,825
8	201,1 $\pm$ 29,316
10	172,1 $\pm$ 17,130
12	152,7 $\pm$ 18,518
14	137,5 $\pm$ 17,116
16	129,2 $\pm$ 8,929
18	116,7 $\pm$ 9,250
20	108,9 $\pm$ 12,931
22	87,2 $\pm$ 9,151
24	69,3 $\pm$ 15,671

### Uji Organoleptis

Uji organoleptik *fillet* ikan tuna yang disimpan pada suhu ruang dilakukan dengan menyertakan 10 orang panelis menggunakan *score sheet* penilaian udang segar berdasarkan SNI 2346:2011. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengamatan organoleptis warna dan bau. Hasil uji organoleptik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji organoleptis

Jam	Organoleptis bau $\pm$ SD	Organoleptis warna $\pm$ SD
2	9,000 $\pm$ 0,000	9,000 $\pm$ 0,000
4	9,000 $\pm$ 0,000	9,000 $\pm$ 0,000
6	8,267 $\pm$ 0,306	7,600 $\pm$ 0,000
8	7,533 $\pm$ 0,115	7,067 $\pm$ 0,115
10	7,200 $\pm$ 0,000	7,000 $\pm$ 0,000
12	7,000 $\pm$ 0,000	7,000 $\pm$ 0,000
14	5,133 $\pm$ 0,115	5,067 $\pm$ 0,231
16	4,000 $\pm$ 0,000	4,533 $\pm$ 0,115
18	3,000 $\pm$ 0,000	3,133 $\pm$ 0,115
20	2,067 $\pm$ 0,115	3,000 $\pm$ 0,000
22	1,467 $\pm$ 0,231	3,000 $\pm$ 0,000
24	1,000 $\pm$ 0,000	3,000 $\pm$ 0,000

### Pembahasan

Seiring lamanya waktu penyimpanan *fillet* ikan tuna mengalami penurunan mutu baik secara mikrobiologi, kimiawi, fisikawi maupun organoleptis. Berdasarkan hasil pengamatan warna sensor

kesegaran *edible* pada kemasan *fillet* ikan tuna pada penyimpanan suhu ruang, warna sensor kesegaran *edible* mengalami perubahan seiring dengan perubahan tingkat kesegaran *fillet* ikan tuna seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Warna sensor kesegaran *edible* berwarna ungu tua pada saat *fillet* ikan tuna segar, berwarna ungu muda saat masih segar, dan berwarna abu-abu saat sudah busuk atau tidak dapat dikonsumsi.

Jumlah mikroba sebagai parameter mikrobiologi menjadi faktor penting dalam penentuan kualitas pangan [17]. Menurut SNI 01-27279.1-2006 batas maksimal total mikroba pada ikan dapat dikonsumsi yaitu berjumlah  $5 \times 10^5$  cfu/g atau nilai log TPC 5,70 cfu/g [18]. Jumlah mikroba pada *fillet* ikan yang disimpan pada suhu ruang mengalami peningkatan seiring lamanya waktu penyimpanan. Peningkatan jumlah mikroba akan menghasilkan senyawa-senyawa basa nitrogen yang mudah menguap atau disebut juga *total volatile bases nitrogen (TVB-N)* yang sebagian besar terdiri dari trimetilamin (TMA), dimetilamin (DMA), dan amonia. Senyawa tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kesegaran ikan, batas maksimum *TVB-N* pada ikan yang dapat dikonsumsi adalah 30mg/100g [2]. Peningkatan konsentrasi *TVB-N* mengakibatkan peningkatan pH pada ikan dan suasana disekitar sensor menjadi basa, sehingga terjadi perubahan warna sensor kesegaran *edible* [3].

Nilai tekstur *fillet* ikan tuna mengalami penurunan selama penyimpanan pada suhu ruang. Penurunan nilai tekstur menandakan adanya penurunan mutu ikan. Saat ikan mengalami penurunan mutu, daging ikan akan melunak akibat terjadinya perombakan pada jaringan otot daging oleh aktivitas enzim dalam hidrolisis protein [19]. Selain itu, Hasil penilaian organoleptis bau dan kenampakan warna daging ikan yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan seiring lamanya waktu penyimpanan.

Hasil penilaian parameter mikrobiologi, kimiawi, fisikawi, dan organoleptis menunjukkan *fillet* ikan tuna busuk atau tidak layak dikonsumsi saat jam ke-14 pada penyimpanan suhu ruang. Pada jam ke-14 *fillet* ikan tuna tidak dapat dikonsumsi dikarenakan jumlah mikroba telah melebihi batas maksimum yaitu  $2,7 \times 10^6$  cfu/g atau 6,431 log cfu/g, *TVB-N* juga melebihi batas maksimum yaitu  $34,160 \pm 0,970$  mg/100g dengan nilai pH  $6,20 \pm 0,006$ . Selain itu, nilai tekstur pada jam ke-14 mengalami penurunan hingga  $137,5 \pm 17,116$  g/10mm, serta hasil pengamatan organoleptis bau dan warna memiliki nilai kurang dari 7 yang menandakan *fillet* ikan tuna sudah tidak layak dikonsumsi.

Berdasarkan hasil penilaian parameter mikrobiologi, kimiawi, fisikawi, dan organoleptis menunjukkan adanya hubungan dengan perubahan warna serta nilai *mean green* sensor kesegaran *edible*. Saat *fillet* ikan tuna sudah tidak dapat dikonsumsi, warna sensor kesegaran *edible* akan berwarna abu-abu dan terjadi peningkatan nilai *mean green*.

## Simpulan dan Saran

Sensor kesegaran *edible* berbasis antosianin kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) dengan membran selulosa bakterial *nata de coco* dapat diaplikasikan pada kemasan *fillet* ikan tuna sebagai indikator kesegaran. Sensor kesegaran *edible* berwarna ungu tua pada saat *fillet* ikan tuna segar, berwarna ungu muda saat masih segar, dan berwarna abu-abu saat sudah busuk atau tidak dapat dikonsumsi [4].

Hubungan antara perubahan warna sensor kesegaran *edible* dan nilai *mean green* dengan penurunan mutu *fillet* ikan tuna adalah berbanding terbalik. Nilai *mean green sensor kesegaran edible* yang diamati menggunakan program *ImageJ* meningkat seiring penurunan mutu *fillet* ikan tuna.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Pacquit, K. Crowley, and D. Diamond, "Smart packaging technologies for fish and seafood products," *Smart Packag. Technol. Fast Mov. Consum. Goods*, pp. 75–98, 2008.
- [2] S. Bhadra, C. Narvaez, D. J. Thomson, and G. E. Bridges, "Non-destructive detection of fish spoilage using a wireless basic volatile sensor," *Talanta*, vol. 134, pp. 718–723, 2015.
- [3] A. Pacquit et al., "Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage," *Food Chem.*, vol. 102, no. 2, pp. 466–470, 2007.
- [4] X. Huang, J. Xin, and J. Zhao, "A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array," *J. Food Eng.*, vol. 105, no. 4, pp. 632–637, 2011.
- [5] B. Kuswandi, Jayus, A. Restyana, A. Abdullah, L. Y. Heng, and M. Ahmad, "A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film," *Food Control*, vol. 25, no. 1, pp. 18–189, 2012.
- [6] S. Srivastava, R. Sinha, and D. Roy, "Toxicological effects of malachite green," *Aquat. Toxicol.*, vol. 66, no. 3, pp. 319–329, 2004.
- [7] X. Zhang, S. Lu, and X. Chen, "A visual pH sensing film using natural dyes from *Bauhinia blakeana* Dunn," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 198, pp. 268–273, 2014.
- [8] I. Choi, J. Y. Lee, M. Lacroix, and J. Han, "Intelligent pH indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato," *Food Chem.*, vol. 218, pp. 122–128, 2017.
- [9] X. Zhai et al., "Novel colorimetric films based on starch/polyvinyl alcohol incorporated with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring," *Food Hydrocoll.*, vol. 69, pp. 308–317, 2017.
- [10] P. Sari, C. H. Wijaya, D. Sajuthi, and U. Supratman, "Colour properties, stability, and free radical scavenging activity of jambolan (*Syzygium cumini*) fruit anthocyanins in a beverage model system: Natural and

- copigmented anthocyanins," *Food Chem.*, vol. 132, no. 4, pp. 1908–1914, 2012.
- [11] M. Zulfajri and Muttakin, "Metode ekstraksi antosianin dari kulit buah *Syzygium cumini* (L.) skeels sebagai indikator alami asam basa," in *Seminar Nasional II USM*, 2017, vol. 1, pp. 547–553.
- [12] K. T. P. Sari, *Pemanfaatan Tepung Biji Nangka (Artocarpus Heterophyllus Lamk)*. 2012.
- [13] L. Huang, J. Zhao, Q. Chen, and Y. Zhang, "Nondestructive measurement of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in pork meat by integrating near infrared spectroscopy, computer vision and electronic nose techniques," *Food Chem.*, vol. 145, pp. 228–236, 2014.
- [14] I. Widyastuti and S. Putro, "Analisis Mutu Ikan Tuna Selama Lepas Tangkap," *Maspri J.*, vol. 01, pp. 22–29, 2010.
- [15] A. Subagio, W. S. Windrati, and Y. Witono, "Pengaruh penambahan isolat protein koro pedang (*Canavalia ensiformis* L.) terhadap karakteristik cake," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. XIV, no. 2, pp. 136–143, 2003.
- [16] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2696:2013 Fillet ikan beku," 2013.
- [17] F. A. Khalafalla, F. H. M. Ali, and A. H. A. Hassan, "Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs," *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*, pp. 1–8, 2015.
- [18] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 01-279.1-2006 Ikan segar - Bagian 1: Spesifikasi," 2006.
- [19] I. Wibowo, Y. Darmanto, and A. Dwi, "Pengaruh cara kematian dan tahapan penurunan kesegaran ikan terhadap kualitas pasta ikan nila (*Oreochromis niloticus*)," *J. Pengolah. dan Bioteknol. Has. Perikan.*, vol. 3, no. 3, pp. 95–103, 2014.