

Bionanokomposit Seng Oksida sebagai Kemasan Aktif untuk Fillet Ikan

Siti Agustina*

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI
Jl. Balai Kimia 1 Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta 13069

*Penulis korespondensi. Telp.: +62 21 8717438; Fax.: +62 21 8714928

E-mail: tinaratujaya@yahoo.com

ABSTRAK

Pada umumnya masyarakat suka mengkonsumsi fillet ikan, tetapi umur simpan fillet ikan cukup pendek. Maka diperlukan kemasan atau pengawetan fillet ikan. Bahan kemasan yang dapat meningkatkan umur simpan fillet ikan adalah bahan kemasan aktif. Kemasan aktif dapat berupa bionanokomposit seng oksida, dimana nano partikel seng oksida bersifat antimikroba. Bahan ini merupakan bahan kemasan yang bersifat ramah lingkungan dan antimikroba. Penelitian ini bertujuan untuk memperpanjang umur simpan fillet ikan dengan menggunakan bionanokomposit seng oksida. Metoda penelitian terdiri dua tahapan pertama pembuatan bionanokomposit, dan kedua penggunaan bionanokomposit sebagai kemasan aktif untuk fillet ikan. Pada pembuatan bionanokomposit menggunakan metoda pencetakan dengan variabel konsentrasi polivinil alkohol (0,5%, 1,0%, 1,5%, 2% atau 2,5%), konsentrasi nano partikel seng oksida 0,1%, karagenan 1%, gliserol 1% dan pati tapioka sebesar, 5%. Pada penggunaan bionanokomposit seng oksida dengan cara mengemas fillet ikan dan disimpan pada suhu ruang (28°C) dan disimpan pada lemari pendingin dengan suhu 4°C. Kontrol ditentukan dengan fillet ikan yang tidak dikemas dengan bionanokomposit seng oksida. Pengamatan kemasan aktif dilakukan pada perpanjangan putus, kuat tarik dan morfologi serta umur simpan fillet ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin banyak polivinil alkohol yang ditambahkan, mengakibatkan perpanjangan putus semakin tinggi dan kuat tarik semakin rendah serta morfologi permukaan merata dan nano partikel seng oksida ada tersebar dipermukaan. Pengamatan pada fillet ikan dianalisa secara organoleptik untuk menentukan umur simpannya. Fillet ikan yang dikemas dengan bionanokomposit seng oksida menunjukkan umur simpan yang lebih lama dibanding dengan tidak dikemas dengan bionanokomposit seng oksida, umur simpan 3 hari pada suhu ruang (28°C) dan 3 minggu pada suhu lemari pendingin (4°C).

Kata kunci: nano seng oksida, kuat tarik, perpanjangan putus, umur simpan

Zinc Oxide Bionanocomposite as Active Packaging for Fish Fillet

Siti Agustina*

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI
Jl. Balai Kimia 1 Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta 13069

*Corresponding author. Telp.: +62 21 8717438; Fax.: +62 21 8714928

E-mail: tinaratujaya@yahoo.com

ABSTRACT

Generally, people consume fish fillet but it has short shelf life. Therefore, the inventions of packaging or preservative method to prolong the shelf life are needed. Among the inventions are active packaging that can be made from bionanocomposite of zinc oxide. It is known that zinc oxide has antimicrobial effect and is environmental friendly. This research aims is to prolong the shelf life of fish fillet by active packaging from bionanocomposite of zinc oxide. There were two steps in this research, namely the making of bionanocomposite and its application on fish fillet. Bionanocomposites were made by casting method with composition: 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% or 2.5% of polivinil alcohol concentration; 0.1% zinc oxide nano particle; 1% carrageenan; 1% gliserol; and 5% tapioca starch. Fish fillet were wrapped by the bionanocomposite and incubated, at room temperature (28°C) and at refrigerator temperature at 4° C. The control experiments were done with unwrapped fillet. The characteristic of active packaging were observed on tensile strength, elongation, morphology and shelf life of fish fillet. The results showed that the higher of polivinil alcohol content, the higher elongation but the lower the tensile strength was. The surface morphology was dispersed and nano zinc oxide was distributed evenly. The characteristic on fish fillet were analyzed by organoleptic to observe the shelf life. After 3 days at room temperature and 3 weeks at refrigerator temperature, the fish fillet wrapped by the bionanocomposite presented higher shelf life than that without bionanocomposite.

Keywords: nano zinc oxide, tensile strength, elongation break, shelf life

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berpotensi dalam menghasilkan berbagai jenis ikan, baik ikan segar maupun ikan sebagai produk olahan. Pemerintah sedang menggalakkan masyarakat untuk meningkatkan mengkonsumsi daging ikan. Ini dikarenakan kandungan gizi ikan baik untuk kesehatan. Beberapa jenis ikan air tawar, adalah ikan gabus, ikan nila dan ikan gurami. Ikan gabus mengandung asam amino jenis albumin (Chasanah *et al.*, 2015). Ikan nila mengandung kolagen (Nurhayati *et al.*, 2013). Untuk produk perikanan segar (termasuk produk perikanan olahan seperti fillet), umur simpan merupakan bagian yang sangat penting, karena merupakan syarat mutu produk pangan (Riyanto *et al.*, 2012). Sehingga diperlukan kemasan yang dapat menyimpan fillet ikan agar lebih tahan lama. Fungsi kemasan adalah menjaga kualitas produk, kemudahan dalam transportasi, penyimpanan, perhitungan kuantitas, promosi, standarisasi, distribusi dan sarana komunikasi (Robertson, 2006). Jenis kemasan yang dapat diaplikasikan untuk penyimpanan bahan segar adalah kemasan aktif. Kemasan aktif merupakan kemasan yang terdapat interaksi antara bahan kemasan dan produk yang dikemas, sehingga mempengaruhi umur simpan (Agustina, 2015, Warsiki *et al.*, 2013). Penelitian yang telah dilakukan dalam penyimpanan fillet ikan, diantaranya Duan and Zhao (2010), tentang kajian peningkatan kualitas fillet ikan lingcod dengan cara menggunakan minyak ikan yang ditambahkan dalam pelapis chitosan, hasilnya menunjukkan umur simpan dapat bertambah selama 3 minggu pada suhu 2°C. Lu *et al.*, (2010) melakukan penelitian fillet ikan dengan perlakuan pelapisan alginat dengan inkorporasi cinnamon dan nisin hasilnya menunjukkan efektif penyimpanan pada suhu 4°C. Warkoyo and Zuriansyah (2014) meneliti tentang umur simpan fillet ikan dengan bahan aktif *ovocleidin* 17. Hasilnya menunjukkan peningkatan umur simpan fillet ikan pada suhu ruang selama 27 jam.

Pada saat ini kemasan aktif yang digunakan, merupakan pelapisan yang diinkorporasi dengan antimikroba alami atau antimikroba sintesis. Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, akan mempengaruhi bahan yang digunakan pada kemasan aktif. Kemasan aktif dapat merupakan plastik polimer yang telah disisipkan nano material yang mempunyai sifat atau daya antimikroba, misalnya nano silver dan nano titanium dioksida (Winarno, 2010). Nano seng oksida juga bersifat sebagai antimikroba (Gordon, 2011; Liorens, 2012; Rajendran, 2010). Mekanisme nanopartikel sebagai penghambat pertumbuhan mikroba, yaitu nanopartikel merusak sel bakteri dengan cara menghancurkan membran sel atau dinding sel, sehingga menyebabkan peningkatan permeabilitas dan akhirnya sel menjadi mati dan ada juga mekanisme yang menyatakan nanopartikel merusak DNA bakteri yang berperan untuk memperbanyak diri atau replikasi (Winarno, 2010).

Menurut Winarno (2010), bahwa kemasan masa depan adalah kemasan aktif dan kemasan ramah lingkungan. Kedua jenis kemasan tersebut dapat dimodifikasi dengan penambahan zat anti mikroba berbasis nano seperti nano Seng oksida, nano Titanium dioksida dan nano Perak. Peraturan BPOM menunjukkan mineral yang diijinkan dalam kemasan adalah seng oksida.

Bahan kemasan yang menggunakan nanopartikel dapat dalam bentuk komposit (Winarno, 2010). Komposit yang salah satu komponen pembentuknya berukuran nano partikel disebut nanokomposit (Koo, 2006). Meningkatnya kesadaran masyarakat akan kelestarian lingkungan, penggunaan matriks polimer untuk bahan komposit dapat menggunakan matriks polimer yang bersifat ramah lingkungan (Beilie, 2004). Bionanokomposit adalah gabungan dari bahan polimer mudah terurai dan bahan berukuran nanopartikel (Koo, 2006). Bionanokomposit bersifat mudah terurai dan mempunyai sifat khusus sesuai dengan bahan anorganik yang digunakan (Othman, 2014).

Pada penelitian ini bertujuan menggunakan bionanokomposit seng oksida sebagai kemasan aktif, untuk meningkatkan umur simpan fillet ikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan konsumsi fillet ikan pada masyarakat dan kelestarian lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Ikan segar (gabus, nila dan gurami) dari kerambah ikan di Bogor, Nano seng oksida, Karagenan, pati tapioka (Industri tapioka Bogor), polivinil alkohol (Brataco), gliserol (Brataco).

Alat Penelitian

Oven (memmert), pemanas listrik (selecta multimatic 5N), lemari pendingin (Panasonic), Neraca (Sartorius), peralatan gelas, *Scanning Electron microscope* (SEM), peralatan kuat tarik dan perpanjangan putus.

Metode Penelitian

Ada dua tahapan penelitian, yaitu tahapan pertama adalah pembuatan film bionanokomposit seng oksida, metode ini merupakan modifikasi dari metode Agustina *et al.*, 2015. Pada penelitian sebelumnya nano seng oksida merupakan hasil proses ultrasonikasi, sedangkan pada penelitian ini menggunakan nano seng oksida dari proses penghalusan partikel dengan *High Energy Milling* (HEM). Proses pembuatan film bionanokomposit menggunakan metode pencetakan (*casting*), dimana variabel yang digunakan adalah konsentrasi polivinil alkohol (0,5%, 1%,1,5%, 2% dan 2,5%), konsentrasi nano partikel seng oksida yaitu 0,1%, karagenan 1%, pati tapioka 5% dan gliserol 1%.

Tahapan kedua adalah penggunaan film bionanokomposit sebagai kemasan aktif untuk meningkatkan umur simpan fillet ikan, metodenya adalah: ikan segar (gabus, nila dan gurami) dibuat dalam bentuk fillet dan dipotong dalam ukuran 4x3 cm. Selanjutnya dikemas dengan film bionanokomposit seng oksida. Kemudian disimpan di suhu ruang (28°C), suhu lemari pendingin (4°C). Sebagai control adalah fillet ikan segar tanpa dikemas film bionanokomposit seng oksida pada suhu ruang (28°C dan 4°C).

Analisa karakteristik film bionanokomposit seng oksida sebagai kemasan aktif terdiri dari morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), kuat tarik, dan panjang putus.

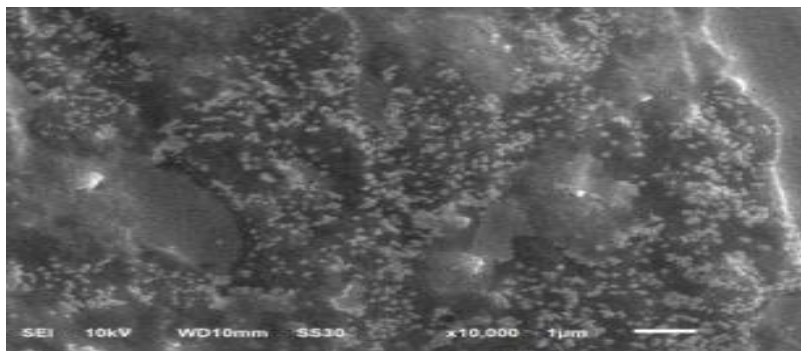
Analisa umur simpan fillet ikan. Pada analisa umur simpan ikan, menggunakan analisa organoleptik yang terdiri dari: bau, warna dan tekstur daging ikan. Analisa organoleptik pada fillet ikan dilakukan menggunakan 10 orang panelis dengan skala pengamatan, yaitu skala 1 nilainya paling buruk dan skala 9 nilainya paling baik. Metode uji digunakan berdasarkan berdasarkan SNI No. 01-2346-2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bionanokomposit seng oksida merupakan komposit yang menggunakan polivinil alkohol dan pati tapioka sebagai matriks, karagenan sebagai penguat, seng oksida sebagai bahan pengisi dan gliserol sebagai pemlastis. Bionanokomposit seng oksida dapat berfungsi sebagai antimikroba dan bersifat ramah lingkungan (Agustina *et al.*, 2015), sehingga dapat digunakan sebagai kemasan aktif untuk produk pangan yang segar, diantaranya daging sapi, buah-buahan dan sayur-sayuran. Pada penelitian ini digunakan untuk fillet ikan.

Morfologi Bionanokomposit Seng Oksida

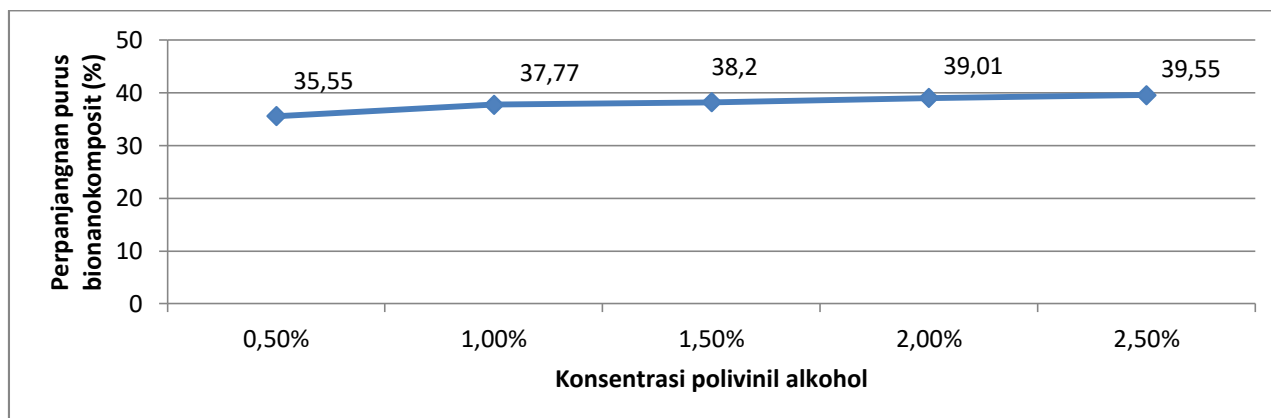
Analisa morfologi bionanokomposit dapat dengan menggunakan *Scanning Electron microscope* (SEM) yang bertujuan untuk mengetahui kehomogenan bahan pembentuk bionanokomposit, yang terdiri dari matriks, penguat, bahan pengisi dan pemlastis serta untuk mengetahui posisi partikel nano seng oksida pada lapisan permukaan bionanokomposit tersebut. Nano seng oksida dapat berikatan homogen dengan matriks (Nafchi *et al.*, 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa partikel nano seng oksida terletak merata pada lapisan permukaan bionanokomposit seng oksida, berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa fungsi bionanokomposit seng oksida sebagai kemasan aktif dapat berfungsi dengan baik, karena bahan yang dikemas dapat kontak langsung dengan nano partikel seng oksida.



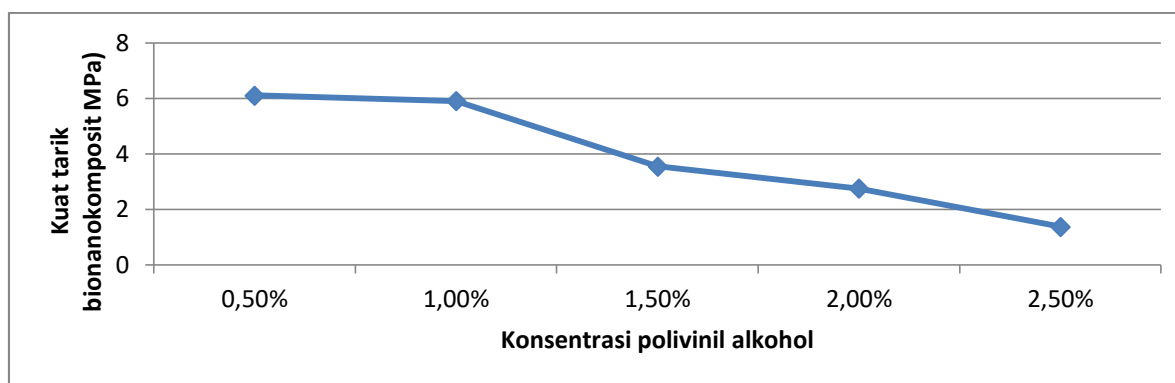
Gambar 1. Morfologi permukaan bionanokomposit seng oksida

Sifat Mekanis Film Bionanokomposit Seng Oksida

Film bionanokomposit dianalisa sifat mekanis bertujuan untuk mengetahui kehomogenan bahan dalam pembentukan bionanokomposit. Salah satu faktor penting untuk bahan kemasan, agar kemasan dapat berfungsi dengan baik adalah sifat mekanis bahan kemasan tersebut. Sifat mekanis yang diperlukan untuk kemasan aktif berupa film adalah kuat tarik dan perpanjangan putus. Variabel penelitian yang digunakan adalah Polivinil alkohol (0,5%,1,0%, 1,4%,2% atau 2,5%). Hasil penelitian tentang analisa perpanjangan putus bionanokomposit seng oksida dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi polivinil alkohol, maka akan menghasilkan perpanjangan putus makin tinggi, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nafchi *et al.*, (2013) yang menyatakan adanya ikatan kohesi yang kuat, sehingga perpanjangan putus meningkat. Hasil penelitian tentang analisa kuat tarik bionanokomposit seng oksida dapat dilihat pada gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kuat tarik bionanokomposit dipengaruhi oleh konsentrasi Polivinil alkohol, akan menghasilkan kuat tarik makin rendah, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Waryat *et al.*, (2013) menyatakan penambahan *thermoplastic starch* (TPS) cenderung menurunkan kuat tarik plastik biodegradabel.



Gambar 2. Hubungan konsentrasi polivinil alkohol dengan perpanjangan putus bionanokomposit seng oksida pada konsentrasi nano seng 0,1%



Gambar 3. Hubungan konsentrasi polivinil alcohol dengan kuat tarik bionanokomposit seng oksida pada konsentrasi nano seng oksida 0,1

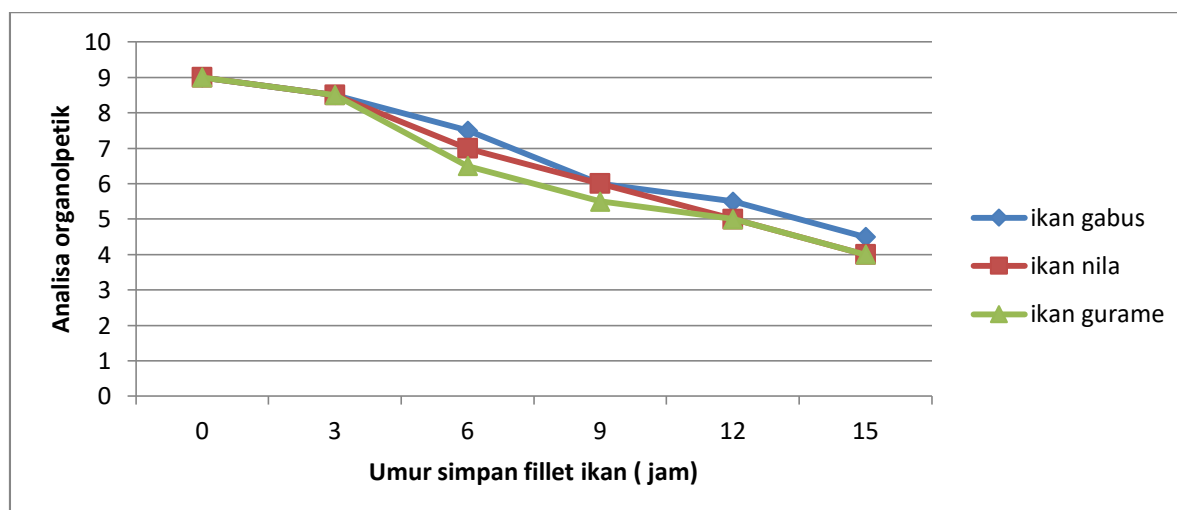
Bionanokomposit seng oksida Sebagai Kemasan Aktif pada Fillet Ikan

Pada pusat perbelanjaan fillet ikan dikemas dengan lapisan bawah menggunakan styrofoam dan lapisan atas menggunakan HDPE, biasanya umur simpan selama 3 hari pada suhu 4°C. Pada penelitian ini menggunakan ikan air tawar, yaitu ikan gabus, ikan nila dan ikan gurame. Analisa untuk mutu ikan selama penyimpanan, dilakukan dengan menggunakan analisa organoleptik, yaitu : diamati dari warna, bau dan tekstur. Pengamatan secara organoleptik dilakukan oleh 10 panelis dengan skor penilaian 1-9, skor 9 terbaik dan 1 skor terburuk. Hasil penelitian dengan menggunakan analisa organoleptik, menunjukkan bahwa fillet ikan yang disimpan pada suhu 28°C dan tidak dikemas, akan terjadi perubahan mutu warna, bau dan tekstur. Gambar 4 menunjukkan umur simpan ikan yang layak untuk dikonsumsi adalah dari 0-6 jam. Setelah itu ikan mengalami perubahan , terutama pada perubahan bau. Pada umur simpan selama 15 jam, ikan akan menghasilkan bau asam dan apabila dilanjutkan sampai 18 jam akan menghasilkan bau busuk. Dan diikuti dengan perubahan warna daging ikan. Pada umur simpan 6 jam, warna fillet ikan masih dalam keadaan segar, pada umur simpan 12 jam warna ikan terlihat memutih pucat dan makin lama waktu simpan maka akan makin memutih. Selanjutnya analisa pada tekstur daging ikan, pada awalnya padat dan kenyal. Setelah umur simpan 9 jam maka teksturnya agak lunak dan setelah umur simpan 12 jam, maka akan berubah menjadi lunak, dan umur simpan selanjutnya menjadi sangat lunak.

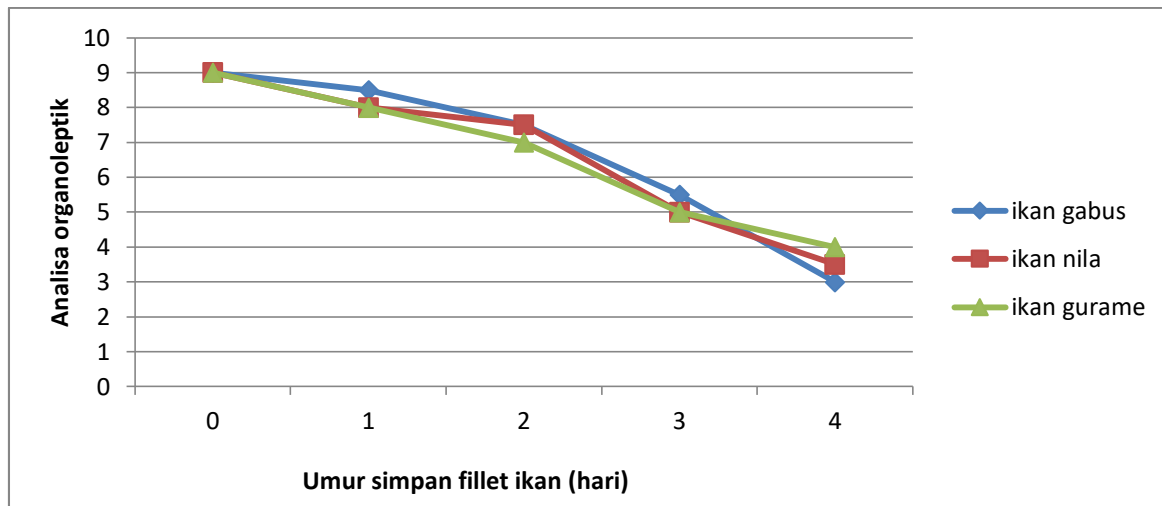
Pada penyimpanan fillet ikan dengan menggunakan bionanokomposit seng oksida pada suhu ruang (28°C), hasil analisa organoleptik dapat dilihat pada Gambar 5. Menunjukkan umur simpan fillet ikan selama 2 hari, belum ada perubahan yang signifikan pada analisa organoleptik, seperti bau, warna dan tekstur fillet ikan. Pada umur simpan 3 hari, baru ada perubahan, terutama pada warna, perubahannya kearah putih, tekstur daging lunak dan menimbulkan bau asam. Hal ini menunjukkan bahwa, lapisan bionanokomposit seng oksida dapat meningkatkan umur simpan fillet ikan.

Hasil penelitian tentang fillet ikan yang dikemas dengan bionanokomposit seng oksida pada suhu lemari pendingin (4°C) dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan bahwa fillet ikan terjadi perubahan yang signifikan, setelah umur simpan selama 3 minggu, dimana analisa organoleptik menunjukkan tekstur daging mulai lunak dan warna daging ke arah warna putih pucat serta bau asam sudah mulai timbul. Kalau dibandingkan dengan fillet ikan yang disimpan di dalam lemari pendingin pada suhu 4°C , tetapi tidak dikemas, maka akan terjadi perubahan pada umur simpan selama 3 hari. Hal ini menunjukkan lapisan bionanokomposit seng oksida dapat memperpanjang umur simpan fillet ikan pada suhu 4°C dari 3 hari menjadi 3 minggu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bionanokomposit seng oksida sebagai kemasan aktif, dapat memperpanjang umur simpan fillet ikan. Hal ini disebabkan nano partikel seng oksida yang terdapat dilapisan bionanokomposit dapat bersifat antimikroba, sehingga mengurangi proses pembusukan fillet ikan dan bahan matriks bionanokomposit berupa pati tapioka dan polivinil alkohol bersifat penyerap air, hal ini juga dapat memperlambat proses pembusukan karena air aktif yang keluar dari fillet ikan akan segera diserap oleh matriks. Hasil yang sama dilakukan oleh Warkoyo (2014), menyatakan kemasan aktif dapat meningkatkan umur simpan fillet ikan.

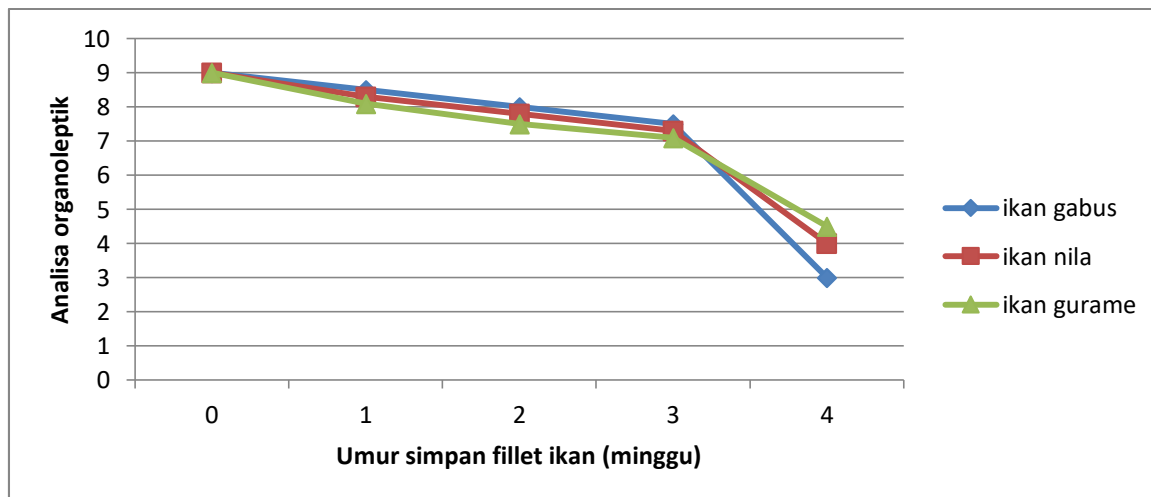
Pada penelitian digunakan 3 jenis ikan, yaitu ikan gabus, ikan nila dan ikan gurami. Hasil pengamatan menunjukkan, bahwa ikan yang mempunyai umur simpan paling pendek yaitu, ikan gabus, karena lebih cepat mengeluarkan bau dan tekstur dagingnya cepat lunak dibandingkan dengan ikan nila dan ikan gurame. Selanjutnya yang berumur simpan pendek adalah ikan nila dan yang terakhir adalah ikan gurami.



Gambar 4. Hubungan analisa organoleptik dan umur simpan fillet ikan yang tidak dikemas dengan bionanokomposit seng oksida pada suhu ruang (28°C)



Gambar 5. Hubungan analisa organoleptik dan umur simpan fillet ikan yang dikemas dengan bionanokomposit seng oksida pada suhu ruang (28°C)



Gambar 6. Hubungan analisa organoleptik dengan umur simpan fillet ikan yang dikemas dengan bionanokomposit seng oksida pada suhu lemari pendingin (4°C).

KESIMPULAN

Pada pembuatan bionanokomposit dengan penambahan polivinil alkohol, menunjukkan makin banyak polivinil alkohol yang ditambahkan, akan berpengaruh pada sifat mekanik bionanokomposit, yaitu makin tinggi perpanjangan putus dan makin rendah kuat tarik. Pada penggunaan bionanokomposit seng oksida sebagai kemasan aktif fillet ikan, menunjukkan bahwa umur simpan fillet ikan 3 hari untuk suhu ruang (28°C) dan 3 minggu untuk suhu lemari pendingin (4°C). Hal ini menunjukkan bahwa bionanokomposit seng oksida dapat berfungsi sebagai kemasan aktif untuk meningkatkan umur simpan fillet ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada para panelis yang telah membantu dalam analisa organoleptik fillet ikan selama masa penyimpanan dan terima kasih kepada Pimpinan Balai Besar Kimia dan Kemasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberti, P. (2014). Effect of nanocomposite packaging containing different properties of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. *Journal of Food engineering* 123, 104-112.
- Agustina. S. (2015). *Rekayasa proses sintesa nano seng oksida dari hasil samping industri galvanis sebagai bionanokomposit untuk kemasan antimikroba* (Disertasi), Sekolah Pascasarjana IPB, Indonesia.
- Agustina S, Indrasti N.S, Suprihatin, Rochman N.T. 2015. The effect of nano zinc oxide on characteristic bionanocomposite. *Proceeding ICAIA*. 180-185
- Bailie, C. (2004). *Green composites polymer composite and the environment*. Cambridge, England: Wood head publishing limited.
- Chasanah, E., Nurimala, M., Purnamasari, A. R., Fithriani, D., (2015). Komposisi kimia, kadar albumin dan bioaktivitas ekstrak protein ikan gabus (*channa striata*) dan hasil budi daya. *JPB Kelautan dan Perikanan* 10(2), 123-132
- Duan, J.G., Cherian, G., Zhao Y., (2010). Quality enhancement ini frsh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish incorporated chitosan coatings. *Food Chemistry* 119(2), 524-532.
- Emamifar, A., Kardivar, M., Shahedi, M., Soelaiman, S., (2011). Effect nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivator of lactobacillus plantarum in orange juice. *Food Control* 22, 408-413.
- Gordon, T., Benny, P., Ofir, H., Israel. F., Ehud, B., Shlono, M., (2011). Synthesis and characterization of zinc/iron oxide composite nanoparticles and their antibacterial properties. *Colloids and surface A: physiochemical and engineering aspects* 374 (1-3), 1-8.
- Koo, H. J. (2006). *Polymer nanocomposite processing, characterization and application*. *Nano science and technology series*. Mc Graw Hill.

- Liorens, A., Lioret, E., Plavet, P. A., Tribjevich, R., Fernandez, A. (2012). Metallic based micro and nanoparticles in food contact materials and active food packaging. *Trends in Food Science and Technology* 24, 19-29.
- Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin alginate-calcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish fillets. *LWT- Food Science and Technology*. 1331-1335.
- Nafchi, A. M., Nassini, R., Sheibara, S., Ariffin, S., Karim, A. A. (2013). Preparation and characterization of bionanocomposite film filled with nanorod-rich zinc oxide. *Carbohydrate Polymers* 96(1), 233-239.
- Nurhayati, Tazwir, Murniyati. (2013). Ekstraksi dan karakterisasi kolagen larut asam dari kulit ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *JPB Kelautan dan Perikanan* 8(1). 85-92.
- Othman, S. H. (2014). Bionanocomposite material for food packaging application types of biopolymer and nano sized filler. *Agricultural and Agricultural Science Procedia* 2. 296-303.
- Rajendran, R., Balakumar, C., Hasabo, A., Ahammed, M., Jayakumar, S. K., Vaideri, K., Raigh, A. M. (2010). Use of zinc oxide nanoparticle for production of antimicrobial textiles. *International Journal of Engineering, Science and Technology* 2(1), 202-208.
- Riyanto, R., Supriyadi, Suparno, Herawati, E. S. (2012). Persamaan prediksi umur simpan fillet ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dikemas vakum dalam HDPE. *JPB Kelautan dan Perikanan* 7(2), 106.
- Robertson, G. (2006). *Food packaging principles and practice (2nd ed)*. Taylor and Francis.
- Warkoyo, Zuhriansyah, N. (2014). Peningkatan umur simpan filet ikan dengan pelapis edible yang diinkorporasi ekstraksi kasar ovocleidin 17. *Jurnal perikanan Universitas Gadjah Mada* 16(2), 59-65.
- Warsiki, E., Sumantri, T. C., Nurmala. (2013). Kemasan antimikroba untuk memperpanjang simpan baso ikan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)* 8(2), 125-131.
- Waryat, Romli, Suryani, A., Yuliasih, I., Johan, S. (2012). Karakteristik morfologi termal, fisik-kimia, mekanik dan barrier plastic biodegradable berbahan baku komposit pati termoplastik-LLDP/HBDPI. *Jurnal Teknologi Pertanian Agritech* 33(2), 197-207.
- Winarno, F. G., Ivonne, E., Fernandez. (2010). *Nanotechnology bagi industri pangan dan kemasan*. M.Brio Press.

