

**PERSAMAAN PREDIKSI UMUR SIMPAN
FILET IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) YANG DIKEMAS
VAKUM DALAM HDPE**

***Shelf Life Prediction Equation of Tilapia's (*Oreochromis niloticus*) Fillet
Vacuum Packed In HDPE***

Rudi Riyanto^{1*}, Supriyadi², Suparmo², dan Endang Sri Heruwati¹

¹ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Balitbang KP, KKP. Jl. K.S. Tubun Petamburan VII, Jakarta Pusat 10260

² Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada, Jl. Sosio Justisia, Bulaksumur, Yogyakarta

* Korespondensi Penulis: rudi_riyanto@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data laju penurunan mutu filet ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dikemas vakum dengan HDPE. Hasil analisis digunakan untuk menentukan indikator yang paling tepat untuk persamaan prediksi umur simpan menggunakan persamaan regresi. Dalam percobaan yang dilakukan filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE disimpan pada suhu 0, 10, 20, dan 30 °C. Parameter yang dianalisis adalah TVB-N, pH, TBA, Organoleptik (hedonik), dan TPC (*aerob* dan *anaerob*). Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap laju penurunan mutu filet ikan nila ($P < 0,05$). Berdasarkan tingkat kecepatan parameter mutu untuk mencapai limit toleransi, nilai TVB-N merupakan parameter mutu yang paling tepat untuk dijadikan parameter penentu kinetika pembusukan filet ikan nila. Kandungan TVB filet ikan nila yang disimpan pada suhu 30, 20, 10, dan 0 °C telah melampaui batas mutu (30 mg-N/100 g) secara berturut-turut pada penyimpanan 9, 24, 72, dan 168 jam. Berdasarkan hasil pengolahan data nilai TVB filet ikan nila pada beberapa suhu penyimpanan menggunakan persamaan Arrhenius, nilai E_a yang didapatkan sebesar 72,17 KJ/mol dengan menggunakan nilai TVB 30 mg-N/100 g sebagai nilai batas penolakan mutu filet ikan nila. Persamaan prediksi umur simpan (t =jam) filet ikan nila dalam HDPE vakum yang didapatkan adalah $\ln A = \ln A_0 + (t \cdot \exp^{[26,44-8681(1/T)]})$ dengan tingkat akurasi nilai prediksi terhadap nilai mutu filet ikan nila percobaan adalah 73–78%.

KATA KUNCI: ikan nila, pengemasan vakum, HDPE, kemunduran mutu, persamaan Arrhenius

ABSTRACT

*This research was conducted to obtain deterioration rate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet which was vacuum packed with HDPE. The results of analysis was used to determine the most appropriate indicator suitable for predicting shelf life using regression equation. Fish fillets were vacuum packed with HDPE and stored at 0, 10, 20 and 30 °C temperatures. The sample was then analyzed for TVB-N, pH, TBA, organoleptic (hedonic), and TPC (aerobic and anaerobic). The results showed that the temperature and storage time significantly influenced the deterioration rate of the quality of tilapia fillet ($P < 0.05$). In term of quality parameters reach to the limit of tolerance, Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N) is the most appropriate quality parameters to determine the kinetics of tilapia fillet deterioration. The content of TVB-N of tilapia fillet stored at 30, 20, 10 and 0 °C has exceeded quality limit (30 mg-N/100 g) at storage of 9, 24, 72 and 168 hours respectively. Based on the results of data processing of TVB-N values at several storage temperatures using the Arrhenius equation, the value of E_a obtained was 72.174 KJ/mol by using the value of TVB-N 30 mg-N/100 g as quality limit value of tilapia fillets rejection. Shelf life prediction equation (t = hour) of tilapia fillets vacuum packed in HDPE was $\ln A = \ln A_0 + (t \cdot \exp^{[26,44-8681(1/T)]})$ with the equation accuracy of 73–78%.*

KEYWORDS: tilapia, vacuum packaging, HDPE, deterioration rate, Arrhenius equation

PENDAHULUAN

Ikan nila merupakan salah satu produk perikanan budidaya yang potensial dengan pangsa pasar yang masih terbuka lebar. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2012, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu hasil perikanan budidaya terbesar nomor dua setelah ikan bandeng dari total produksi perikanan budidaya di Indonesia. Volume produksi tertinggi berdasarkan komoditas tahun 2011 adalah rumput laut dengan capaian target sasaran sebesar 122,85%, diikuti oleh ikan bandeng dengan capaian target sasaran sebesar 139,68%, ikan nila dengan capaian target sasaran sebesar 75,31%, dan udang dengan capaian target sasaran sebesar 98,57%. Produksi ikan nila tahun 2011 mencapai 481,441 ton atau 75,31% dari target produksi. Namun apabila dibandingkan dengan produksi tahun 2010 mengalami kenaikan sebesar 5,44% (KKP, 2012). Banyak penelitian tentang ikan nila lebih menekankan pada optimalisasi budidaya dan perbaikan varietas (Wang *et al.*, 2000; Yi & Lin, 2001; Gall & Bakar, 2002; Eknath *et al.*, 2007). Beberapa penelitian tentang kualitas ikan nila selama penyimpanan belum secara lengkap menjabarkan pola pembusukan dan penilaian mutu ikan nila (Eves *et al.*, 1995; Al-Kahtani *et al.*, 1996; Puwastien *et al.*, 1999; Korel *et al.*, 2001; Arannilewa *et al.*, 2005; Marcilene *et al.*, 2005; Yanar *et al.*, 2006; Sil *et al.*, 2008). Penelitian tentang ikan nila yang ada di Indonesia (Imanawati, 2000; Setiawan, 2003; Samsudin, 2003; Ariyani & Dwiwitno, 2010; Ariyani *et al.*, 2011) belum memberikan penjabaran lengkap tentang pola pembusukan dan penilaian mutu ikan nila khususnya untuk produk filet ikan nila.

Untuk produk perikanan segar (termasuk produk perikanan olahan seperti filet), penentuan umur simpan juga menjadi bagian penting yang harus diperhatikan para pelaku industri perikanan, karena merupakan salah satu persyaratan mutu suatu produk pangan, juga menjadi salah satu titik kontrol untuk melindungi konsumen dari produk kadaluarsa yang dapat membahayakan. Fluktuasi suhu yang terjadi saat produksi atau distribusi produk (termasuk produk perikanan segar) yang dapat disebabkan banyak faktor sering menyebabkan produk menjadi lebih cepat mengalami pembusukan (Sallam, 2007) sehingga menjadikan umur simpan produk menjadi tidak sesuai dengan yang tertera pada kemasan produknya.

Pada kebanyakan pasar atau tempat penjualan ikan di Indonesia, ikan yang dijual umumnya ditempatkan pada *show case* atau dalam air dingin dengan kisaran suhu 4–10 °C atau diletakkan di atas wadah atau meja pada suhu ruang. Penurunan mutu

ikan sudah dapat dipastikan akan berjalan cepat. Nilai umur simpan akan menjadi lebih pendek jika produk filet ikan nila disimpan pada suhu lebih dari 30 °C. Persamaan prediksi umur simpan dapat menjadi alternatif mudah bagi perusahaan pengolah ikan dalam menentukan umur simpan produk yang dihasilkan sehingga dapat menghindarkan konsumen dari produk kadaluarsa. Persamaan prediksi tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan produk filet ikan nila (atau nilai mutu produk tersebut) pada suhu penyimpanan tertentu yang digunakan.

Kinetika kimia dapat diaplikasikan dalam ilmu pangan untuk memprediksi perubahan kualitas makanan sebagai fungsi waktu dan kondisi lingkungannya. Persamaan Arrhenius menggambarkan bahwa temperatur menentukan konstanta kecepatan untuk reaksi kimia sederhana. Arrhenius merumuskannya sebagai berikut,

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1/Equation 1})$$

dimana $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, parameter A merupakan faktor frekuensi independen dari temperatur dan E_a adalah energi aktivasi Arrhenius. Jika nilai E_a lebih dari $20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, itu berarti bahwa proses yang terlibat memungkinkan putusya ikatan kimia primer senyawa pada bahan uji (Labuza, 2000; Petrou *et al.*, 2002).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan persamaan prediksi umur simpan filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE dan tingkat akurasi persamaan tersebut dalam aplikasinya. Persamaan prediksi umur simpan dibuat berdasarkan perhitungan matematis dari data nilai parameter mutu yang dominan dalam proses pembusukan filet ikan nila dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Parameter mutu seperti TVB-N, TBA, TPC (aerob dan anaerob), pH, dan sensori akan digunakan sebagai parameter mutu yang dianalisis untuk mendapatkan parameter mutu dominan yang selanjutnya akan digunakan sebagai data dasar perhitungan untuk formulasi persamaan prediksi umur simpan. Dengan persamaan prediksi yang didapatkan maka pihak industri pengolahan ikan dapat menggunakan persamaan prediksi untuk memperkirakan umur simpan produk filet ikan nila secara cepat dengan menggunakan data nilai mutu filet dan suhu penyimpanan yang digunakan dalam penyimpanan. Persamaan juga dapat digunakan untuk mengkonversi umur simpan produk yang tertera pada kemasan menjadi umur simpan sebenarnya jika produk disimpan pada suhu yang berbeda dengan suhu

penyimpanan yang seharusnya digunakan dalam penyimpanan filet ikan nila.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang diambil dari keramba apung di Bogor dan dikondisikan hidup sampai penelitian dimulai. Ukuran ikan antara 2–4 ekor/kg. Sebelum ikan digunakan, ikan ditempatkan dalam kolam air beraerator agar ikan tetap dalam kondisi hidup. Selain itu digunakan bahan kimia untuk keperluan analisis kimia dan mikrobiologi serta beberapa peralatan lain yang digunakan dalam menjalankan penelitian ini.

Metode

Preparasi sampel

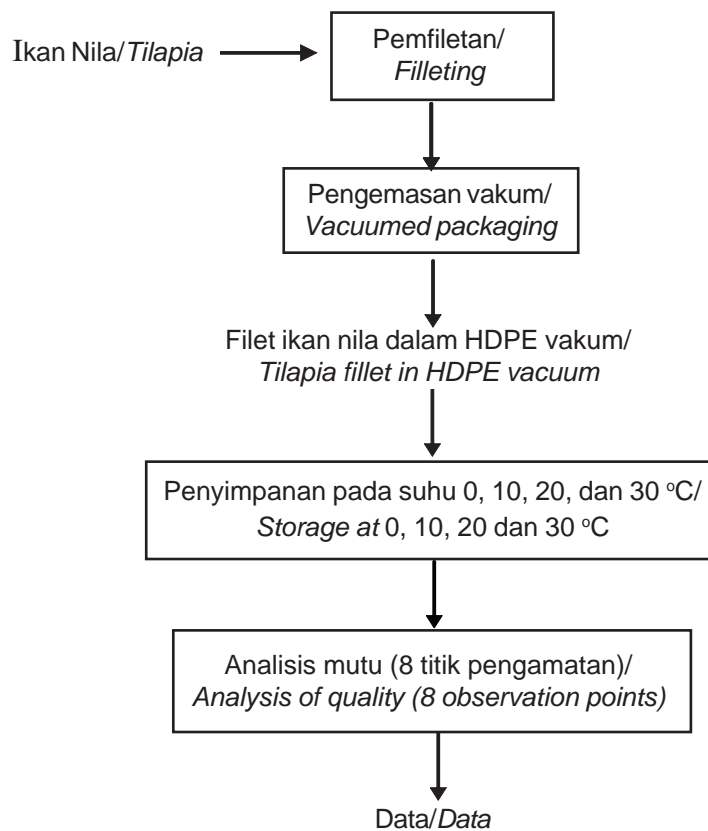
Ikan nila dimatikan dengan merendam ikan dalam air es selama 30 menit. Sampling awal dilakukan untuk

melakukan pengujian proksimat (AOAC, 1984) untuk mendapatkan data dasar komposisi fisik dan kimia filet ikan nila yang digunakan sebagai bahan utama penelitian ini. Ikan yang telah mati selanjutnya difilet, dipisahkan antara daging, kulit dan durinya. Pemfiletan dilakukan pada suhu ruang dan untuk mencegah kemungkinan terjadinya kemunduran mutu daging ikan nila selama pemfiletan, daging filet ikan nila selanjutnya dicuci dengan air dingin dan ditempatkan dalam wadah yang berisi es curah.

Filet ikan nila yang didapatkan selanjutnya dikemas vakum dengan pengemas plastik HDPE (volume 500 ml dan ketebalan 0,03 mm). Masing-masing plastik HDPE berisi 100 g filet ikan nila. Penghampa-udaraan dilakukan menggunakan *Single-Chamber Vacuum Packaging Machine* model DZ-400 dengan lama waktu pemvakuman 25 detik dengan nilai *absolute pressure* 1 kPa.

Penentuan parameter mutu dominan

Filet ikan nila yang sudah dikemas vakum untuk penelitian dibagi menjadi 4 kelompok untuk perlakuan penyimpanan pada suhu 0, 10, 20, dan 30 °C, masing-



Gambar 1. Diagram alir penelitian.
Figure 1. Flow chart of the experiment.

masing dengan 3 ulangan percobaan dan 8 titik pengamatan (Gambar 1). Parameter yang diamati meliputi TVB-N (*Total Volatile Bases Nitrogen*), TBA (*Thiobarbituric Acid*), organoleptik (hedonik mentah dan matang untuk parameter kenampakan, rasa dan bau dengan panelis terlatih), pH, kadar air, dan angka total bakteri *anaerob* dan *aerob* (analisis TPC *anaerob* dan *aerob*) berdasarkan metode AOAC (1984). Interval waktu pengamatan penurunan mutu filet ikan nila ditentukan berdasarkan percobaan pendahuluan (Riyanto *et al.*, 2010). Selang waktu pengamatan masing-masing 24, 12, 6, dan 3 jam berturut-turut untuk penyimpanan pada suhu 0, 10, 20, dan 30 °C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

Penentuan persamaan prediksi umur simpan

Penentuan persamaan prediksi umur simpan filet ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dikemas vakum dengan HDPE dilakukan dengan menggunakan data nilai parameter mutu dominan yang didapatkan dari data perubahan nilai parameter mutu filet ikan nila yang dikemas vakum pada beberapa suhu penyimpanan. Parameter dominan ditentukan dengan membandingkan beberapa parameter mutu yang diujikan sehingga didapatkan satu parameter mutu yang paling cepat menyentuh level penolakan daripada parameter mutu lainnya. Kinetika reaksi kemunduran mutu filet ikan nila (dengan TVB-N sebagai parameter dominan untuk dasar perhitungan) dan persamaan umur simpan produk filet ikan nila ditentukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius (Labuza, 2000; Petrou *et al.*, 2002) sebagai berikut,

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan I})$$

Uji akurasi nilai prediksi dengan nilai mutu kesegaran ikan sebenarnya

Uji akurasi dilakukan dengan mengamati laju kemunduran mutu filet ikan nila yang dikemas vakum

dengan HDPE pada suhu penyimpanan 10, 20, dan 30 °C. Parameter mutu yang digunakan dalam pengamatan ini adalah parameter mutu yang paling dominan dalam proses kemunduran mutu filet ikan nila selama proses penyimpanan. Preparasi sampel dilakukan sesuai dengan prosedur preparasi filet ikan nila yang dilakukan sebelumnya (Petrou *et al.*, 2002).

HASIL DAN BAHASAN

Sebagai data dasar yang dibutuhkan dalam penelitian ini, telah dilakukan analisis proksimat filet ikan nila. Hasil analisis proksimat filet ikan nila dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan air daging ikan sangat tinggi (82,17%); kandungan air yang tinggi ini potensial untuk menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroba pembusuk yang dapat menyebabkan proses penurunan mutu filet ikan lebih cepat jika dibandingkan dengan bahan pangan dengan kadar air yang rendah. Nilai nutrisi yang terkandung dalam daging ikan juga merupakan substrat yang ideal untuk kehidupan dan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, terutama bakteri (Irawan, 1995).

Dari pengamatan sensori (kenampakan) pada titik ke 0, daging filet ikan nila yang didapatkan setelah proses *filleting* berwarna krem cerah dengan lapisan daging merah melapisi sebagian daging ikan. Tampilan kecerahan daging filet ikan menunjukkan bahwa bahan baku utama penelitian masih dalam kondisi segar (*fresh*). Persentase berat daging filet, kepala serta tulang, dan kulit ikan yang dihasilkan dalam penelitian adalah: berat filet ikan 35,29% (rendemen), berat kepala dan tulang ikan 51,96%, dan berat kulit ikan 12,75%.

Penentuan Parameter Mutu Dominan

Data nilai parameter mutu penurunan mutu filet ikan nila menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda untuk tiap parameter mutu yang diamati. Nilai TVB-N filet ikan nila yang disimpan pada suhu 30 °C

Tabel 1. Proksimat filet ikan nila
Table 1. *Tilapia fillet proximate*

Parameter	Kandungan/Content (%)
Protein/ <i>Protein</i>	86.94 (bk/db)
Lemak/ <i>Fat</i>	9.30 (bk/db)
Karbohidrat/ <i>Carbohydrate</i>	2.36 (bk/db)
Abu/ <i>Ash</i>	1.40 (bk/db)
Air/ <i>Water</i>	82.17

Keterangan/Note: BK = berat kering/*dry weight*

sudah ditolak (mencapai nilai batas mutu TVB-N, 30 mg-N/100g) sejak penyimpanan jam ke-9 (48,84 mg-N/100 g), sedangkan untuk penyimpanan suhu 20, 10, dan 0 °C berturut-turut ditolak pada penyimpanan jam ke-24 (33,11 mg-N/100 g), 72 (49,89 mg-N/100 g), dan 168 (45,15 mg-N/100 g).

Berdasarkan standar batas mutu maksimum cemaran mikroba yaitu 5×10^5 koloni/g (BSN, 2006) maka pada penyimpanan suhu 30 °C produk sudah melampaui batas mutu maksimum cemaran mikroba pada penyimpanan jam ke-9 ($2,5 \times 10^5$ – $1,6 \times 10^6$ cfu/g untuk *aerob* dan $5,5 \times 10^4$ – $1,3 \times 10^5$ cfu/g untuk *anaerob*). Pada penyimpanan suhu 20 °C filet ikan nila melampaui batas mutu maksimum cemaran mikroba pada penyimpanan jam ke-24 ($2,3 \times 10^5$ – $3,2 \times 10^6$ cfu/g untuk *aerob* dan $1,1 \times 10^5$ – $1,1 \times 10^6$ cfu/g untuk *anaerob*). Pada dua suhu penyimpanan ini parameter mutu TPC ditolak pada saat nilai TVB-N juga sudah melampaui nilai 30 mg-N/100 g. Berbeda dengan suhu penyimpanan sebelumnya, pada suhu penyimpanan 10 °C, jumlah bakteri *aerob* dan *anaerob* filet ikan nila yang terukur sampai pengamatan terakhir (jam ke-84 atau hari ke-3,5) adalah $1,0$ – $1,6 \times 10^5$ cfu/g untuk *aerob* dan $7,9 \times 10^4$ – $1,1 \times 10^5$ cfu/g untuk *anaerob* sedangkan pada suhu penyimpanan 0 °C (pengamatan jam ke-168 atau hari ke-7) adalah $1,1$ – $1,5 \times 10^4$ cfu/g untuk *aerob* dan $2,3$ – $4,1 \times 10^3$ cfu/g untuk *anaerob*.

Untuk parameter mutu nilai *Thiobarbituric Acid* (TBA), filet ikan nila yang disimpan pada suhu 30 °C sudah ditolak secara mutu (mencapai nilai batas mutu TBA produk filet ikan nila, 0,8 mg/100 g atau 8 mg/kg) sejak penyimpanan jam ke-12 (1,06 mg/100 g), sedangkan untuk penyimpanan suhu 20, 10, dan 0 °C berturut-turut ditolak pada penyimpanan jam ke-30 (0,92 mg/100 g), 72 (1,06 mg/100 g), dan 168 (1,24 mg/100 g). Nilai TBA bahan pangan pada kondisi terbaik harus lebih rendah dari 3 mg/kg, bahan pangan masih dikatakan baik jika nilai TBA tidak lebih dari 5 mg/kg, dan sebagai batas produk layak dikonsumsi nilai TBA antara 7 sampai 8 mg/kg (Connell, 1990).

Data parameter mutu organoleptik menunjukkan bahwa berdasarkan batas nilai sensori 5 untuk menyatakan produk ditolak (Nurjanah *et al.*, 2004), pada penyimpanan 30 °C filet ikan nila masih belum ditolak sampai penyimpanan terakhir 18 jam (nilai organoleptik 5,9 untuk segar dan 6,0 untuk matang). Hal yang sama juga didapatkan pada penyimpanan suhu 0 °C di jam ke 168 (nilai organoleptik 5,9 untuk segar dan 6,0 untuk matang) dan 20 °C di jam ke-42 (nilai organoleptik 5,5 untuk segar dan 5,2 untuk matang). Berbeda dengan penyimpanan pada suhu 30, 20, dan 0 °C, pada penyimpanan terakhir pada suhu 10 °C jam ke-84 nilai organoleptiknya mencapai

4,6 untuk segar dan 4,3 untuk matang, yang artinya sudah ditolak oleh panelis.

Data organoleptik menunjukkan bahwa pada saat filet ikan nila dinyatakan tidak layak konsumsi berdasarkan nilai TVB-N, TBA, dan TPC (*aerob* dan *anaerob*) panelis menilai ikan masih dalam kondisi cukup segar. Meskipun kandungan basa volatil dan mikroba yang ada cukup tinggi, tekstur, dan kenampakan filet ikan nila masih bagus dan hanya perubahan bau yang paling dominan. Data secara keseluruhan membuktikan pentingnya penyimpanan suhu rendah untuk menekan laju proses penurunan mutu filet ikan nila; semakin rendah suhu yang digunakan akan berbanding lurus dengan lamanya umur simpan produk tersebut.

Penentuan parameter mutu penentu kinetika pembusukan filet ikan nila dilakukan dengan melihat tren data pengamatan mutu yang didapatkan. Parameter mutu yang paling cepat mencapai nilai batas mutu produk yang dipersyaratkan selanjutnya ditetapkan sebagai parameter mutu penentu laju proses pembusukan. Berdasarkan tingkat kecepatan parameter mutu yang dianalisis sampai pada batas limit atau toleransi mutu produk filet ikan nila (Tabel 2), nilai *Total Volatile Base Nitrogen* (TVB-N) merupakan parameter mutu yang paling tepat untuk dijadikan parameter penentu laju pembusukan filet ikan nila. Nilai TVB-N filet ikan nila mencapai nilai batas mutu TVB-N produk filet ikan nila (30 mg-N/100 g) untuk penyimpanan suhu 30, 20, 10, dan 0 °C berturut-turut pada penyimpanan jam ke-9 (48,84 mg-N/100 g), 24 (33,11 mg-N/100 g), 72 (49,89 mg-N/100 g), dan 168 (45,15 mg-N/100 g), lebih cepat daripada parameter mutu yang lainnya. Selama penyimpanan, bakteri dan enzim yang secara alami ada pada tubuh ikan menyebabkan degradasi protein atau derivatnya yang menghasilkan sejumlah basa yang mudah menguap seperti amoniak, hidrogen sulfida, dan trimetilamin (Karungi *et al.*, 2003) sehingga terjadi peningkatan pH daging (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 2001). Pembentukan TVB-N yang juga dipengaruhi oleh keberadaan enzim dan mikrobiologi pendegradasi protein menjadikan laju pembentukan TVB-N lebih cepat dibandingkan parameter mutu lainnya, selain juga karena dukungan lingkungan (eksternal atau internal) yang mempercepat proses degradasi nutrisi daging ikan.

Berdasarkan perhitungan nilai R^2 persamaan laju kinetika penurunan mutu filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE (Tabel 3), yang menunjukkan tingkat kedekatan persamaan matematis dengan kondisi percobaan dalam memprediksi nilai mutu pada waktu penyimpanan tertentu, diketahui bahwa laju reaksi lebih mendekati reaksi ordo 1 dibandingkan reaksi ordo 0. Dilihat dari nilai R^2 untuk ordo 1 lebih

Tabel 2. Tabulasi lama penyimpanan filet ikan nila saat menyentuh limit mutu untuk setiap parameter mutu yang dianalisis

Table 2. Tabulation of storage time of tilapia fillet reaching quality limit for each parameter being analyzed

T (°C)	TVB (30 mgN/100g)		TPC (5x10 ⁵ cfu)		Orlep (Scor 5)		TBA (8 mgMA/kg)	
	Jam/Hours	Hari/Days	Jam/Hours	Hari/Days	Jam/Hours	Hari/Days	Jam/Hours	Hari/Days
	0±2	168	7	± 240*	± 10*	± 192*	± 8*	± 216*
10±2	72	3	± 96*	± 4*	84	3,5	± 96*	± 4*
20±2	24	1	24	0.8	± 48*	± 2*	42	1,75
30±2	9	0.38		0.38	± 21*	± 0.88	18	0.75

Keterangan/Note: * nilai prediksi sampai produk tertolak/predicted value until the product are rejected

Tabel 3. Nilai Ea/T dan R² tiap parameter pengamatan mutu pada ordo 0 dan ordo 1

Table 3. The value of Ea/T and R² of every quality parameter for ordo 0 and ordo 1

Parameter Mutu/ Quality Parameter	Ordo 0		Ordo 1	
	Ea/T	R2	Ea/T	R2
TVB-N	8677	0.989	8681	0.991
TPC Aerob/Aerob TPC	11512	0.977	10821	0.982
TPC Anaerob/Anaerob TPC	13980	0.956	12962	0.956
Organoleptik/Organoleptic	6762	0.986	6547	0.987
TBA	8340	0.966	7064	0.963

besar dibandingkan ordo 0, semakin besar nilai R² maka dari persamaan regresinya menunjukkan bahwa model matematika yang akan didapatkan akan lebih akurat dalam memprediksi nilai mutu yang sebenarnya (Petrou *et al.*, 2002).

Dari Tabel 4 kita dapat mengasumsikan bahwa laju pembentukan basa volatil pada proses perombakan daging ikan secara enzimatik dan mikrobiologi lebih cenderung mengikuti laju reaksi ordo 1. Prediksi tersebut didukung hasil tabulasi nilai laju pembentukan basa volatil filet ikan nila yang dikemas vakum dengan

HDPE (Tabel 4). Seperti dapat dilihat pada Gambar 10, laju pembentukan basa volatil filet ikan nila yang disimpan pada suhu 0±2 °C terlihat membentuk pola garis linier yang membuktikan bahwa reaksi yang terjadi selama proses kemunduran mutu filet ikan nila adalah reaksi ordo 1.

Penentuan Prediksi Umur Simpan

Karena laju pembentukan basa volatil selama proses kemunduran mutu filet ikan nila adalah reaksi ordo 1, maka digunakan persamaan sebagai berikut,

Tabel 4. Laju pembentukan basa volatil filet ikan nila tiap suhu penyimpanan

Table 4. The rate of volatile base (TVB-N) formation of tillapia fish fillet at any storage temperatures

0 °C		10 °C		20 °C		30 °C	
t (jam/hours)	TVB-N	t (jam/hours)	TVB-N	t (jam/hours)	TVB-N	t (jam/hours)	TVB-N
24	8.10	12	14.20	6	18.30	3	12.95
48	8.30	24	14.25	12	21.62	6	21.34
72	9.58	36	18.85	18	18.03	9	48.84
96	11.15	48	15.30	24	33.11	12	57.95
120	13.41	60	29.07	30	49.83	15	95.5
144	17.25	72	49.89	36	104.08	18	157.38
168	45.15	84	55.31	42	249.00		

$$\ln \frac{A}{A_0} = -k \Delta t$$

$$\ln C = \ln C_0 - k \Delta t$$

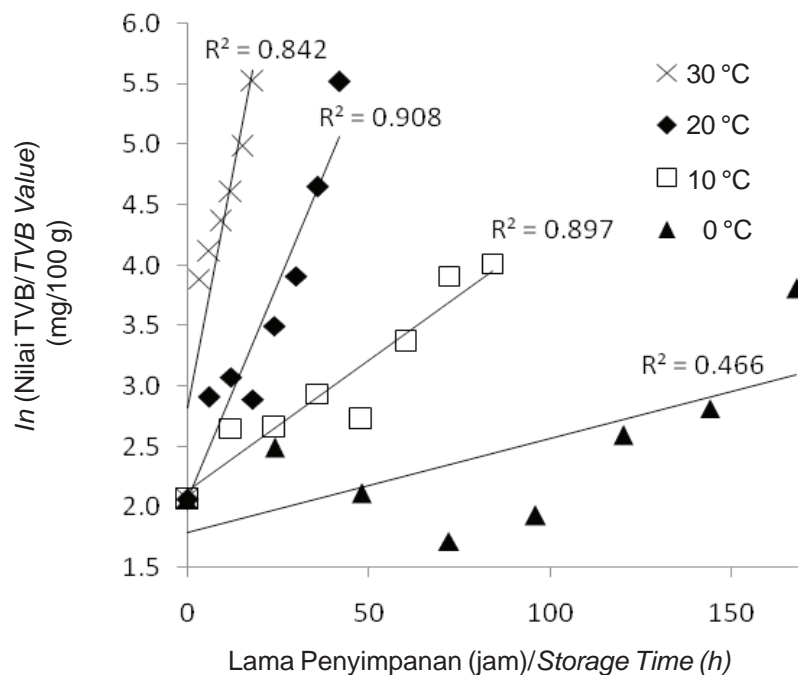
Persamaan regresi yang didapatkan dari grafik (Gambar 2) selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai k_T (Tabel 5) yang lebih lanjut digunakan untuk menentukan persamaan kinetika pembusukan filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE dengan membuat persamaan regresi antara nilai k_T dengan $1/T$ (T merupakan suhu penyimpanan produk dalam satuan Kelvin).

Dari data nilai TVB-N yang didapatkan dalam percobaan laju penurunan mutu filet ikan nila (Gambar 2), pola penurunan mutu filet ikan nila yang disimpan pada suhu dingin (0°C) menunjukkan pola yang agak berbeda dengan pola pada 3 suhu penyimpanan yang lainnya (suhu $10, 20, \text{ dan } 30^\circ\text{C}$) jika dicoba dibandingkan dengan nilai prediksi yang didapatkan dari persamaan. Berdasarkan nilai R^2 dari regresi linier yang didapatkan memang laju penurunan mutu filet ikan nila menunjukkan kecenderungan mendekati reaksi ordo 1 dibandingkan reaksi ordo 0, tapi pada penyimpanan suhu yang semakin kecil ternyata nilai R^2 yang didapatkan menjadi semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan umur simpan menggunakan persamaan yang didapatkan menjadi

semakin kurang mendekati hasil perhitungan nilai TVB-N hasil percobaan. Dari fakta ini ada kemungkinan pada penyimpanan suhu beku (di bawah suhu 0°C) laju penurunan mutu filet ikan nila dimungkinkan lebih mendekati reaksi ordo 0 dibandingkan dengan reaksi ordo 1. Hal ini dapat dikarenakan pada penyimpanan suhu di bawah 0°C proses pembusukan yang terjadi lebih dominan karena faktor enzimatik yang cenderung bergerak linier yang menyebabkan ordo reaksi yang terjadi cenderung mendekati ordo 0.

Gambar 3 merupakan grafik regresi linier yang didapatkan dari plot data nilai k_T terhadap suhu penyimpanan ($1/T$). Besarnya nilai R^2 menunjukkan tingkat kedekatan persamaan matematis dengan kondisi percobaan dalam memprediksi nilai mutu pada waktu penyimpanan tertentu. Semakin besar nilai R^2 maka dari persamaan regresinya menunjukkan bahwa model matematika yang akan didapatkan akan lebih akurat dalam memprediksi nilai mutu yang sebenarnya.

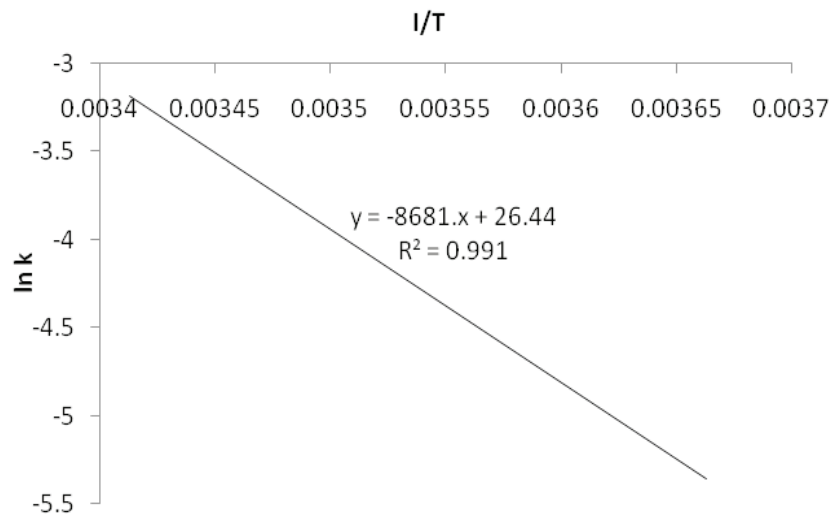
Persamaan garis dari grafik hubungan $\ln k_T$ versus suhu penyimpanan ($1/T$) selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai E_a persamaan Arrhenius. Nilai E_a didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan nilai *slope* grafik. Nilai E_a dari persamaan Arrhenius kinetika filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE adalah sebesar $72,174 \text{ KJ/mol}$.



Gambar 2. Hubungan \ln nilai total volatile base (TVB-N) dan lama pengamatan.
 Figure 2. Correlation between \ln of total volatile base (TVB-N) value and time of observation.

Tabel 5. Penentuan nilai k_T dari grafik hubungan nilai *total volatile base* (TVB-N) dan lama pengamatan.
 Table 5. Determination of k_T value from the graph of correlation between *ln* of total volatile base (TVB-N) value and time of observation.

Suhu/Temperature (° C)	Persamaan/Equation	k_T	$\ln k_T$
0	$y = 0.007x + 1.796$	0.007	-4,96185
10	$y = 0.021x + 2.129$	0.021	-3,86323
20	$y = 0.071x + 2.063$	0.071	-2,64508
30	$y = 0.155x + 2.819$	0.155	-1,86433



Gambar 3. Hubungan $\ln k_T$ versus suhu penyimpanan ($1/T$) fillet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE.

Figure 3. Correlation between $\ln k_T$ versus time of storage ($1/T$) of tilapia's fillet which vacuum packed with HDPE.

$$8681 = \frac{E_a}{R}$$

$$E_a = 8681 \times 8,314 \text{ J/mol.K} = \mathbf{72,174 \text{ kJ/mol.K}}$$

A = Batas mutu yang diijinkan/Quality limit allowed
 A_0 = Nilai mutu awal produk/Initial quality parameter
 t = Umur simpan produk (jam)/Shelf life of the product (hour)

Persamaan garis yang didapatkan pada Gambar 3 selanjutnya digunakan sebagai persamaan Arrhenius,

$$Y = 26.44 - 8681 X$$

$$\ln k = 26.44 - 8681 (1/T) \dots\dots(\text{Persamaan II / Equation II})$$

Dengan menggabungkan persamaan II dan persamaan III, maka didapatkan persamaan matematis (Persamaan IV) yang dapat digunakan untuk menghitung umur simpan (t dalam jam) fillet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE pada suhu penyimpanan tertentu (T , suhu dalam Kelvin),

Persamaan prediksi umur simpan fillet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE (t) pada suhu (T) yang dikehendaki selanjutnya dapat dibuat dengan memanfaatkan persamaan Arrhenius yang didapatkan.

$$t = \frac{\ln A - \ln A_0}{k} \dots\dots(\text{Persamaan III / Equation III})$$

$$t = \frac{\ln A - \ln A_0}{\exp^{[26,44-8681(1/T)]}} \dots\dots(\text{Persamaan VI/Equation VI})$$

Nilai parameter mutu fillet ikan nila yang disimpan vakum dengan plastik HDPE pada lama penyimpanan tertentu (t dalam satuan jam) dapat ditentukan dengan persamaan V yang merupakan modifikasi persamaan IV.

$$\ln A = \ln A_0 + (t \cdot \exp^{[26,44-8681(1/T)]}) \dots\dots(\text{Persamaan V/ Equation V})$$

Secara matematis umur simpan produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan V pada suhu penyimpanan yang dikehendaki. Hasil perhitungan matematis prediksi umur simpan filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE yang disimpan pada suhu 0, 10, 20, dan 30 °C masing-masing selama 12, 7, 4, dan 0,5 hari dengan menggunakan nilai mutu awal (A_0) TVB-N 7.86 mg-N/100 g dan batas limit mutu TVB-N (A) 30 mg-N/100g dapat dilihat pada Tabel 6. Untuk melihat tingkat akurasi persamaan yang diperoleh, maka dilakukan perbandingan nilai prediksi umur simpan yang diperoleh dari persamaan matematis dan nilai yang diperoleh dari percobaan sebenarnya.

Untuk mencoba membandingkan antara hasil percobaan dan hasil perhitungan persamaan prediksi umur simpan yang dihasilkan (persamaan V), hasil prediksi umur simpan akan dibandingkan dengan hasil penelitian filet ikan nila yang dikemas vakum dengan

polietilen pada suhu penyimpanan 0 °C oleh Liu *et al.* (2010). Dengan persamaan prediksi umur simpan yang didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan perkiraan nilai TVB-N filet ikan nila yang dikemas vakum pada suhu penyimpanan 0 °C (Tabel 7). Nilai TVB-N prediksi yang diperoleh terlihat mendekati nilai TVB-N percobaan yang dilakukan oleh Liu *et al.* (2010). Semakin lama waktu penyimpanan, hasil antara nilai prediksi dan nilai percobaan menjadi semakin berbeda jauh. Perkembangan bakteri yang cenderung logaritmik dapat menjadi sebab terjadinya selisih yang lebih besar pada kedua nilai yang didapatkan.

Uji Akurasi Persamaan Prediksi Umur Simpan

Gambar 4 merupakan kompilasi data nilai TVB-N yang didapatkan dari percobaan untuk suhu penyimpanan 10±2, dan 20±2 °C. Dari Gambar 5 terlihat nilai penolakan produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE untuk penyimpanan suhu 10±2 °C (batas limit mutu 30 mg-N/100 g) diperoleh pada lama penyimpanan 60 jam pada

Tabel 6. Prediksi umur simpan filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE menggunakan persamaan yang didapatkan.

Table 6. Shelf life prediction of tilapia's fillet which vacuum packed with HDPE using obtained equation.

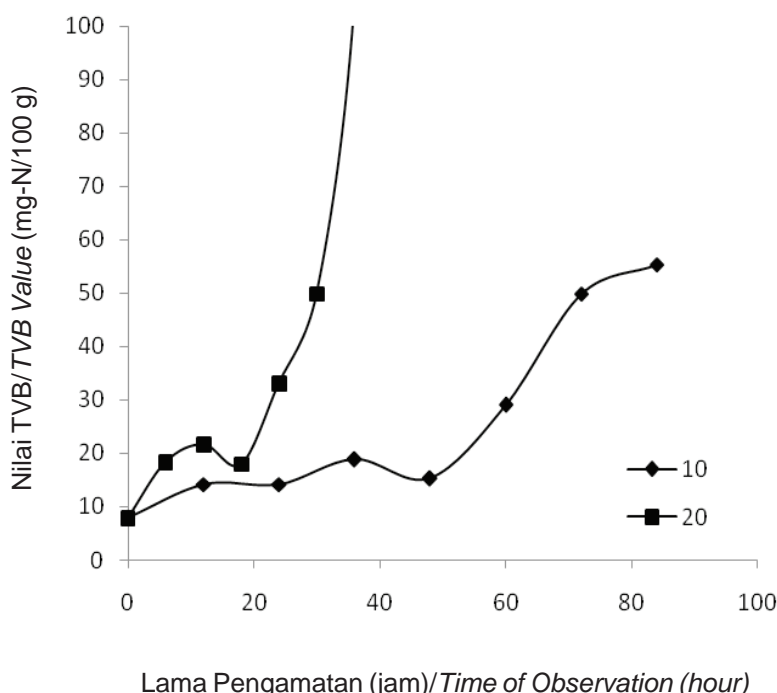
T (°C)	A ₀	A	K	Umur Simpan/Shelf Life	
				Jam/Hours	Hari/Days
0	7.86	30	0.0047	284.59	11.90
4	7.87	30	0.0075	179.80	7.50
5	7.88	30	0.0083	160.63	6.70
10	7.89	30	0.0145	92.52	3.90
20	7.90	30	0.0413	32.48	1.40
25	7.91	30	0.0678	19.75	0.80

Keterangan/Note: A₀ = Nilai parameter mutu awal, A = Nilai parameter mutu kritis (limit penerimaan produk)
 A₀ = Initial quality parameter values, A = Acceptance limit of quality parameter values

Tabel 7. Perbandingan nilai prediksi umur simpan filet ikan nila yang dikemas vakum pada suhu penyimpanan 0 °C dengan hasil percobaan Liu *et al.* (2010)

Table 7. Comparison of predicted shelf life of tilapia fillet which vacuum packed at storage temperature of 0 °C and the results of Liu *et al.* (2010) experiments

t (hari/days)	A ₀	A	TVB-N _{prediction}	TVB _{Liu et al. (2010)}
0	6.72	30	6.72	6.72
3	6.72	30	9.43	8.00
6	6.72	30	13.24	10.72
9	6.72	30	18.58	18.72
13	6.72	30	29.19	26.72
17	6.72	30	45.87	38.72



Gambar 4. Nilai TVB-N filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE pada suhu penyimpanan 10±2 dan 20±2 °C.

Figure 4. TVB-N value of tilapia's fillet which vacuum packed with HDPE at storage temperature 10±2 and 20±2 °C.

ulangan 1 dengan nilai TVB-N sebesar 32,233 mg-N/100 g, sedangkan untuk ulangan 2 dan 3 produk baru ditolak pada lama penyimpanan 72 jam, masing-masing mempunyai nilai TVB-N 53,701 dan 44,156 mg-N/100 g.

Untuk produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE yang disimpan pada suhu 20 °C, produk mulai ditolak pada lama penyimpanan 24 jam untuk ulangan 1 dan ulangan 3, di mana masing-masing mempunyai nilai TVB-N 31,866 dan 38,843 mg-N/100 g. Untuk ulangan 2 produk baru ditolak pada penyimpanan jam ke 30, nilai TVB-N 55,207 mg-N/100 g. Dari uji akurasi yang dilakukan terlihat bahwa persamaan prediksi umur simpan produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE cukup mendekati

nilai umur simpan produk pada percobaan sebenarnya.

Dari nilai prediksi umur simpan pada suhu kamar, dengan perkiraan suhu kamar antara 25–27 °C, maka filet ikan nila yang disimpan pada suhu kamar akan bertahan sampai limit toleransi mutu produk pada penyimpanan 16–20 jam dengan perkiraan suhu refrigerator ruang *display* produk ikan berkisar antara suhu 4–5 °C. Produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE tersebut akan mampu bertahan sampai limit toleransi mutu produk pada penyimpanan 6–7 hari.

Jika dibandingkan antara nilai prediksi umur simpan yang didapatkan dari persamaan prediksi umur simpan filet ikan nila dengan nilai umur simpan

Tabel 8. Tingkat akurasi prediksi umur simpan dengan data hasil percobaan.
Table 8. Accuracy level of predicted shelf life with experiment results data.

Suhu Simpan/ Storage Temperature (° C)	Umur Simpan/Shelf Life				Akurasi Prediksi/ Prediction Accuracy (%)
	Prediksi/Prediction		Penelitian/Research		
	Jam/Hours	Hari/Days	Jam/Hours	Hari/Days	
10	92.52	3.9	72.00	3.0	77.82
20	32.48	1.4	24.00	1.0	73.90
30	12.22	0.5	9.00	0.4	73.68

produk filet ikan nila dari hasil percobaan maka persen akurasi nilai prediksi terhadap nilai mutu filet ikan nila aslinya adalah 73–78% (Tabel 8). Nilai prediksi umur simpan filet ikan nila yang didapatkan dari persamaan lebih lama 0,27–0,22 kali dari nilai mutu filet ikan nila yang didapatkan dari percobaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Persamaan matematis untuk memprediksi umur simpan atau nilai parameter mutu produk filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE pada suhu tertentu dan pada lama penyimpanan tertentu (t =jam) adalah,

$$\ln A = \ln A_0 + (t \cdot \exp^{[26,44 - 8681(1/T)]})$$
- Tingkat akurasi hasil prediksi dibandingkan dengan nilai mutu filet ikan nila yang dikemas vakum dengan HDPE pada kondisi percobaan adalah 73-78%

Saran

Persamaan prediksi ini dapat digunakan oleh pihak industri untuk menghitung cepat masa kadaluarsa (umur simpan) produk filet ikan nila yang dikemas vakum. Jenis plastik yang digunakan ada kemungkinan tidak berdampak jauh terhadap hasil prediksi umur simpan yang akan didapatkan. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk melihat selisih (penyimpangan) perhitungan umur simpan dengan persamaan prediksi yang didapatkan dengan data yang diperoleh di laboratorium (pada kondisi nyata) untuk membuat tingkat akurasi persamaan umur simpan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kahtani, H.A., Abu-Tarboush, H.M., Bajaber, A.S., Atia M., Abou-Arab, A.A., and El-Mojaddidi, M.A. 1996. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in Tilapia and Spanish mackerel. *J. Food Sci.* 61: 729–733.
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemists*, Washington D.C.
- Arannilewa, S.T., Salawu, S.O., Sorungbe, A.A., and Ola-Salawu, B.B. 2005. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galienus*). *Afr. J. Biotechnol.* 8: 852–855.
- Ariyani, F. dan Dwiwitno. 2010. Kajian sensori dengan metode demerit point score terhadap penurunan kesegaran ikan nila selama pengesan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.* 5(2): 141–152
- Ariyani, F., Murtini, J.T., dan Handayani, F. 2011. Penelitian hubungan parameter sensori (*demerit point score*) kimia dan mikrobiologi pada kemunduran mutu ikan nila selama pengesan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.* 6(2): 69-80.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2006. *Ikan Segar*. SNI 01-2729. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Connell, J.J. 1990. *Control of Fish Quality*. Fishing News Books 3rd ed, Oxford.
- Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Ponzoni, R.W., Rye, M., Nguyen, N.H., Thodesen, J., and Gjerde, B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. *Aquaculture.* 273: 1–14.
- Eves, A., Turner, C., Yakupitiyage, A., Tongdee, N., and Ponza, S. 1995. The microbiological and sensory quality of septage-raised Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture.* 132: 261–272.
- Gall, G.A.E. and Bakar, Y. 2002. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia. *Aquaculture.* 212: 93–113.
- Gonzalez-Rodriguez, M., Sanz, J.J., Santos, J.A., Otero, A., dan Garcia-Lopez, M. 2001. Bacteriological quality of aquacultured freshwater fish portions in prepackaged trays stored at 3 °C. *Journal of Food Protection.* 64(9): 1399–1404.
- Imanawati, H. 2000. *Mempelajari tabletasi konsentrat protein ikan dari ikan nila (Oreochromis niloticus)*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Irawan, A. 1995. *Pengolahan Hasil Perikanan Home Industri*. C.V. Aneka. Solo. 108 pp.
- Karungi, C., Byaruhanga, Y.B., dan Moyunga, J.H. 2003. Effect of pre-icing duration on quality deterioration of iced perch (*Lates niloticus*). *J. Food Chemistry.* 85: 13–17.
- KKP. 2012. *Laporan Akuntabilitas Kinerja*. Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Korel, F., Luzuriaga, D.A., and Balaban, M.O. 2001. Objective quality assessment of raw tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using electronic nose and machine vision. *J. Food Sci.* 66: 1018–1024.
- Labuza, T.P. 2000. *Determination of The shelf Life of Food*. Departement of Food Science dan Nutrition, University of Minessota, St Pauli.
- Liu, S., Fan, W., Zhong, S., Ma, C., Li P., Zou, K., Peng, Z., 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.
- Marcilene, C.H., Oeter, M., Gallo, C.R., Spoto, M.H., dan Biato D.O. 2005. Effect of Modified Atmosphere and Vaccum on the Shelf Life of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets. *Brazilian Journal of Food Technology.* 9: 7–15
- Nurjanah, I., Setyaningsih, Sukarno, dan Muldani, M. 2004. Kemunduran mutu ikan nila (*Oreochromis sp.*)

- selama penyimpanan pada suhu ruang. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 7(1): 37–43
- Petrou, A.L., Roulia, M., dan Tampouris, K. 2002. The use of the Arrhenius Equation in The Study of Deterioration and of Cooking of Food-Some Scientific and Pedagogic Aspect *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. 3(1): 87–97.
- Puwastien, P., Judprasong, K., Kettwan, E., Vasanachitt, K., Nakngamanong, Y., dan Bhattacharjee L. 1999. Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. *J. Food Comp. and Analysis*. 12: 9–16.
- Riyanto, R., Supriyadi, dan Heruwati, E.S. 2010. *Perubahan Nilai Parameter Mutu Fillet Ikan Nila (Oreochromis niloticus) yang Dikemas Vakum pada Beberapa Suhu Penyimpanan. Belum publikasi.*
- Sallam, K.I. 2007. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. *Food Chem*. 101(2): 592–600.
- Samsudin, R. 2003. *Pengaruh Penggorengan terhadap Kualitas Protein Beberapa Jenis Ikan*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Setiawan, R. 2003. *Mempelajari Pembuatan Mie Ikan Instant dari Ikan Nila Merah (Oreochromis niloticus)*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sil, S., Joseph, J., and Kumar, K.A. 2008. Changes in biogenic amines during iced and ambient temperature storage of tilapia. *J. Sci. Food Agric*. 88: 2208–2212.
- Wang, Y., Cui, Y.B., Yang, Y.X., and Cai, F.S. 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus niloticus*, reared in seawater.
- Yanar, Y., Celik, M., and Akamca, E. 2006. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C. *Food Chem*. 97: 244–247.
- Yi, Y. and Lin, C.K. 2001. Effects of biomass of caged nila tilapia (*Oreochromis niloticus*) and aeration on the growth and yields in an integrated cage-cum-pond system. *Aquaculture*. 195: 253–267.