

Energi Aktivasi Perubahan Nilai *Free Fatty Acid* pada Abon Ikan Lele Dumbo (*Clarias sp*) Selama Penyimpanan

(Activation Energy of Free Fatty Acid Changed on Shredded Meat of Catfish (*Clarias sp*) During Storage)

Apri Dwi Anggo^{1)*}, A. Suhaeli Fahmi¹⁾, Y S Darmanto¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

* Penulis Korespondensi: aprianggo78@gmail.com

ABSTRACT

The accumulation of free fatty acid (FFA) compounds in shredded fish meat can cause undesirable odor on this product. Heat treatment during storage will further trigger the formation of ffa so that the smell will be more unpleasant. The aim of this research is to model the phenomenon of shredded catfish quality change from the parameter of FFA value as a result of temperature and time treatment, by finding the activation energy of it. The material studied is the shredded meat made from catfish (*Clarias sp*). One of the equipment used in this research was storage container for shredded meat that has been designed to control the temperature on 10, 25, 35 and 45°C. The sampling time was done on the 1st, 8th, 16th, 24th and 32nd days. The method to determine the activation energy is approached with the Arrhenius method based on the parameter of the ffa value. The results showed that the FFA value increase occurred along with the increase of time and storage temperature. The calculation of activation energy at first order reaction obtained 22,97 kJ/mol with frequency factor (k_0) equal to 211,706 (1/day). The model of Arrhenius equation obtained is $k = 211,706 \cdot e^{(-22,97/RT)}$.

Keywords: activation energy; arrhenius; catfish; ; free fatty acid; Shredded meat fish

ABSTRAK

Salah satu penyebab timbulnya bau tidak enak pada abon ikan adalah terakumulasinya senyawa asam lemak bebas / *free fatty acid* (FFA) akibat proses hidrolisis dari lemak pada abon tersebut. Perlakuan panas selama penyimpanan abon akan semakin memicu terbentuknya ffa sehingga baunya akan semakin tidak enak. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan fenomena perubahan kualitas abon lele dumbo dari parameter nilai ffa sebagai akibat perlakuan suhu dan waktu, dengan cara mencari nilai energi aktivasi perubahan nilai ffa tersebut. Materi yang dipelajari adalah abon ikan lele dumbo (*Clarias sp*). Peralatan yang digunakan adalah *container* penyimpanan abon yang telah didesain pada suhu tertentu yaitu 10, 25, 35 dan 45°C. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-1, 8, 16, 24 dan 32. Metode penentuan energi aktivasi dengan pendekatan metode Arrhenius berdasarkan parameter perubahan nilai ffa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju peningkatan nilai ffa terjadi seiring dengan penambahan waktu dan suhu penyimpanan. Hasil perhitungan energi aktivasi pada reaksi orde pertama diperoleh nilai 22,97 kJ/mol dengan faktor frekuensi (k_0) sebesar 211,706 (1/hari). Model persamaan Arrhenius yang diperoleh adalah $k = 211,706 \cdot e^{(-22,97/RT)}$.

Kata kunci: Abon; lele; *free fatty acid*; Arrhenius; energi aktivasi.

PENDAHULUAN

Abon ikan merupakan bentuk penganekaragaman dari produk perikanan yang cukup dikenal masyarakat. Selain mempertimbangkan nilai nutrisi produk, pengolahan produk abon sekaligus bisa memperpanjang masa simpan produk dibandingkan dengan bahan utamanya yang memiliki masa simpan relatif singkat. Abon ikan dapat dibuat dari berbagai jenis daging ikan termasuk diantaranya adalah dari ikan lele dumbo (*Clarias sp*).

Abon ikan dibuat dari daging ikan melalui proses perebusan, pemberian bumbu dan penggorengan. Metode penggorengan yang biasanya digunakan adalah *deep frying* yaitu metode penggorengan dimana bahan yang digoreng terendam semua dalam minyak (Dewi *et al.*, 2011). Akibat penggorengan *deep frying*, kandungan minyak dalam abon menjadi banyak. Oleh karena itu, diperlukan proses pengepresan atau penirisan minyak untuk mengurangi kadar minyak yang terdapat pada produk abon ikan tersebut. Walaupun sudah dilakukan proses pengepresan, kandungan lemak pada abon tidak semuanya bisa keluar. Sebagian dari minyak akan tetap tertinggal dalam abon tersebut. Minyak inilah yang menjadi salah satu faktor pengendali kualitas dari abon ikan. Hal ini disebabkan karena sifat lemak yang mudah mengalami kerusakan.

Salah satu penyebab kerusakan minyak adalah terjadinya proses hidrolisis pada minyak. Adanya sejumlah air pada bahan menyebabkan lepasnya ikatan asam lemak dari gliserol sehingga terbentuk asam lemak bebas / *free fatty acid* (FFA). Proses ini biasa disebut dengan proses hidrolisis. Proses ini bisa menimbulkan senyawa yang menghasilkan bau tidak sedap atau tengik. Salah satu indikator untuk mengetahui terjadinya proses hidrolisis minyak pada abon adalah terakumulasinya senyawa FFA. Banyaknya kadar FFA dalam abon akan mempengaruhi kualitas dari abon ikan. Salah satu faktor pemicu terjadinya proses ini adalah suhu lingkungan penyimpanan abon. Suhu penyimpanan yang tinggi, akan mempercepat terjadinya proses kerusakan lemak. Pembentukan asam lemak bebas dari waktu ke waktu semakin bertambah seiring dengan terjadinya proses hidrolisis. Secara matematis, timbulnya *free fatty acid* akan mengikuti fenomena alam yang bisa dimodelkan. Model persamaan yang sering digunakan untuk menggambarkan degradasi nutrisi bahan pangan adalah metode Arrhenius. Khathir *et al*, (2014) menjelaskan bahwa persamaan Arrhenius ini dapat digunakan untuk mempelajari pengaruh suhu terhadap laju reaksi kimia pada suatu bahan pangan. Dari sini dapat diketahui nilai energi aktivasi maupun besaran faktor frekuensinya. Persamaan Arrhenius juga bisa untuk mendeteksi degradasi bahan lain seperti katalase selama proses *spray drying* (Schaefer and Lee, 2015) atau nilai *efektive moisture diffusivity* pada pengeringan *solar drying* (Koukouch, *et al*, 2017).

Activation Energy (AE) atau energi aktivasi (*ea*) adalah energi minimal yang harus dimiliki molekul untuk melakukan suatu reaksi (Holdsworth, 1997) dalam hal ini adalah reaksi untuk terbentuknya ffa. *Ea* dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui jumlah energi minimum yang digunakan untuk mengaktifkan suatu reaksi sebagai akibat dari pertemuan molekul-molekul didalam tumbukan atau getaran, sedangkan jumlah frekuensi tumbukan antar molekul-molekul selama reaksi berlangsung bisa ditunjukkan dengan adanya konstanta faktor frekuensi (k_0). Nilai faktor frekuensi cenderung mengikuti pola perubahan nilai *AE* dimana faktor frekuensi akan mengalami kenaikan seiring dengan naiknya nilai *AE* dan juga sebaliknya. Parameter yang memiliki nilai energi aktivasi yang terendah merupakan parameter kunci (Afriyanti, 2017).

Sesuai pendapat dari Garrote *et al*, (2008) bahwa penentuan parameter kinetika, konstanta laju reaksi serta energi aktivasi yang tepat sangat penting untuk memprediksi perubahan kualitas produk sebagai akibat perlakuan pemanasan. Maka, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan fenomena perubahan kualitas abon lele dumbo dari parameter nilai FFA sebagai akibat perlakuan suhu dan waktu, dengan cara mencari nilai energi aktivasi perubahan nilai FFA tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan lele dumbo (*Clarias sp*) dengan panjang total antara 35-45 cm dan berat sekitar 250 gram/ekor. Ikan lele diperoleh dari tambak yang berada di Semarang, Jawa Tengah. Bahan lain yang digunakan adalah bumbu yang diperoleh dari Semarang juga yaitu bawang merah, bawang putih, kemiri, ketumbar, garam, gula pasir, lengkuas, jahe, asam jawa, kunyit, daun salam dan serai. Bahan kimia seperti NaOH, phenolphtalin dan lain-lain digunakan untuk penentuan kadar FFA.

Peralatan yang digunakan untuk menyimpan abon adalah seperangkat *container* yang dapat diatur suhunya sesuai dengan rancangan percobaan. Abon disimpan berdasarkan suhu dan waktu yang telah ditentukan. Parameter yang di uji adalah kadar FFA dari abon ikan menggunakan metode AOAC (2005).

Perlakuan penyimpanan abon dilakukan untuk menguji jumlah FFA yang terbentuk selama perlakuan penelitian. Suhu penyimpanan terdiri dari 4 tingkat yaitu suhu 10, 25, 35 dan 45°C. Pengambilan sampel dilakukan terhadap masing-masing tingkatan suhu pada waktu yang telah ditentukan. Dalam hal ini, selang waktu penyimpanan ditetapkan sama yaitu dimulai pada hari ke-1, 8, 16, 24 serta 32. Peneliti lain juga mendesain penelitian kinetika pada selang suhu dan waktu yang tetap seperti penelitian Niamnuy *et al*, (2007). Tetapi, desain waktu

pengambilan sampel percobaan kinetika reaksi bisa juga didesain berjenjang sesuai dengan tingkatan kenaikan suhu. Semakin tinggi suhu maka pengambilan waktu sampel semakin pendek, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Nusi *et al*, (2015) dan Husain *et al*, (2017). Prinsip yang digunakan adalah semakin banyak tempat pengambilan sampel, maka pendekatan perhitungan kinetika akan semakin detail.

Metode permodelan untuk melihat fenomena perubahan ffa menggunakan model persamaan Arrhenius. Model disusun dengan membuat plot hubungan antara $\ln(C/Co)$ dan waktu (t) pada grafik cartesius. Dari persamaan yang diperoleh, kemudian digunakan untuk membuat model persamaan Arrhenius yaitu $k = k_o \cdot e^{-\frac{AE}{RT}}$. Persamaan ini dapat dirubah ke dalam bentuk $\ln k = \ln k_o - \frac{AE}{R} \cdot \frac{1}{T}$. Persamaan didapatkan dari regresi linear $\ln k$ vs $1/T$ yang memberikan kurva garis lurus bagi persamaan Arrhenius. Dari persamaan tersebut akan diperoleh slope yang merupakan nilai AE/R sehingga AE dapat ditentukan. Nilai $\ln k$ pada saat $1/T = 0$ akan mempunyai harga sama dengan $\ln k_o$. R adalah konstanta gas universal sebesar $8.314 \cdot 10^{-3}$ kJ/mol.K atau 1,9872 kal/mol.K. (Giannakourou dan Taoukis, 2006).

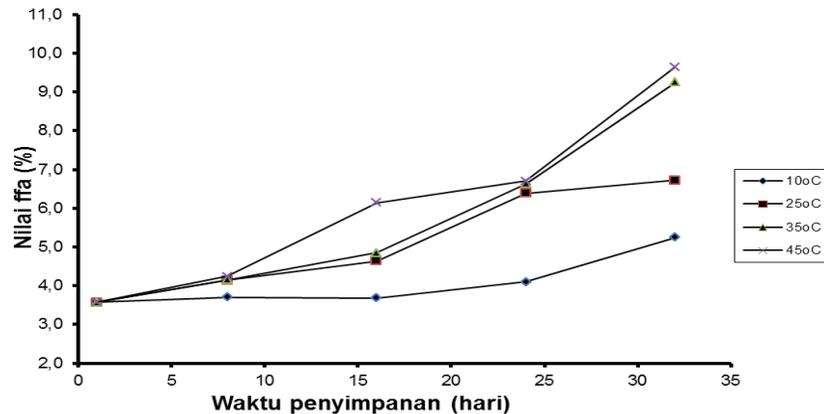
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen abon lele dihitung berdasarkan berat akhir produk abon dibandingkan dengan berat awal ikan segar. Dari tiga kali ulangan diperoleh hasil rendemen 24,6%. Data ini menunjukkan bahwa berat yang hilang dari produk ikan segar sampai menjadi produk akhir abon mencapai 75,4%.

Pengaruh suhu terhadap perubahan nilai ALB abon ikan lele

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ffa mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan dan tingginya suhu yang diberikan. Perubahan paling lambat terjadi pada suhu pling rendah yaitu 10°C, sedangkan perubahan paling cepat terjadi pada suhu 45°C dengan nilai ALB paling tinggi pada perhitungan hari terakhir. Grafik hasil penelitian seperti terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Kadar ALB (%) berdasarkan lama waktu penyimpanan selama penelitian.

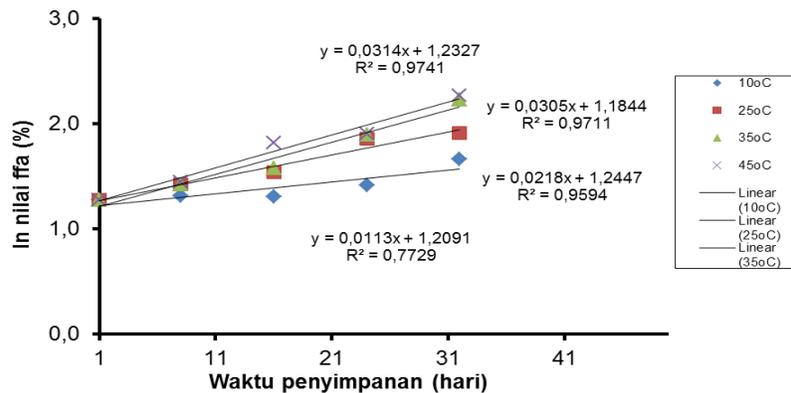
Perbedaan hasil ffa seperti diatas menunjukkan bahwa suhu berperan penting terhadap terbentuknya ALB. Penelitian dari Husain *et al.* (2017) juga menunjukkan hal yang sama yaitu variasi perlakuan radiasi panas pada suhu (20-40°C) akan meningkatkan kerusakan oksidatif pada daging ikan. Oksidasi lipida pada daging ikan dapat dikatalisasi oleh kandungan Fe natural walaupun jumlahnya sedikit.

Kinetika perubahan kadar ALB abon lele

Kinetika telah digunakan dalam ilmu makanan untuk menggambarkan seberapa cepat reaksi berubah jika produk disimpan pada suhu tinggi. Jika parameter kinetik diketahui, maka kinetika dapat digunakan untuk memprediksi umur simpan produk (Husain *et al.*, 2017). Secara umum kinetika degradasi nutrisi mengikuti orde nol dan orde pertama. Dari hasil percobaan diketahui bahwa reaksi degradasi kualitas dari parameter ffa dalam penelitian ini mengikuti orde reaksi pertama. Hal ini senada dengan Singh dan Heldman (2001), bahwa teori kinetika untuk degradasi nutrisi selama pemanasan atau penurunan jumlah mikrobial selama pemanasan mengikuti kinetika orde pertama. Oleh karena itu, konsentrasi bahan awal perlu dikembalikan pada bentuk logaritma naturalnya.

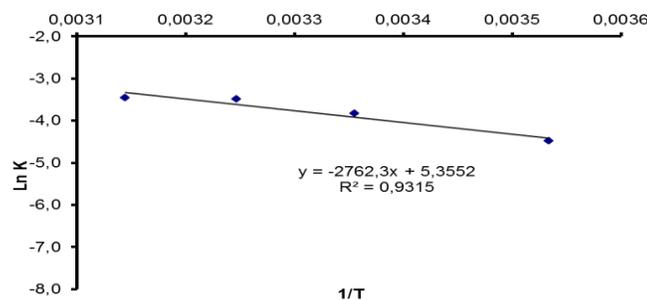
Data pada Gambar 1 perlu dicari persamaan linearnya untuk mencari nilai konstanta laju (k) perubahan nilai FFA seperti terdapat pada gambar 2. Data menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka nilai k juga mengalami peningkatan. Nilai k ini menjelaskan pengaruh faktor variasi suhu dan lama penyimpanan terhadap perubahan FFA selama penyimpanan. Makin besar nilai k , maka reaksi akan berlangsung makin cepat. Hal ini terbukti dari gambar 2 bahwa dari semua perlakuan, terlihat mempunyai pola yang sama dan semuanya mempunyai laju perubahan yang mengikuti fungsi linear dari rendah ke tinggi. Nilai k dari suhu

10°C sebesar 0,0113 meningkat menjadi 0,0314 ketika suhu penyimpanan dinaikkan pada 45°C.



Gambar 2. Kurva linear perubahan ln nilai ffa sebagai fungsi dari lama waktu penyimpanan abon selama penelitian.

Gambar 2 menunjukkan bahwa koefisien determinasi (R^2) hasil regresi linear menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Keeratan hubungan antara nilai ffa dengan waktu penyimpanan, semakin tinggi suhu maka koefisien determinasi juga mengalami peningkatan. Sebuah plot konstan reaksi orde pertama pada skala semi-logaritmik sebagai fungsi temperatur absolut timbal balik ($1/T$) memberikan garis lurus bagi persamaan Arrhenius, dan energi aktivasi ditentukan sebagai kemiringan garis dikalikan dengan konstanta gas (R). Grafik hasil plot $\ln k$ versus $1/T$ hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai AE , seperti terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva linear hubungan $\ln k$ sebagai fungsi dari $1/T$ pada orde pertama penyimpanan abon ikan lele selama penelitian.

Berdasarkan nilai *slope* dan *intercep* dari persamaan $y = -2762,3x + 5,3552$, dapat ditentukan besaran nilai energi aktivasi perubahan nilai ffa selama penyimpanan abon dalam penelitian ini. Nilai *slope* dan *intercep* dari persamaan tersebut adalah -2762,33 dan 5,355. Hasil perhitungan diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 22,97 kJ/mol dengan faktor frekuensi (k_0) sebesar 211,706 (1/hari) sehingga plot grafik garis lurus pada reaksi orde pertama

mendapatkan hasil persamaan Arrhenius $k = 211,706 \cdot e^{(-22,97/RT)}$, dimana k adalah laju perubahan nilai FFA, R adalah konstanta gas universal sebesar $8,3144 \cdot 10^{-3}$ kJ/mol.K, T adalah suhu dalam kelvin. Nilai energi aktivasi pelepasan FFA pada abon ini lebih rendah dibandingkan dengan energi aktivasi pelepasan FFA dari tempe sagu yang disimpan plastik hasil penelitian Afriyani (2017). Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan energi dari abon lebih mudah dibandingkan tempe sehingga kemungkinan kecepatan kerusakan lebih cepat abon dibandingkan tempe sagu.

Dengan memasukkan komponen unit perubahan nilai FFA berdasarkan batas kritis penerimaan abon, persamaan diatas dapat digunakan lebih lanjut untuk memprediksi besaran nilai FFA pada suhu dan waktu tertentu serta masa simpan abon.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini bahwa laju peningkatan nilai FFA terjadi seiring dengan penambahan waktu dan suhu penyimpanan. Hasil perhitungan diperoleh nilai energi aktivasi pada reaksi orde pertama sebesar 22,97 kJ/mol dengan faktor frekuensi (k_0) sebesar 211,706 (1/hari). Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,932. Model laju perubahan nilai ffa berdasarkan metode *Arrhenius* diperoleh persamaan $k = 211,706 \cdot e^{(-22,97/RT)}$. Persamaan yang dihasilkan tersebut dapat digunakan lebih lanjut untuk memprediksi kadar ffa pada waktu dan suhu tertentu serta digunakan untuk perhitungan masa simpan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro atas pendanaan kegiatan penelitian ini melalui sumber dana non APBN Universitas Diponegoro tahun anggaran 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemyst). 2005. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Virginia.
- Afriyanti. 2017. Pendugaan Umur Simpan Keripik Tempe Sagu Menggunakan Pengemas Plastik PP dengan Metode Arrhenius. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian Vol. 1 No. 1 Thn. 2017 .

- Dewi, E. N., R. Ibrahim dan N. Yuaniva. 2011. The Shelf- life of Seasoned Fish Meat Floss (Abon Ikan) Made from Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* Trewavas) Processed by Different Frying Methods. *Jurnal Saintek Peikanan*. 6(1): 6-12.
- Garrote, R L, Enrique R. Silva, Rube'n D. Roa, Ricardo A. Bertone. 2008. Kinetic parameters of surface color degradation of canned fresh green peas sterilized in a rotary retort. *LWT* 41 (2008) 408–413. Elsevier. doi:10.1016/j.lwt.2007.03.014
- Giannakourou M C and Taoukis S P. 2006. Reaction Kinetics. *Handbook of Food and Bioprocess Modelling Tecniques*. Taylor and Francis Groups. LLC. 235-263.
- Holdsworth D. 1997. *Thermal Processing of Packaged Foods*. First edition. Chapman & Hall. London.
- Husain, R. Suparmo. Harmayani. E, dan Hidayat, C. 2017. Kinetika Oksidasi Protein Ikan Kakap (*Lutjanus* sp) Selama Penyimpanan. *Jurnal AGRITECH*. Vol. 37, No. 2, Mei 2017, Hal. 199-204. DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.25926>.
- Khathir, R., Ratna, dan Rama Niza Putri. 2014. Penentuan Umur Simpan Lengkuas dengan Model Arrhenius Berdasarkan Kadar Air dan Kadar Sari Larut dalam Air. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*. 7(1) April 2014. ISSN : 2085-2614.
- Koukouch, Abdelghani., Ali Idlimam, Mohamed Asbik, Brahim Sarh, Boujemaa Izrar, Stephane Bostyn, Abdellah Bah, Omar Ansari, Omar Zegaoui, Amina Amine. 2017. Experimental determination of the effective moisture diffusivity and activation energy during convective solar drying of olive pomace waste. *Renewable Energy* 101 (2017) 565e574. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.006>.
- Nusi, T. S. I., A. S. Naiu dan F. A. Dali. 2015. Pendugaan Umur Simpan Abon Ikan Tongkol Asap. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan.*, 3(3): 103-105.
- Niamnuy C, Sakamon Devahastin , Somchart Soponronnarit, and G.S. Vijaya Raghavan. 2008. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage. *Journal of Food Engineering* 87 (2008) 591–600. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.01.013.
- Schaefer, J and Geoffrey Lee. 2015. Arrhenius activation energy of damage to catalase during spray-drying. *International Journal of Pharmaceutics* 489 (2015) 124–130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpharm.2015.04.078>.
- Singh R P dan Heldman D R. 2001. *Introduction to Food Engineering: Third Edition*. Academic Press. San Diego, California. 659 pp.