

PENGARUH FAKTOR EKSTERNAL TERHADAP JENIS KAPANG YANG TUMBUH PADA FERMENTASI ARABUSHI

Jamal Basmal¹⁾ dan Suyuti Nasran¹⁾

ABSTRAK

Suatu percobaan pengamatan pengaruh faktor eksternal seperti suhu, tingkat kelembaban, jumlah uap air terhadap jenis-jenis kapang yang tumbuh pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi alami telah dilakukan. Pengamatan dilakukan di dalam kotak kayu berukuran 28x28x28 cm³. Setiap tutup kotak diberi lubang berdiameter 1 cm. Perlakuan K1 tidak diberi lubang, perlakuan K2 diberi dua buah lubang, perlakuan K3 diberi tiga buah lubang, dan perlakuan K4 diberi empat buah lubang. Untuk menjaga tingkat kelembaban, seberat 10 g kapas dibasahi dengan air sebanyak 100 mL kemudian diletakkan pada dasar kotak percobaan setelah itu ditutup rapat-rapat sehingga udara hanya mengalir melalui lubang. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian lubang pada tutup kotak berpengaruh terhadap parameter suhu, tingkat kelembaban udara, dan jumlah uap air di dalam kotak percobaan. Di samping itu jenis kapang yang tumbuh juga menunjukkan perbedaan yang nyata dan diikuti dengan penurunan kadar fenol. Jenis kapang yang tumbuh pada perlakuan K1 adalah *Aspergillus chevalieri* dengan suhu rata-rata sebesar 27,8°C dan RH rata-rata 67,5%, serta jumlah uap air 13,6 g/kg udara kering. Pada K2 dan K4 adalah *A. flavus* dengan suhu rata-rata berturut-turut 28°C dan 27,6°C; persentase RH 83,2% dan 80,6%; jumlah uap air 19,3 g/kg udara kering dan 19,6 g/kg udara kering. pada perlakuan K3 adalah *A. repens* dengan suhu rata-rata 27,8°C; RH = 76,8%; dan jumlah uap air 18,4 g/kg udara kering.

ABSTRACT: *The effect of external factors on the specific mould growing during arabushi (dried stick fish) skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) fermentation process.*
By: Jamal Basmal, Ninoek Indriati, and Nurul Hak.

*The effect of temperature, relative humidity and water vapor in the wooden box experiment had been carried-out in special design of wooden boxes to see the specific moulds growing on the surface of arabushi during fermentation. Dimension of wooden boxes was 28x28x28 cm³ with treatments: K1 without hole on the cover, K2 with two holes, K3 with three holes, and K4 with four holes on the middle of the box's cover. The hole diameter was 1 cm. In order to control the humidity in the box, 10 g of cotton sheets were damped with 100 mL tap water and were stored on the bottom of the box which was then tightly closed to eliminate air flow inside. Results of experiment showed that variations of total holes influenced the external factors i.e. temperature, relative humidity and water vapor. In addition, it also effected to specific moulds growing on the surface of arabushi. Specific moulds growing on the K1 treatment was *Aspergillus chevalieri* with 27.8°C average temperature, 67.5% RH, and 13.6 g/kg dry air total water vapor. In K2 and K4 by *A. flavus* grew with 28°C and 27.6°C average temperature, 83.2% level of RH, and 80.6% total water vapor of 19.3 g/kg dry air and 19.6 g/kg dry air. And in K3 by *A. repens* with average temperature 27.8°C, level of RH 76.8% and total water vapor 18.4 g/kg dry air.*

KEYWORDS: *arabushi, Katsuwonus pelamis, fermentation.*

PENDAHULUAN

Kecepatan pertumbuhan kapang pada permukaan bahan pangan kering sangat tergantung pada faktor fisika, kimia, dan biologi yang yang diperkirakan juga akan memberikan kontribusi besar terhadap jenis kapang yang tumbuh pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi (Onions *et al.*, 1986). Parameter fisika yang sangat berperan penting adalah suhu, aktivitas air atau tingkat kelembaban, ketersediaan oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂), nilai pH, dan mungkin juga variasi perbedaan tekanan

partial udara, cahaya, dan bentuk-bentuk radiasi lainnya di sekitar produk yang akan difermentasikan. Air dan oksigen merupakan faktor absolut yang dibutuhkan selama pertumbuhan kapang. Jenis dan kecepatan pertumbuhan kapang juga dipengaruhi oleh elemen makro seperti karbon, nitrogen, fosfor, potasium, dan magnesium, sedangkan faktor elemen mikro yang dibutuhkan adalah ion-ion besi, seng, tembaga, mangan, dan molybdenum (Lilly & Barnett, 1866). Basmal *et al.* (1997) menemukan bahwa laju pertumbuhan kapang alami di permukaan *arabushi* selama proses fermentasi yang dilakukan di dalam

¹⁾ Peneliti pada Balai Penelitian Perikanan Laut

kotak kayu tertutup rapat sangat lambat. Basmal *et al.* (1999a) pada penelitian lanjutan dengan melakukan pengontrolan tingkat kelembaban menggunakan humektan NaCl, KCl, dan BaCl₂ jenuh di dalam kotak kaca kedap udara terbukti bahwa penggunaan humektan NaCl dapat memperlambat pertumbuhan kapang alami pada permukaan produk yang sedang difermentasikan. Sedangkan dengan menggunakan humektan BaCl₂ jenuh hanya dalam waktu lima hari, kapang alami telah tumbuh pada permukaan *arabushi*. Hal ini erat kaitannya dengan tingkat kelembaban di masing-masing humektan yang digunakan, misalnya tingkat kelembaban BaCl₂ dalam keadaan jenuh dapat mencapai 89%, sedangkan pada NaCl jenuh tingkat kelembaban maksimum tercapai hingga 75%. Northolt *et al.* (1995) menyatakan bahwa keseimbangan tingkat kelembaban antara produk dan lingkungannya sangat mempengaruhi pertumbuhan kapang, di samping ketersediaan nutrisi produk, suhu, dan oksigen.

Penggunaan kotak kayu sebagai wadah untuk melakukan fermentasi *arabushi* menjadi *katsuobushi* telah dikenal baik karena pada permukaan kayu telah tersedia berbagai jenis spora kapang. Di samping itu, kotak kayu mampu mempertahankan dan menyimpan uap air untuk kebutuhan pertumbuhan kapang. Basmal *et al.* (1999b) menemukan bahwa bila fermentasi dilakukan pada wadah yang kedap air akan terjadi kondensasi pada permukaan dinding wadah dan sebagai akibatnya dapat mengkontaminasi permukaan *arabushi*. Akibat yang ditimbulkan dengan adanya kondensasi tersebut permukaan produk menjadi sangat lembab dan agak lengket.

Pada proses fermentasi *arabushi* menjadi *katsuobushi* tidak semua jenis kapang yang diinginkan tumbuh di permukaan *arabushi* selama proses fermentasi berlangsung, karena dikhawatirkan pertumbuhan kapang yang liar akan menyebabkan terbentuknya mikotoksin selama pertumbuhannya. Menurut Tanikawa (1971), Hanafiah *et al.* (1987), dan Nasran (1988), jenis-jenis kapang yang diinginkan tumbuh pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi berlangsung adalah kelompok *Aspergillus glaucus*, *A. meleus*, dan *Penicillium glaucus*, sedangkan jenis-jenis kapang yang tidak diinginkan tumbuh antara lain *A. flavus*, *A. flavoviridesnes*, *Torula sp.*, *Cladosporium herbarium*, dan *Catennaria fuliginea*.

Diduga penggunaan kotak kayu yang diberi ventilasi pada tutup kotaknya dapat mempertahankan suhu, tingkat kelembaban, dan jumlah uap air yang sesuai dengan pertumbuhan kapang spesifik ikan kayu seperti *A. repens* dan *A. chevalieri*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jenis dan pertumbuhan optimal kapang, menghindari terjadinya tingkat kelembaban yang tinggi

dan untuk memperoleh kualitas *katsuobushi* yang lebih baik.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Jenis *arabushi* yang digunakan pada penelitian ini adalah *arabushi* cakalang yang telah diolah menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh Nasran (1988) yakni ikan disiangi, difilet, direbus, dilakukan kombinasi pengasapan dan pengeringan hingga dicapai kadar air yang diinginkan.

Kotak kayu dibuat dengan ukuran 28x28x28 cm³, terbuat dari jenis kayu meranti, sedangkan untuk mengatur tingkat kelembaban telah ditimbang dan diletakkan di dasar masing-masing kotak sebanyak 10 g kapas yang telah dibasahi dengan 100 mL air bersih.

Metode

Pada dasar kotak kayu diletakkan 10 g kapas yang telah dibasahi dengan air sebanyak 100 mL air. Kemudian sebanyak 20 loin *arabushi* cakalang diatur secara bersilangan di atas rak-rak besi dengan jarak antara kapas basah dengan *arabushi* 5 cm.

Untuk mengatur tingkat kelembaban, masing-masing kotak percobaan telah dibuat lubang berdiameter satu cm pada tutup kotak. Kotak pertama (K1) tertutup rapat tanpa lubang; kotak ke dua (K2) dibuatkan dua buah lubang; kotak ke tiga (K3) tiga buah lubang; dan kotak ke empat (K4) empat buah. Percobaan dilakukan di dalam ruangan penyimpanan produk dengan dua kali ulangan di Instalasi Penelitian Perikanan Laut Sliipi, Jakarta.

Jenis analisis yang dilakukan adalah pengamatan perubahan kadar air menggunakan metode Anonim (1998), nilai a_w diukur menggunakan a_w -Wert-Messer. Jenis kapang yang dominan tumbuh diidentifikasi menggunakan metode Pitt & Hocking (1985) dan Samsons *et al.* (1995). Perubahan suhu dan tingkat kelembaban di masing-masing kotak perlakuan telah dicatat menggunakan pencatat suhu (*thermorecorder*) yang kemudian diinterpretasikan menggunakan *psychometric chart* untuk menentukan jumlah uap air yang ada di dalam setiap kotak percobaan.

HASIL DAN BAHASAN

Pertumbuhan kapang pada permukaan produk-produk kering tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal (kadar air, nilai a_w , dan nutrisi produk) tetapi juga dipengaruhi oleh faktor perubahan suhu, tingkat kelembaban, oksigen, dan jumlah uap air udara tempat kapang tumbuh. Pada penelitian ini telah dilakukan

pengamatan perubahan suhu udara di dalam ruangan fermentasi kotak kayu. Hasil pengamatan selama fermentasi menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan suhu dengan kisaran 25,1°-33,1°C. Adanya perbedaan suhu yang relatif cukup tinggi ini mungkin disebabkan oleh aktivitas mikroba di masing-masing kotak percobaan. Diketahui bahwa mikroba atau kapang dalam menguraikan protein, lemak, dan karbohidrat untuk mendapatkan energi akan menimbulkan suatu reaksi panas. Hasil pengamatan perubahan suhu selama proses fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata suhu kotak percobaan, kecuali K4 mempunyai rata-rata suhu sama dengan suhu udara (K5), sebaliknya pada perlakuan K1, K2, dan K3 mempunyai suhu yang relatif lebih tinggi daripada K5. Hal ini cukup beralasan karena energi panas yang diciptakan oleh aktivitas kapang alami yang tumbuh di permukaan *arabushi* selama fermentasi dapat meningkatkan suhu sekitar ruangan fermentasi. Ternyata dengan memberikan lubang sebagai ventilasi hingga tiga buah lubang dengan diameter masing-masing lubang 1 cm proses keseimbangan suhunya sedikit terhalang. Pada hasil uji statistik menggunakan persamaan garis linier ditemukan nilai koefisien (r^2) negatif (- 0,7798) yang berarti semakin banyak lubang dibuat di permukaan kotak kayu maka proses keseimbangan suhu di dalam kotak dan udara luar akan mudah tercapai. Hal ini cukup beralasan karena secara teoritis dengan semakin sedikit rintangan/pembatas antara suhu di dalam suatu ruangan dengan udara luar, maka udara akan mudah mengalir dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang rendah. Hasil pengukuran suhu rata-rata ditemukan bahwa proses keseimbangan suhu telah tercapai pada perlakuan K4 dengan suhu udara luar (K5), sedangkan antar perlakuan K1 dan K3 tidak berpengaruh nyata tetapi lebih tinggi dari suhu udara (K5). Pada hasil uji polinomial (X^6) jumlah lubang

dengan waktu fermentasi ditemukan koefisien korelasi positif selama proses fermentasi yakni perlakuan K1 ($r^2 = 0,8575$); K2 ($r^2 = 0,8229$); K3 ($r^2 = 0,8575$); K4 ($r^2 = 0,8361$); dan K5 ($r^2 = 0,6828$). Terlihat pula bahwa pola perubahan suhu antara perlakuan K1 dan K3 adalah sama. Pada Gambar 1 dapat dilihat fluktuasi perubahan suhu selama pengamatan.

Pada fluktuasi suhu antara 25,1°-33,1°C, jenis kapang yang tumbuh pada permukaan *arabushi* lebih didominasi oleh kelompok *Aspergillus glaucus* yakni pada perlakuan K1 dengan kisaran suhu antara 25,1°-33,1°C jenis kapang yang tumbuh adalah *Aspergillus chevalieri*; K2 dengan kisaran suhu antara 25,6°-32,8°C jenis kapang yang tumbuh adalah *A. flavus*; K3 dengan kisaran suhu antara 25,1°-33,1°C kapang yang tumbuh adalah *A. repens*, dan K4 dengan kisaran suhu antara 25,1°-33°C jenis kapang yang tumbuh adalah *A. flavus*. Hal ini sesuai dengan penemuan Lilly & Barnett (1981) yang mengatakan bahwa pada kisaran suhu antara 27°-28°C permukaan produk kering akan ditumbuhi oleh kelompok *A. glaucus*.

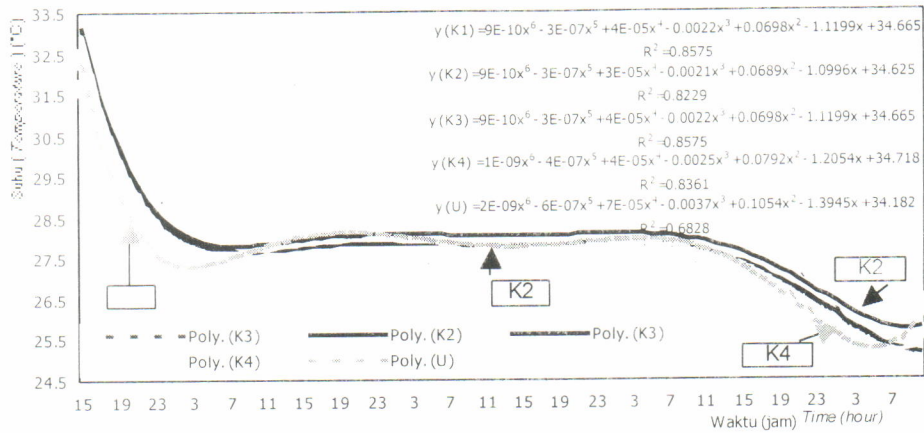
Adanya fluktuasi suhu di dalam masing-masing kotak percobaan telah menyebabkan terjadinya perubahan persentase tingkat kelembaban (RH). Perubahan tingkat kelembaban di dalam kotak percobaan selain dipengaruhi oleh fluktuasi tingkat kelembaban udara, juga dipengaruhi oleh kecepatan penguapan air pada masing-masing kapas basah yang ada di dalam kotak percobaan. Faktor lain yang menyebabkan terjadinya fluktuasi tingkat kelembaban udara pada masing-masing kotak percobaan tergantung pada aktivitas jasad renik (bakteri dan kapang) alami yang tumbuh pada permukaan *arabushi*. Diketahui hasil degradasi protein, lemak dan karbohidrat selain menghasilkan energi, polipeptida sederhana tetapi juga akan menghasilkan sejumlah air. Air hasil degradasi nutrisi tersebut dengan adanya perbedaan tekanan udara akan menyebabkan terjadinya difusi uap air dari dalam *arabushi* ke luar

Tabel 1. Perubahan suhu maksimum, minimum dan rata-rata selama fermentasi alami di dalam kotak kayu.

Table 1. Fluctuations of maximum, minimum and average temperature during natural fermentation in wooden boxes.

	Suhu (Temperature) (°C)				
	K1	K2	K3	K4	K5
Maksimum (Maximum)	33,1	32,8	33,1	33	32,1
Minimum (Minimum)	25,1	25,6	25,1	25,1	25,1
Rata-rata (Average)	27,8	27,7	27,8	27,6	27,6

K1 = kotak tanpa lubang (wooden box without hole); K2 = kotak dengan dua lubang (wooden box with two holes); K3 = kotak dengan tiga lubang (wooden box with three holes); K4 = kotak dengan empat lubang (wooden box with four holes); K5 = suhu udara (air temperature)



K1 = kotak tanpa lubang (wooden box without hole); K2 = kotak dengan dua lubang (wooden box with two holes); K3 = kotak dengan tiga lubang (wooden box with three holes); K4 = kotak dengan empat lubang (wooden box with four holes); K5 = suhu udara (air temperature)

Gambar 1. Perubahan suhu dalam kotak kayu selama pengamatan.
 Figure 1. Changes of temperature in wooden boxes during the experiment.

sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan jumlah uap air di masing-masing kotak percobaan. Hanya saja air hasil degradasi nutrisi tersebut lebih sukar menguap dibandingkan dengan air yang ada pada kapas basah. Jika terjadi penguapan uap air dari dalam *arabushi* akan menyebabkan terganggunya aktivitas kapang sehingga kapang-kapang terseleksi saja yang dapat tumbuh pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi berlangsung. Sebaliknya bila kecepatan penguapan air yang ada pada kapas basah lebih cepat maka akan menyebabkan terjadinya penyerapan uap air dari udara di dalam kotak percobaan ke permukaan *arabushi*. Untuk mengurangi terjadinya penguapan dan penyerapan uap air yang berlebihan ke permukaan *arabushi* selama proses fermentasi, dibuatkan sejumlah lubang pada tutup kotak. Ternyata variasi jumlah lubang telah menyebabkan terjadinya perbedaan tingkat

kelembaban (RH). Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak lubang yang diberikan, maka proses keseimbangan/penguapan udara akan semakin meningkat. Hasil percobaan terlihat bahwa pada perlakuan K4 tingkat kelembaban udara di dalam kotak lebih tinggi daripada percobaan K1, K2, dan K3. Hasil uji regresi linier variasi jumlah lubang telah menyebabkan terjadinya korelasi yang positif ($r^2 = 0,9313$) yang berarti bahwa semakin banyak jumlah lubang pada permukaan tutup kotak percobaan, maka proses keseimbangan RH dengan udara luar akan semakin mudah tercapai.

Ternyata hasil pengukuran rata-rata persentase RH antar perlakuan berbeda nyata dengan nilai terendah, ditemukan pada perlakuan K1 kemudian diikuti oleh perlakuan K2, K3, dan K4. Adanya perbedaan persentase RH menyebabkan jenis kapang yang tumbuh berbeda. Hasil identifikasi jenis kapang yang

Tabel 2. Hasil pengukuran maksimum, minimum, dan rata-rata persentase tingkat kelembaban ruangan percobaan.
 Table 2. Results of determination of maximum, minimum and average relative air humidity.

Tingkat % RH (Level of % RH)	Perlakuan (Treatments)				
	K1	K2	K3	K4	K5
Maksimum (Maximum)	91	89,87	83,4	92,3	96
Minimum (Minimum)	30,4	46,97	51,5	60,6	85,5
Rata-rata (Average)	67,5	75,0	76,8	80,6	94

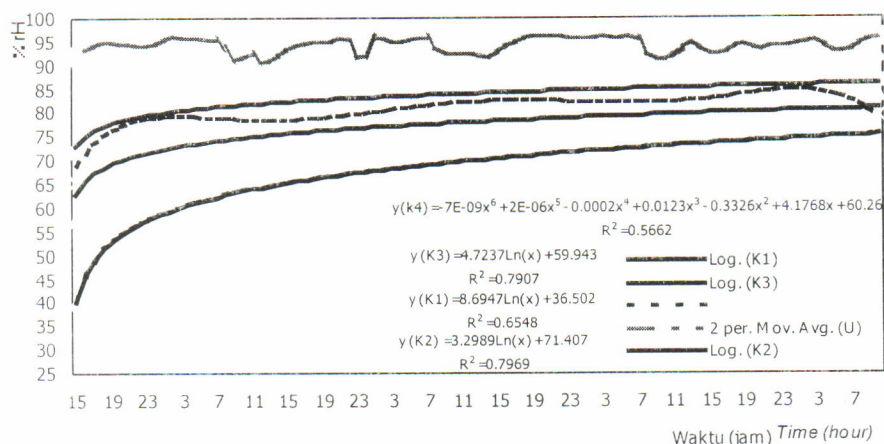
K1 = kotak tanpa lubang (wooden box without hole); K2 = kotak dengan dua lubang (wooden box with two holes); K3 = kotak dengan tiga lubang (wooden box with three hole on cover); K4 = kotak dengan empat lubang (wooden box with four hole on top); K5 = RH udara (air relative humidity)

tumbuh pada K1 adalah *A. chevalieri*; K2 = *A. flavus*; K3 = *A. repens*, dan K4 = *A. flavus*. Menurut Northolt *et al.* (1995) persyaratan minimal tumbuh kapang *A. flavus* adalah pada kisaran a_w /%RH 0,78–0,80, sedangkan untuk *A. repens* antara 0,72–0,74 dan 0,71–0,73 untuk *A. chevalieri*. Terbukti bahwa peningkatan jumlah lubang pada tutup kotak selain mempengaruhi persentase RH, juga telah mempengaruhi jenis kapang alami yang tumbuh pada permukaan *arabushi* selama fermentasi tahap pertama. Pada Gambar 2 dapat dilihat perubahan tingkat kelembaban udara pada masing-masing ruangan kotak percobaan selama proses fermentasi.

Hasil uji logaritma masing-masing perlakuan seperti pada Gambar 2 ditemukan nilai (r) mempunyai korelasi positif terhadap waktu yaitu nilai (r) perlakuan K1 adalah 0,8091; (r) pada perlakuan K2 = 0,8927; (r) pada perlakuan K3 = 0,8892; dan (r) perlakuan K4 sebesar 0,6987. Antara perlakuan berpengaruh nyata terhadap peningkatan tingkat kelembaban udara yakni dengan meningkatnya jumlah lubang pada permukaan tutup kotak, maka nilai RH kotak semakin mendekati nilai RH udara (K5), sedangkan dari uji persamaan regresi linier ternyata memberikan nilai (r) yang positif (+ 0,9940). Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak lubang yang diberikan pada permukaan tutup kotak, maka kontak antara udara di dalam kotak dengan udara luar akan mudah tercapai sehingga keseimbangan udara di dalam kotak dengan udara di luar kotak mudah tercapai. Diketahui bahwa udara luar mengandung berbagai jenis kapang yang

mudah mengkontaminasi permukaan *arabushi* selama proses fermentasi.

Perubahan jumlah uap air di dalam kotak percobaan erat kaitannya dengan perubahan suhu dan tingkat kelembaban udara (% RH). Apabila suhu bola basah semakin mendekati suhu bola kering, maka jumlah uap air yang terkandung di dalam suatu ruangan tertutup akan semakin mendekati udara jenuh. Untuk mengurangi terjadinya udara jenuh, percobaan telah didesain suatu kotak dengan mengatur aliran udara melalui variasi lubang pada permukaan tutup kotak. Asumsi dengan bervariasi jumlah lubang pada permukaan tutup kotak adalah untuk mempertahankan tingkat kelembaban sehingga jenis-jenis kapang alami yang diizinkan dapat tumbuh pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa semakin banyak jumlah lubang pada tutup kotak, maka jumlah uap air semakin tinggi seperti pada perlakuan K4 (jumlah lubang pada tutup kotak sebanyak empat buah), jumlah uap air maksimum di dalam kotak sebanyak 23,6 g/kg udara kering, sedangkan pada perlakuan K1 (tanpa lubang pada permukaan tutup kotak), jumlah uap air maksimum di dalam kotak sebanyak 19,2 g/kg udara kering. Sedangkan dari hasil rata-rata perhitungan jumlah uap air di masing-masing kotak percobaan ternyata K4 mempunyai jumlah uap air yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan K3, K2, maupun K1. Hasil perhitungan menggunakan persamaan garis linier untuk rata-rata jumlah uap air selama percobaan ditemukan persamaan $Y = 13,7649 + 1,5123X$; r^2



K1 = kotak tanpa lubang (*wooden box without hole*); K2 = kotak dengan dua lubang (*wooden box with two holes*); K3 = kotak dengan tiga lubang (*wooden box with three holes*); K4 = kotak dengan empat lubang (*wooden box with four holes*); K5 = RH udara (*air relative humidity*)

Gambar 2. Perubahan tingkat kelembaban ruangan kotak kayu percobaan selama fermentasi tahap pertama *arabushi* cakalang.

Figure 2. Changes of relative humidity in wooden boxes during the first fermentation of dried fish stick (*arabushi*) skipjack tuna.

sebesar 0,996. Terbukti bahwa peningkatan jumlah lubang sebagai ventilasi keluar dan masuknya udara ke dalam kotak dapat meningkatkan jumlah uap air di dalam kotak percobaan. Pada Tabel 3 disajikan jumlah uap air di masing-masing kotak percobaan.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pengaruh jumlah lubang udara pada tutup kotak fermentasi telah mempengaruhi jumlah uap air yang ada di dalam ruangan fermentasi. Ruangan fermentasi perlakuan K1 mempunyai jumlah uap air lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini mungkin karena tidak adanya aliran udara dari luar sehingga jumlah uap air yang ada sangat tergantung pada kemampuan menguapkan uap air yang ada pada dasar kotak. Kemungkinan lain rendahnya jumlah uap air pada kotak K1 disebabkan adanya selisih perbedaan tekanan udara di dalam kotak dengan udara luar. Diketahui pula bahwa kayu merupakan penghantar panas yang kurang baik sehingga terjadi akumulasi panas di dalam kotak percobaan. Sebaliknya pada kotak percobaan yang mempunyai ventilasi (lubang) aliran udara dari dalam maupun ke luar kotak dapat terjadi. Hasil identifikasi jenis-jenis kapang alami yang tumbuh dominan pada permukaan *arabushi* selama proses fermentasi pada perlakuan K1 adalah *A. chevalieri*; K2 = *A. flavus*; K3 = *A. repens*; dan K4 = *A. flavus*. Menurut Pitt & Hocking (1985) dan Northolt *et al.* (1995) pertumbuhan kapang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, perubahan suhu dan nilai a_w /RH seperti *A. flavus* mempunyai suhu optimum pertumbuhan pada suhu 25°-42°C dengan nilai a_w minimal 0,78 pada suhu 33°C; *A. chevalieri* mempunyai suhu optimum pertumbuhan pada suhu antara 30°-35°C dengan nilai a_w optimum 0,94-0,95; *A. repens* mempunyai suhu optimum pertumbuhan pada suhu antara 25°-27°C dengan nilai a_w optimum 0,95 pada suhu antara 20°-25°C.

Variasi jumlah uap air di masing-masing kotak percobaan telah menyebabkan jenis kapang yang

tumbuh juga berbeda. Terbukti bahwa kapang *A. flavus* yang tumbuh dominan pada percobaan K2 dan K4 mempunyai kisaran rata-rata jumlah uap air per kg udara kering antara 17,03 sampai 19,6 g/kg udara kering dan ini mungkin merupakan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya, sedangkan pada perlakuan K1 rata-rata jumlah uap air per kg udara kering adalah sebesar 13,6 g/kg udara kering dengan jenis kapang yang tumbuh adalah *A. chevalieri*. Pada K3 rata-rata jumlah uap air per kg udara kering adalah sebesar 18,4 g/kg udara kering dengan jenis kapang yang dominan tumbuh adalah *A. repens*. Diketahui bahwa *A. chevalieri* dan *A. repens* adalah jenis kapang yang diinginkan tumbuh pada permukaan *arabushi* karena di samping dapat menciptakan aroma spesifik *katsuobushi*, juga tidak memproduksi racun yang dapat membahayakan konsumen selama pertumbuhannya di permukaan *arabushi*. Menurut Samson *et al.* (1995) kedua jenis ini tidak memproduksi toksin selama pertumbuhannya. Sebaliknya *A. flavus* pada perlakuan K2 dan K4 menurut Troller (1980); Pitt & Hocking (1980); dan Samsons *et al.* (1995) dapat memproduksi toksin kojic acid, 3-nitropropionic acid, cyclopiazonic acid, aflkatoksin B1, dan *aspergillilic acid* yang mematikan. Pada Gambar 3 dapat dilihat fluktuasi jumlah uap air pada masing-masing kotak percobaan.

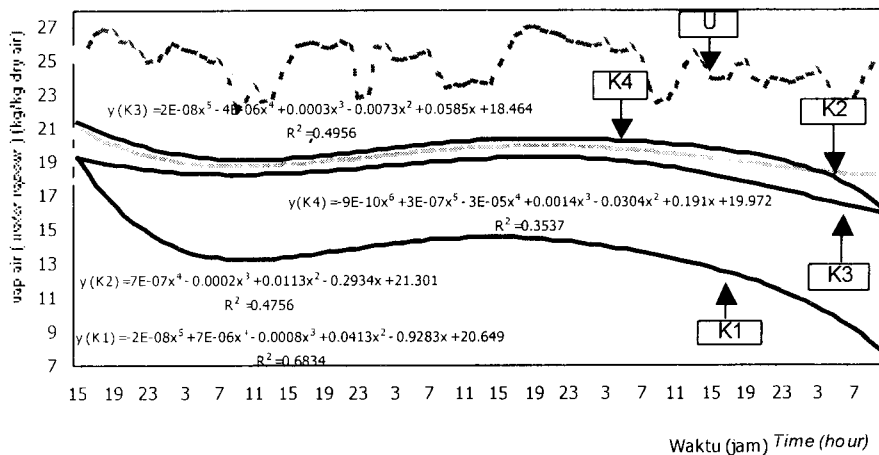
Kecepatan pergerakan uap air di dalam suatu wadah sangat tergantung pada kecepatan aliran udaranya ke udara bebas, suhu, dan kelembaban (Doi, 1998). Hasil pengamatan suhu rata-rata pada masing-masing percobaan menunjukkan perbedaan, kecuali K4 suhu rata-ratanya telah mencapai keseimbangan dengan suhu udara luar. Akibat fluktuasi suhu di dalam kotak telah menyebabkan pula terjadi perbedaan tingkat kelembaban dan jumlah uap air di dalam masing-masing kotak percobaan (Gambar 4).

Persentase RH dan jumlah uap air tertinggi ditemukan pada perlakuan K4 (RH 80,6%; jumlah uap

Tabel 3. Hasil perhitungan jumlah uap air pada masing-masing kotak percobaan.
Table 3. Results of computation of water vapour in each of wooden box.

Jumlah uap air (g/kg udara) Total of water vapour (g/kg air)	Perlakuan (Treatments)				
	K1	K2	K3	K4	K5
Maksimum (Maximum)	19,2	21,1	20,8	23,6	27,1
Minimum (Minimum)	8,4	17,7	15,9	16,8	18,9
Rata-rata (Average)	13,6	19,3	18,4	19,6	24,8

K1 = kotak tanpa lubang (wooden box without hole); K2 = kotak dengan dua lubang (wooden box with two holes); K3 = kotak dengan tiga lubang (wooden box with three holes); K4 = kotak dengan empat lubang (wooden box with four holes); K5 = jumlah uap air di udara (total water vapour of air)



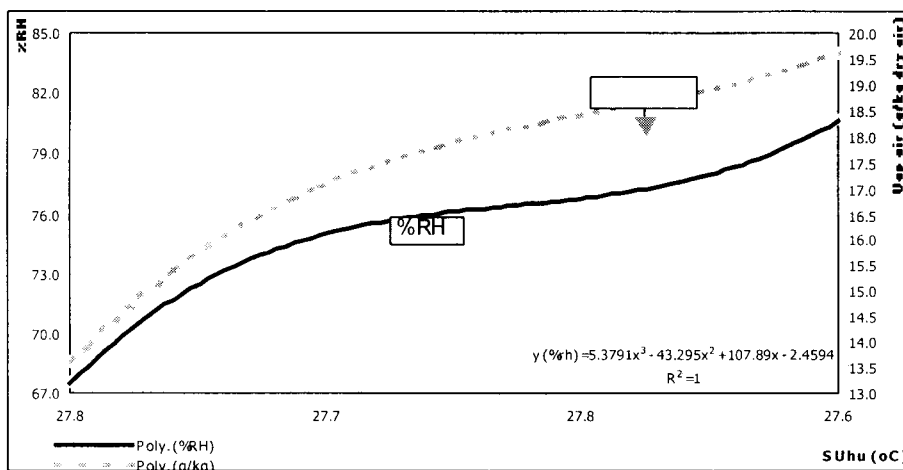
K1 = kotak tanpa lubang (wooden box without hole); K2 = kotak dengan dua lubang (wooden box with two holes); K3 = kotak dengan tiga lubang (wooden box with three holes); K4 = kotak dengan empat lubang (wooden box with four holes); K5 = perubahan jumlah uap air di udara (changes of total water vapour in air)

Gambar 3. Perubahan jumlah uap air di dalam kotak kayu percobaan selama fermentasi tahap pertama arabushi cakalang.

Figure 3. Changes of total water vapour in wooden boxes during first fermentation of dried fish stick (arabushi) skipjack tuna.

air 19,6 g/kg udara kering. Pada kondisi tersebut, Labuza *et al.* (1972) menyatakan bahwa pada RH lebih besar dari 75% atau setara dengan lebih besar dari 0,75 nilai a_w , uap air yang secara bebas ini dapat berfungsi sebagai medium untuk berlangsungnya kerusakan pada produk. Selanjutnya dikatakan oleh Troller (1980) bahwa pada kondisi nilai a_w /%RH antara 0,78–0,80 per 75%–80% adalah merupakan persyaratan minimal tumbuh untuk *A. flavus* dan

kapang tersebut dapat menghasilkan toksin pada nilai a_w /%RH minimal 0,83/83%. Sebaliknya pada perlakuan K1 nilai RH adalah 67,5%, jumlah uap air 13,6 g/kg udara kering dan K3 nilai RH 76,8% dengan jumlah uap air 18,4 g/kg udara kering. Kapang *A. flavus* sukar untuk tumbuh pada perlakuan K1 dan K3. Dari hasil identifikasi, jenis kapang yang tumbuh pada perlakuan K1 adalah *A. chevalieri* dan K3 adalah *A. repens*. Diketahui bahwa *A. repens* merupakan



27,8 adalah suhu perlakuan K1 (27.8 is temperature of K1 treatment); 28,0 adalah suhu K2 (28.0 temperature of K2 tretament); 27,8 adalah suhu K3 (27.8 is temperature of K3 treatment); and 27,6 adalah suhu K4 (27.6 is temperature of K4 treatment).

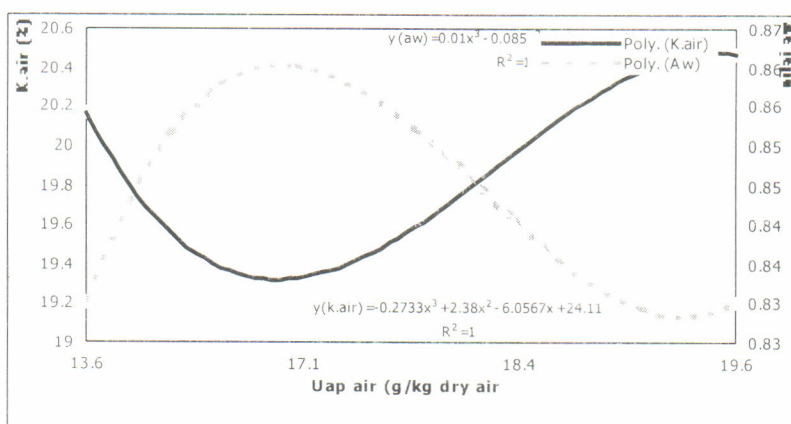
Gambar 4. Fluktuasi tingkat kelembaban dan jumlah uap air di dalam ruangan fermentasi.
Figure 4. Fluctuation of absolute relative humidity and water vapour in fermentation cabinet.

salah satu jenis kapang yang sudah dikenal dalam melakukan fermentasi *arabushi* menjadi *katsuobushi* (Doi *et al.*, 1989a dan Samson *et al.*, 1995).

Hasil uji regresi polinomial (X^3) hubungan antar percobaan baik untuk nilai %RH dan jumlah uap air mempunyai nilai (r) yang positif ($R^2 = 1$) yang berarti semakin banyak lubang dibuat pada permukaan tutup wadah fermentasi, maka persinggungan dengan udara luar semakin mudah sehingga titik keseimbangan akan mudah tercapai. Dampak yang ditimbulkan apabila kondisi faktor eksternal ruangan fermentasi tidak dikontrol maka kapang yang tidak diinginkan dapat dengan mudah tumbuh pada permukaan *arabushi*. Menurut Adnan (1982) pada kondisi RH lebih kecil dari 75% proses adsorpsi akan mudah terjadi seperti yang terjadi pada perlakuan K2 dan K4. Akibat adanya proses adsorpsi ini permukaan *arabushi* akan lebih lembab sehingga tidak hanya kapang *A. flavus* saja yang tumbuh tetapi juga kemungkinan akan berkembang biak bakteri pembusuk.

Faktor suhu, RH dan jumlah uap air di sekitar *arabushi* yang sedang difermentasikan ternyata dapat mempengaruhi kadar air dan nilai a_w (Gambar 5). Kadar air *arabushi* sebelum dilakukan fermentasi sebesar 20,44% (bb = bobot basah) dengan nilai a_w sebesar 0,83. Terbukti setelah fermentasi selama 12 hari kadar air dan nilai a_w pada percobaan K1 dan K4 lebih tinggi daripada kadar air dan nilai a_w *arabushi*, sedangkan perlakuan K2 dan K3 terjadi sedikit penurunan. Jika dihubungkan dengan nilai RH, maka pada perlakuan K1 telah terjadi proses adsorpsi, sebaliknya pada perlakuan K2, K3, dan K4 terjadi proses absorpsi.

Hasil uji statistik regresi polinomial (X^3) baik fluktuasi kadar air maupun nilai a_w mempunyai korelasi positif (Gambar 5) terhadap perubahan jumlah uap air di sekitar ruangan fermentasi. Sedangkan dari hasil analisis nilai a_w untuk semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini cukup beralasan karena analisis nilai a_w dilakukan dengan cara memblender satu lojin *arabushi* kemudian diukur nilai a_w -nya, sedangkan nilai a_w permukaan produk yang merupakan tempat melekatnya kapang di permukaan *arabushi* selama fermentasi tidak diukur. Adanya perbedaan jenis kapang yang tumbuh kemungkinan karena adanya perbedaan nilai a_w permukaan *arabushi* dan perbedaan jumlah uap air di masing-masing kotak percobaan. Dampak lain fluktuasi suhu, kelembaban, dan jumlah uap air ruangan fermentasi berpengaruh terhadap fluktuasi kadar air dan nilai a_w . Setelah dilakukan pengujian secara statistik terhadap hubungan fluktuasi kadar air dan nilai a_w terdapat persamaan $Y = 0,71695 + 0,0058 X$; $R^2 = 0,9281$ yang berarti kadar air dan nilai a_w meningkat sesuai dengan perlakuan. Menurut Van Eys & Mizushi (1983), kapang diperkirakan tidak dapat tumbuh pada kadar air ikan kayu (*arabushi*) di bawah 20%, selanjutnya Samson *et al.* (1979) menyatakan bahwa pada kisaran nilai a_w antara 0,70–0,80 hanya jenis kapang tertentu saja yang dapat tumbuh seperti kelompok *Aspergillus* spp., dan pada kisaran kadar air antara 14%–18% kelompok *Penicillium* spp. yang akan tumbuh dominan selama proses penyimpanan produk. Adanya variasi perlakuan telah mampu meningkatkan fluktuasi kadar air dan nilai a_w *arabushi* yang sedang difermentasikan sehingga jenis kapang yang tumbuh juga berbeda di setiap perlakuan.



13,6 adalah jumlah uap air di dalam perlakuan K1 (13.6 is total of water vapour in K1 treatment); 19,3 adalah jumlah uap air di dalam perlakuan K2 (19.3 is total of water vapour in K2 treatment); 18,4 adalah jumlah uap air di dalam perlakuan K3 (18.4 is total of water vapour in K3 treatment); 19,6 adalah jumlah uap air di dalam perlakuan K4 (19.6 is total of water vapour in K4 treatment).

Gambar 5. Hubungan antara kadar air dan nilai a_w terhadap jumlah uap air di dalam ruangan fermentasi.

Figure 5. Relation of moisture content and a_w value to water vapour in fermentation cabinet.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Variasi jumlah lubang pada permukaan ruangan fermentasi *arabushi* dapat mempengaruhi faktor eksternal seperti perubahan suhu, kelembaban, dan jumlah uap air di sekitar ruangan fermentasi. Adanya variasi parameter faktor eksternal ini telah mengakibatkan jenis kapang yang dominan tumbuh pada permukaan *arabushi* selama fermentasi juga berbeda. Pada perlakuan tanpa memberi lubang pada tutup kotak (K1), jenis kapang yang dominan tumbuh adalah *A. chevalieri*; K2 tutup kotak dengan dua lubang jenis kapangnya adalah *A. flavus*, K3 tutup kotak dengan tiga lubang jenis kapang adalah *A. repens*, dan K4 tutup kotak dengan empat lubang masing-masing lubang berdiameter 1 cm jenis kapang yang tumbuh adalah sama dengan perlakuan K2.

Saran

Untuk melakukan fermentasi *arabushi* menjadi *katsuobushi* perlu dilakukan pengontrolan faktor eksternal seperti suhu, kelembaban, dan jumlah uap air di ruangan fermentasi agar jenis kapang yang diinginkan seperti *A. repens* dan *A. chevalieri* dapat tumbuh dengan baik selama proses fermentasi *arabushi*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. 1982. *Aktivitas Air dan Kerusakan Bahan Makanan*. Penerbit Agritech. Yogyakarta. 28 pp.
- Anonim. 1998. *Prosedur Analisa Kimiawi Ikan dan Produk Olahan Hasil-hasil Perikanan*. Instalasi Penelitian Perikanan Laut Slipi, Jakarta. 100 pp.
- Basmal, J., Indriati., N., Nasran, S., dan Hak, N. 1998. Penelitian pendahuluan pengolahan *katsuobushi* dari ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) secara alami. *Prosiding Simposium Perikanan Indonesia II*. Ujung Pandang 2-3 Desember 1997. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. 377-385.
- Basmal, J. dan Nasran, S. 1999a. Pengaruh tingkat kelembaban ruangan fermentasi terhadap pertumbuhan kapang di permukaan ikan kayu (*kamebushi*) selama proses fermentasi alami. *J. Penelitian Perikanan Indonesia*. IV(4): 51-57.
- Basmal, J. dan Hak, N. 1999b. Fermentasi alami ikan kayu (*arabushi*) cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tongkol (*Auxis thazard*) dalam eksikator. *J. Penelitian Perikanan Indonesia*. V(2): 58-67.
- Doi, M., Ninomiya, M., Matsui, M., Shuto, Y., and Kinoshita, Y. 1989. Degradation and o-methylation of phenols among volatile flavor components dried bonito (*Katsuobushi*) by *Aspergillus* species. *Journal. Agric. Biol. Chem.* 53(4): 1051-1055.
- Hanafiah. T.A.R., Winarno, B.I., dan Marasabessy, H. 1987. Proses pembuatan ikan kayu cakalang (*Katsuwonus pelamis*). *J. Penelitian Pascapanen Perikanan*. p. 15-22.
- Labuza, T.P., Mc Nally, L., Gallagher, D., Hawkes, J., and Hurtado, F. 1972. Stability of intermediate moisture foods. *J. Food Sci.* 37: 154.
- Lilly and Barnett. 1986. Growth requirements and ecology. *Smith's Introduction to Industrial Mycology*. Seven edition. By Edward Arnold (Publisher) Ltd. London. p. 271-272.
- Nasran, S., 1988. Pengolahan ikan kayu (*Katsuobushi*). *Kumpulan Hasil Penelitian Teknologi Pascapanen Perikanan*. p. 45-48.
- Onions. A.H.S., Allsopp, D., and Eggins, H.O.W. 1986. *Smith's Introduction to Industrial Mycology*. Seventh edition. By Edward Arnold (Publisher) Ltd. London. p. 271-283.
- Northolt, M.D., Frisvad, J.C., and Samson, R.A. 1995. Occurrence of food-borne fungi and factors for growth. *Introduction of Food-borne Fungi*. Centraal Bureau voor Schimmel Cultures. Delft. p. 243-250.
- Pitt. J.L. and Hocking, A.D. 1985. *Fungi and Food Spoilage*. Academic Press. Sydney. p. 269-274.
- Samsons. R.A., Hoekstra., E.S., Frisvad, J.C., and Filtenborg, O. 1995. *Introduction of Food-borne Fungi*. Centraalbureau voor schimmelcultures. Delft. p. 240-241.
- Tanikawa, E., Kotohiro, T., and Akiba, M. 1985. *Marine Products in Japan*. Revised edition. Published by Koseiha Kaseikaku. Co. Ltd. Tokyo. p. 246-252.
- Troller. J.A. 1980. Influence of water activity on micro-organism in food. *Food Tech.* 34: 76.
- Van Eys and Mizushi, P. 1983. Producing fushi for the Japanese markets in FAO. *Infofish. Marketing Digest* (3/83): 48.