

MEMPELAJARI SUHU OPTIMAL DAN POLA PENURUNAN KADAR OKSIGEN RUANG KEMASAN PADA TRANSPORTASI UDANG DAN IKAN SISTEM KERING

Yohana Irania¹, Sam Herodian², Andasuryani³

ABSTRAK

Tujuan penelitian dengan judul di atas antara lain: (1) memperoleh suhu ruang kemasan selama transportasi yang menghasilkan tingkat kelulusan hidup yang tinggi untuk berbagai jenis ikan, (2) mengetahui kadar oksigen pada ruang kemasan selama transportasi dan pengaruhnya terhadap tingkat kelulusan hidup udang dan beberapa jenis ikan. Pada suhu ruang kemasan 14 °C, ikan lele mampu bertahan selama 15 jam dengan tingkat kelulusan hidup 93.33 %. Ikan patin hanya bertahan selama 3 jam pada suhu ruang kemasan 17 °C dengan tingkat kelulusan hidup 92.4 %. Ikan mas mampu bertahan selama 5 jam dengan tingkat kelulusan hidup mencapai 100 persen pada suhu ruang kemasan 14 °C. Pengamatan terhadap kadar oksigen selama transportasi menunjukkan bahwa pada kemasan yang disimpan pada peti kemas dengan suhu stabil, nilai kadar oksigen selama transportasi relatif stabil. Hal ini dikarenakan udang/ikan tetap pingsan pada suhu dingin sehingga metabolisme dan respirasi rendah. Pada kemasan yang disimpan di suhu kamar menunjukkan penurunan kadar oksigen ruang kemasan lebih cepat dibandingkan kemasan yang disimpan dalam peti kemas karena pada suhu tinggi udang/ikan akan sadar kembali sehingga kebutuhan oksigen juga semakin banyak.

PENDAHULUAN

Dewasa ini persaingan perdagangan komoditas perikanan di pasar internasional dirasakan semakin meningkat seiring dengan tuntutan konsumen akan bahan pangan, baik dari segi mutu maupun kualitasnya. Mutu tertinggi dari produk perikanan berasal dari kesegaran produk ikan dalam keadaan hidup, kemudian diikuti produk ikan segar atau ikan beku.

Transportasi sistem basah yang dilakukan selama ini menuntut media yang sama dengan tempat udang dan ikan tersebut sebelumnya sehingga menurunkan kapasitas angkut dengan jenis alat angkut yang terbatas. Usaha mengantisipasi masalah tersebut, menggunakan teknik transportasi sistem kering yang tidak memerlukan media air merupakan salah satu pilihan yang tepat. Suhu ruang kemasan merupakan faktor kritis dalam transportasi udang/ikan sistem kering, sehingga perlu dikaji pengaruh suhu ruang kemasan untuk menghasilkan tingkat kelulusan hidup yang tinggi.

Tujuan penelitian dengan judul di atas adalah (1) Memperoleh suhu ruang kemasan selama transportasi yang menghasilkan tingkat kelulusan hidup yang

tinggi untuk berbagai jenis ikan, (2) Mengetahui jumlah kadar oksigen pada ruang kemasan selama transportasi dan pengaruhnya terhadap tingkat kelulusan hidup udang dan beberapa jenis ikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian, Jurusan Teknik pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB). Waktu pelaksanaan mulai bulan April 2003 sampai dengan Agustus 2003. Bahan yang digunakan yaitu: udang windu tambak (*Penaeus monodon* Fab), ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*), ikan lele (*Clarias batrachus*, ikan mas (*Cyprinus carpio*, L.) dan serbuk gergaji. Peralatan penelitian meliputi: peti kemas, kemasan styrofoam, water chiller, bak pemingsan, oxygen analyzer, Instrumen kontrol fuzzy serta peralatan bantu lainnya seperti aerator, timer, ember dan selang air.

Penelitian ini dilakukan dalam dua rangkaian percobaan utama yaitu: pengamatan terhadap pengaruh suhu ruang kemasan dan kadar oksigen dalam ruang kemasan. Sebelum kedua percobaan tersebut

dilaksanakan, terlebih dulu dilakukan pengambilan dan persiapan contoh udang dan ikan. Udang dan ikan yang sudah diangkut ke laboratorium ditampung dalam bak pemeliharaan untuk penyesuaian dan pemulihan kondisi. Setelah udang/ikan cukup sehat dan aktif kembali, udang/ikan dipuasakan selama 12-18 jam selanjutnya udang/ikan siap dipingsankan dengan suhu rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya di dapatkan hasil bahwa udang windu pingsan pada suhu 15 °C (Gayatri, 2000). Syuaib (2002) melaporkan bahwa ikan patin pingsan pada suhu 13 °C, ikan lele pingsan pada suhu 10 °C dan ikan mas pingsan pada suhu 7.7 °C.

Setelah pingsan, ikan/udang kemudian dikemas dan disimpan pada suhu ruang kemasan yang diinginkan dengan lama penyimpanan bervariasi sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan. Sebelumnya telah disiapkan serbuk gergaji lembab dengan suhu sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan, kemasan *styrofoam* dan peti kemas serta instrumen kontrol suhu. Penyusunan dimulai dengan mengisi serbuk gergaji dingin ke dalam kemasan rak. Ketebalan serbuk gergaji sekitar 1 cm, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan ikan/udang di atas lapisan serbuk gergaji. Ikan/udang yang telah disusun ditutupi dengan serbuk gergaji dingin sampai kemasan rak penuh dan ikan/udang tertutup oleh serbuk gergaji dingin. Kemasan rak yang telah tersusun ikan/udang tersebut selanjutnya disusun ke dalam kotak *styrofoam*, ditutup rapat dan direkatkan menggunakan *flashband*. Kotak-kotak *styrofoam* tersebut kemudian disusun di dalam peti kemas yang akan di uji transportasi.

Pada percobaan ini, ikan patin yang sudah pingsan disimpan pada suhu 14 °C, 15 °C, 16 °C, 17 °C, dan 18 °C dengan waktu transportasi 3 jam. Ikan mas disimpan pada suhu 13 °C, 14 °C, 15 °C selama 5 jam, ikan lele pada suhu 12 °C, 14 °C, 15 °C dan 16 °C dengan waktu 10 jam. suhu ruang kemasan yang baik untuk transportasi udang windu adalah 17 °C (Kariadi, 1998). Hasil percobaan ini digunakan untuk uji transportasi dengan tujuan mengetahui kadar oksigen ruang kemasan selama transportasi. Pengamatan terhadap kadar oksigen

dilakukan setiap 30 menit untuk ikan mas dan ikan patin, sedangkan untuk ikan lele dan udang windu setiap 1 jam. Sebagai kontrol dilakukan pengamatan terhadap kadar oksigen ruang kemasan yang disimpan pada suhu kamar.

Pengamatan juga dilakukan terhadap kondisi ikan/udang pada saat pembongkaran, penyadaran serta tingkat mortalitas dan kelulusan hidup. Selama transportasi dilakukan pengamatan terhadap pengaruh suhu ruang kemasan dan kadar oksigen dalam kemasan. Setelah uji transportasi dilakukan selama beberapa jam, dilakukan penyadaran dengan membongkar kemasan. Udang dan ikan dibersihkan dan dimasukkan ke dalam air habitat bersuhu normal dengan aerasi tinggi sampai udang/ikan sadar dan normal kembali, terakhir dihitung tingkat kelulusan hidupnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

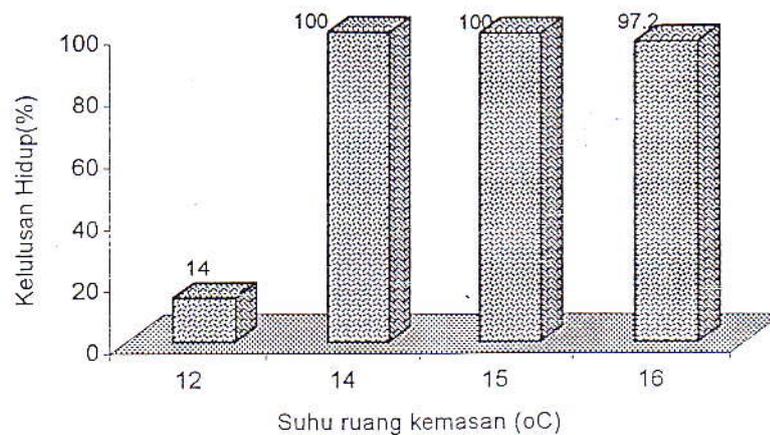
PENGARUH SUHU RUANG KEMASAN

Ikan Lele

Hasil yang diperoleh setelah dilakukan transportasi selama 10 jam menunjukkan bahwa posisi ikan lele untuk semua variasi suhu dan waktu penyimpanan berubah. Hal ini diakibatkan ikan lele meronta selama transportasi, tetapi ikan lele tetap tenang, tidak bergerak (diam) dan mempunyai respon yang lemah. Respon yang lemah ini diketahui adanya gerakan meronta saat ikan lele diangkat. Kondisi tubuh ikan lele tidak mengeras dan tidak kaku. Namun pada suhu ruang kemasan 12 °C, tubuh ikan lele berubah menjadi merah. Diduga hal ini diakibatkan suhu ruang kemasan 12 °C masih terlalu dingin untuk transportasi, sehingga ikan kedinginan dan pembuluh darah pecah.

Kelulusan hidup ikan lele setelah penyadaran dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, penyimpanan selama 10 jam pada suhu ruang kemasan 12 °C, 14 °C, 15 °C, dan 16 °C menghasilkan tingkat kelulusan hidup yang berbeda. Pada suhu ruang kemasan 14 °C dan 15 °C menghasilkan tingkat kelulusan hidup yang sama yaitu 100 %, sehingga dicoba dengan waktu pe-

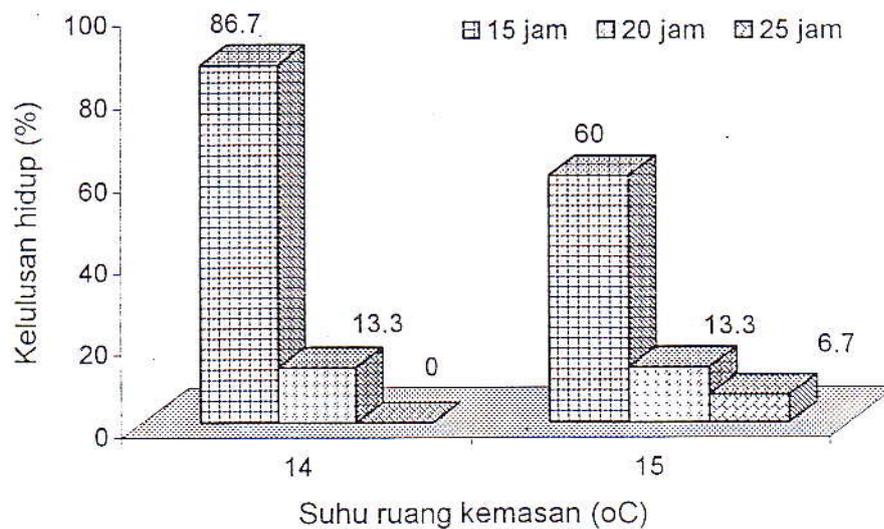
nyimpanan yang lebih lama yaitu 15 jam, 20 jam dan 25 jam.



Gambar 1. Pengaruh suhu ruang kemasan terhadap persentase kelulusan hidup pada penyimpanan ikan lele selama 10 jam.

Transportasi selama 25 jam pada suhu ruang kemasan 14 °C dan 15 °C terlalu lama untuk ikan lele sehingga saat dibongkar semua ikan sudah mati dengan kondisi tubuh yang kaku dan bau tidak sedap. Penyimpanan selama 15 dan 20 jam tubuh ikan lele masih normal. Posisi ikan lele yang berubah dari

posisi pada waktu pengemasan dikarenakan ikan meronta sesaat selama transportasi. Gambar 2. didapat suhu yang baik untuk transportasi ikan lele adalah 14 °C. Ikan lele mampu bertahan selama 15 jam dengan tingkat kelulusan hidup 86.7 %.



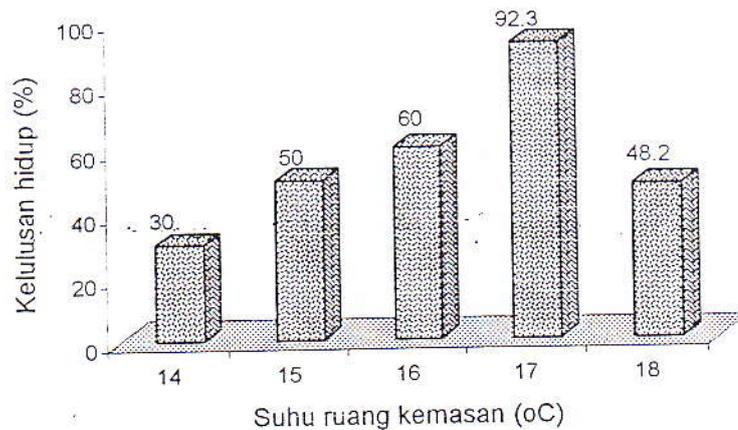
Gambar 2. Pengaruh suhu ruang kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup ikan lele pada penyimpanan selama 15, 20, dan 25 jam

Ikan Patin

Pada saat dilakukan pembongkaran posisi ikan tidak berubah atau sama dengan posisi awal penyusunan, tidak bergerak/tenang dan tidak ada respon. Pada suhu ruang kemasan 14 °C dan 15 °C, kondisi tubuh ikan setelah dibongkar mengeras, kaku dan bengkak karena kedinginan. Diduga pada suhu kemasan 14 °C dan 15 °C masih terlalu dingin untuk transportasi ikan patin yang menyebabkan tubuh ikan kaku, mengeras dan susah diluruskan. Sedangkan pada suhu

ruang kemasan 16 °C, 17 °C dan 18 °C kondisi tubuh ikan normal, tidak mengeras dan tidak kaku.

Hasil pengujian terhadap tingkat kelulusan hidup ikan patin pada beberapa variasi suhu kemasan disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan pada berbagai suhu ruang kemasan dan disimpan selama 3 jam, paling tinggi tingkat kelulusan hidup ikan patin adalah pada suhu ruang kemasan 17°C (Gambar 3.) yaitu mencapai 92.3 persen.

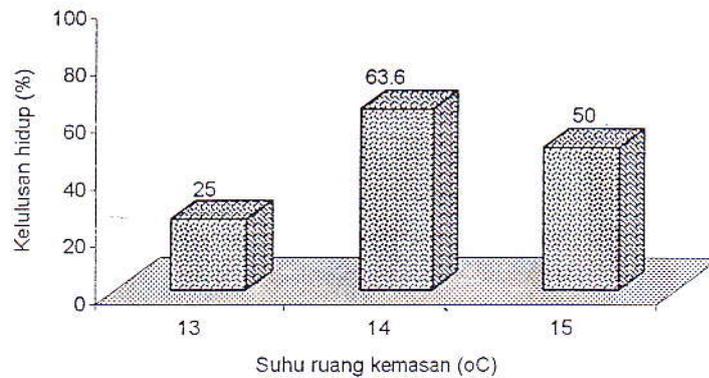


Gambar 3. Pengaruh suhu ruang kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup ikan patin pada penyimpanan selama 3 jam.

Ikan Mas

Pada semua variasi suhu ruang kemasan, posisi ikan sama dengan pada saat awal penyusunan dalam rak, tidak ada pergerakan dan respon, saat diangkat ikan hanya diam dan tidak meronta. Kondisi tubuh pada suhu ruang kemasan 14 °C dan 15 °C

normal, sedangkan pada suhu 13 °C tubuh ikan kaku dan mengeras. Berdasarkan Gambar 4 di bawah dapat dilihat bahwa suhu yang baik untuk transportasi ikan mas adalah 14 °C. Pada suhu ini tingkat kelulusan hidup ikan mas paling tinggi yaitu mencapai 63.6 % setelah disimpan selama 5 jam.



Gambar 4. Pengaruh suhu ruang kemasan terhadap persentase kelulusan hidup pada penyimpanan ikan mas selama 5 jam.

PENGARUH KADAR OKSIGEN RUANG KEMASAN

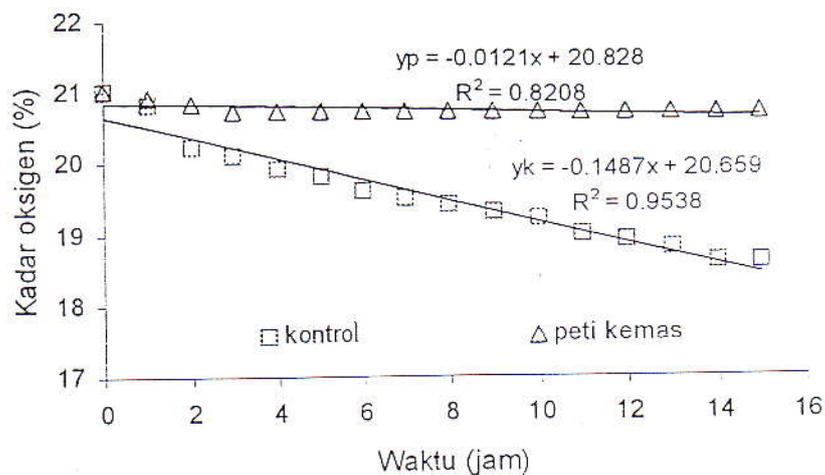
Udang Windu

Berdasarkan pengukuran terhadap kadar oksigen dalam ruang kemasan diperoleh kadar oksigen yang relatif stabil pada peti kemas. Sedangkan kadar oksigen pada kontrol akan lebih cenderung menurun. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.

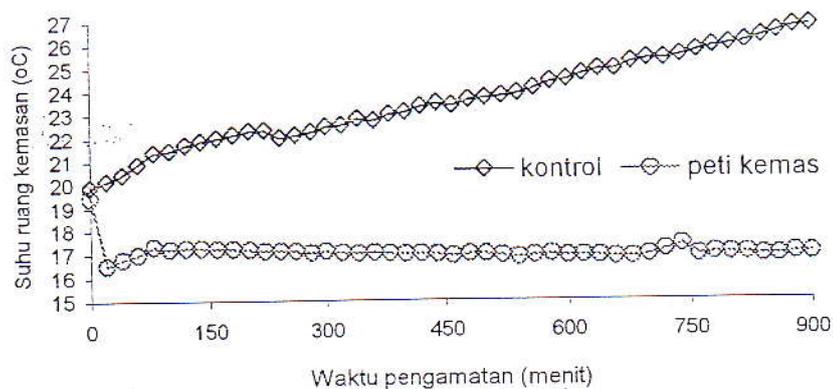
Pada kemasan yang disimpan dalam peti kemas, suhu ruang kemasan relatif stabil 17 °C sehingga menyebabkan udang tetap tenang, aktivitas metabolisme/respirasi rendah sehingga kebutuhan O₂ rendah. Daya tahan hidup udang pada peti kemas cukup tinggi yaitu mencapai 84.17 %. Tingkat kelulusan hidup udang pada percobaan ini

lebih rendah dari penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan kondisi udang yang kurang bugar.

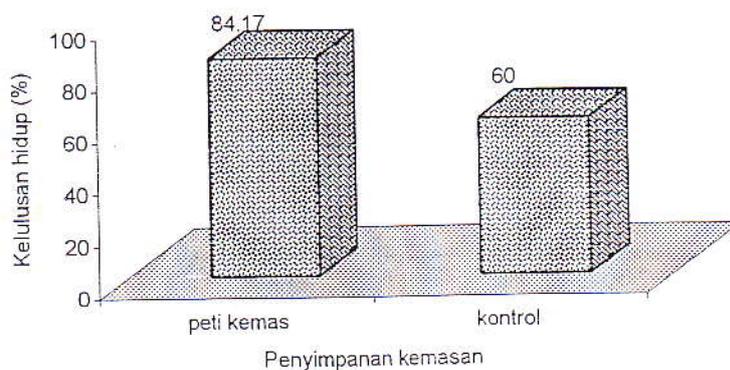
Penyimpanan pada suhu kamar menyebabkan perubahan suhu yang besar dari awal sampai akhir transportasi (Gambar 6.). Perubahan suhu ini diduga berpengaruh terhadap kelangsungan hidup udang. Suhu yang tinggi menyebabkan udang cepat sadar dan aktivitas tinggi, baik fisik maupun metabolisme. Tingkat kelulusan hidup udang yang disimpan pada suhu kamar mencapai 60 % (Gambar 7.). Udang dapat bertahan hidup dengan aktivitas tinggi karena dapat memanfaatkan udara ruang kemasan, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya kadar oksigen ruang kemasan yang disimpan pada suhu kamar (Gambar 5.).



Gambar 5. Pola perubahan kadar oksigen ruang kemasan pada transportasi udang windu selama 15 jam.



Gambar 6. Pola perubahan suhu ruang kemasan pada transportasi udang windu selama 15 jam.



Gambar 7. Pengaruh penyimpanan kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup udang windu pada transportasi selama 15 jam.

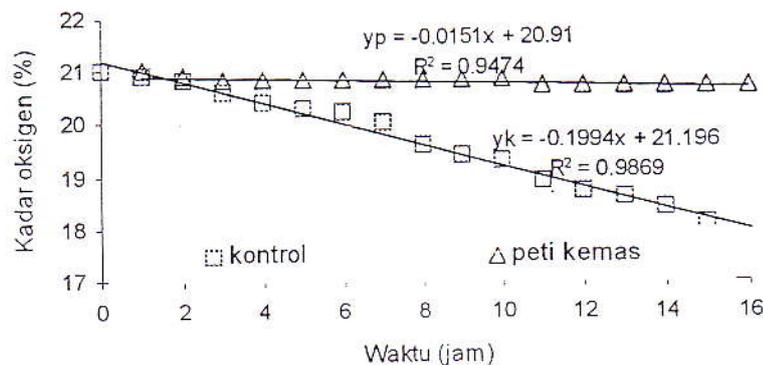
Ikan Lele

Berdasarkan pengamatan diperoleh kadar oksigen yang relatif stabil pada peti kemas dan akan lebih cenderung menurun pada kemasan kontrol (Gambar 8.). Pada kemasan yang disimpan dalam peti kemas, suhu ruang kemasan relatif stabil 14 °C (Gambar 9.). Perubahan suhu yang sangat kecil pada kemasan yang disimpan dalam peti kemas menyebabkan ikan tetap tenang, aktivitas metabolisme dan respirasi rendah sehingga daya tahan hidup cukup tinggi yaitu mencapai 93.33 % (Gambar 10.). Perubahan kadar oksigen yang sedikit atau sebesar 0.015 % tiap jam pada suhu ruang kemasan (Gambar 8.) menunjukkan ikan lele hanya sedikit mengambil O₂ dari udara bebas.

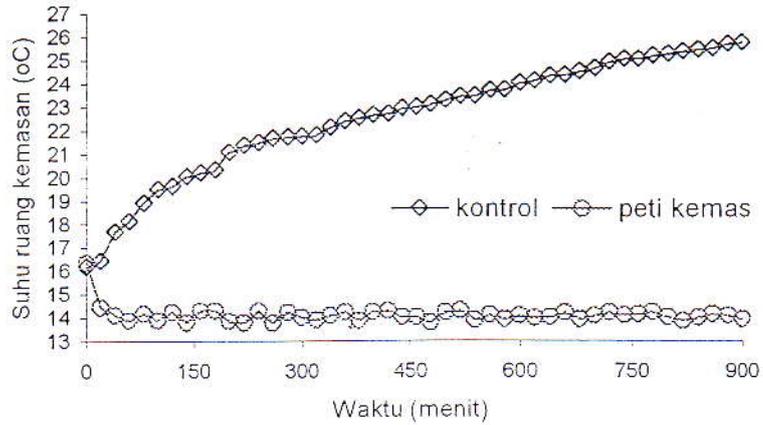
Transportasi pada suhu kamar menyebabkan adanya perubahan suhu yang besar mulai dari awal transportasi sampai akhir transportasi, sehingga menyebabkan ikan lele hidup kembali dengan aktivitas tinggi. Tingkat kelulusan hidup ikan lele yang disimpan pada suhu kamar mencapai 87.5 % (Gambar 10.). Ikan lele dapat bertahan hidup dengan aktivitas tinggi pada media kering karena mempunyai alat pernafasan tambahan yang memungkinkan pengambilan udara ruang kemasan untuk pernafasan. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya kadar oksigen ruang kemasan yang disimpan pada suhu kamar (Gambar 8.).

Ikan Patin

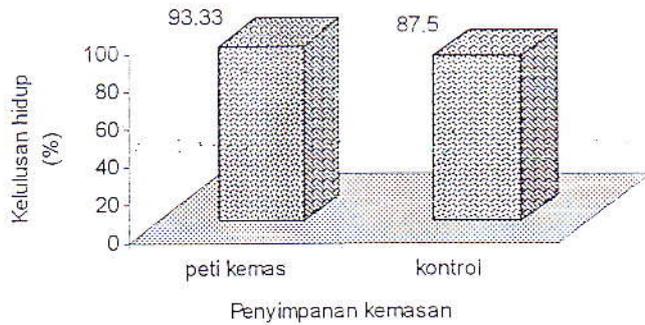
Pengamatan kadar oksigen diperoleh nilai yang relatif stabil pada peti kemas, sedangkan pada kemasan kontrol akan cenderung menurun. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 11. Pada kemasan yang disimpan dalam peti kemas, suhu ruang kemasan relatif stabil 17 °C (Gambar 12.), sehingga ikan tetap tenang, metabolisme/respirasi rendah sehingga daya tahan hidup cukup tinggi yaitu mencapai 90.6 % (Gambar 13.). Namun ikan patin hanya bertahan selama 3 jam. Hal ini diakibatkan kemampuan ikan patin dalam mengambil oksigen dari udara bebas kurang optimal. Penyimpanan pada suhu kamar menyebabkan perubahan suhu yang besar dari awal sampai akhir transportasi, tingkat mortalitas ikan patin sangat tinggi, yaitu 66.7 % atau hanya mempunyai tingkat kelulusan hidup 33.3 % (Gambar 13.) Tingkat konsumsi ikan patin pada suhu kamar lebih rendah dibandingkan ikan lele dan udang windu. Ikan patin tidak mempunyai organ pernafasan tambahan seperti labirin pada ikan lele atau udang yang dapat memanfaatkan seluruh permukaan tubuhnya untuk mengambil oksigen dari udara. Hal ini yang mengakibatkan kemampuan ikan patin untuk memanfaatkan udara pada ruang kemasan untuk bernafas tidak sebaik pada waktu mengambil oksigen yang terlarut dalam air dan menyebabkan tingkat mortalitas ikan tinggi pada media selain air.



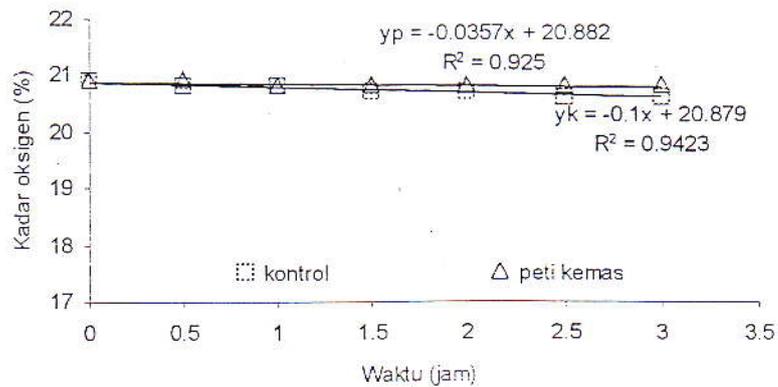
Gambar 8. Pola perubahan kadar oksigen ruang kemasan pada transportasi ikan lele selama 15 jam.



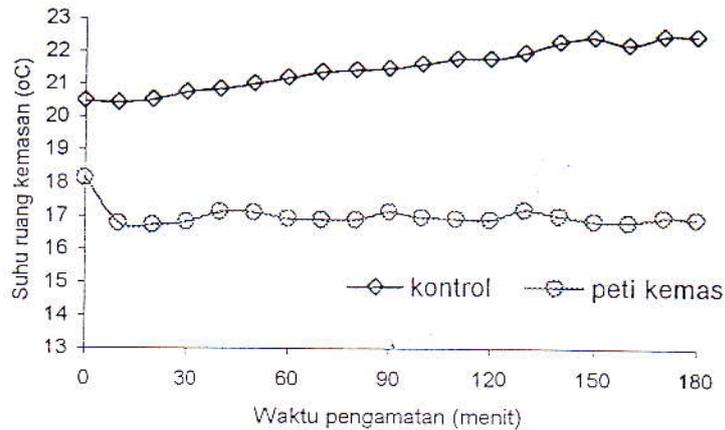
Gambar 9. Pola perubahan suhu ruang kemasan pada transportasi ikan lele selama 15 jam.



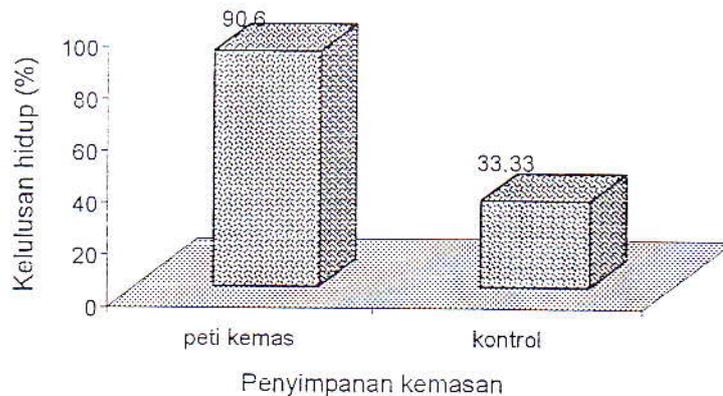
Gambar 10. Pengaruh penyimpanan kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup ikan lele pada transportasi selama 15 jam.



Gambar 11. Pola perubahan kadar oksigen ruang kemasan pada transportasi ikan patin selama 3 jam.



Gambar 12. Pola perubahan suhu ruang kemasan pada tyransportasi ikan patin selama 3 jam.



Gambar 13. Pengaruh penyimpanan kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup ikan patin pada transportasi selama 3 jam.

Ikan Mas

Berdasarkan pengamatan diperoleh kadar oksigen yang relatif stabil pada kemasan yang disimpan pada peti kemas dan lebih cenderung menurun pada kemasan kontrol. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 14. Pada kemasan yang disimpan dalam peti kemas, suhu ruang kemasan relatif stabil 14 °C (Gambar 15.), sehingga menyebabkan ikan tetap tenang, aktivitas metabolisme dan respirasi rendah. Hal ini mengakibatkan daya tahan hidup cukup tinggi yaitu mencapai 93.33 % (Gambar 16.). Suhu ruang kemasan yang disimpan pada suhu kamar mencapai 21.03 °C pada akhir transportasi. Tingkat kelulusan hidup ikan mas pada kemasan kontrol hanya 59.83 % (Gambar 16.).

Ikan mas hanya bertahan selama 5 jam karena kemampuan ikan mas dalam

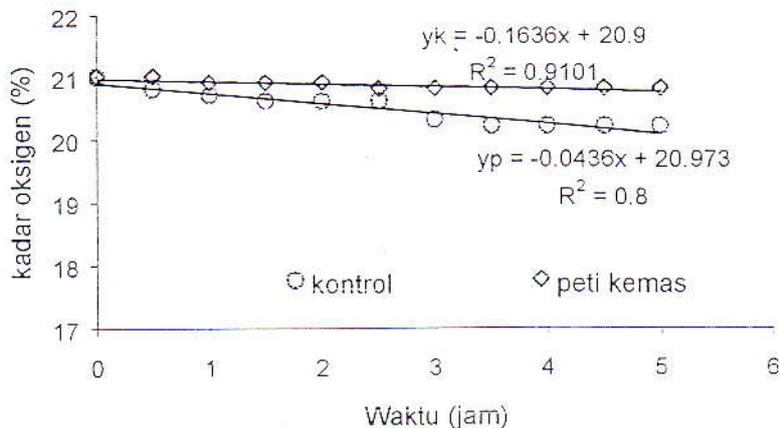
mengambil oksigen dari udara bebas kurang optimal. Sama halnya dengan ikan patin, ikan mas tidak mempunyai organ pernafasan tambahan, sehingga kemampuan ikan mas untuk mengambil udara bebas untuk bernafas tidak sebaik pada waktu mengambil oksigen yang terlarut dalam air dan menyebabkan tingkat mortalitas ikan ini tinggi pada media selain air.

KESIMPULAN

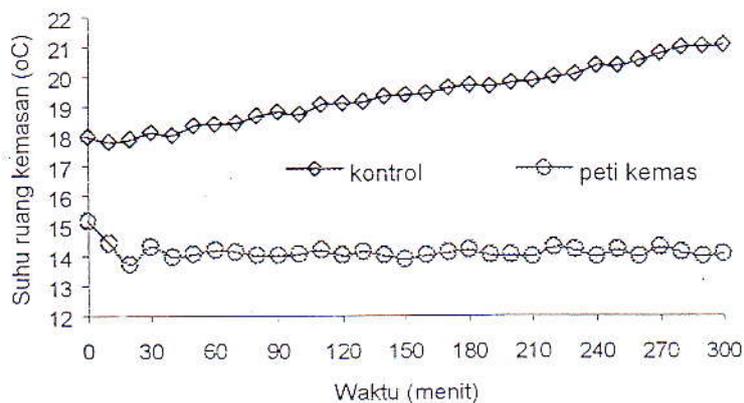
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada percobaan ini dapat diambil kesimpulan: (1) Suhu ruang kemasan yang optimal untuk transportasi ikan lele sistem kering adalah 14 °C, ikan patin adalah 17 °C, ikan mas 14°C, (2) Kadar oksigen ruang kemasan yang disimpan dalam peti kemas

selama transportasi relatif stabil karena tingkat respirasi dan metabolisme udang/ikan rendah, (3) Penurunan kadar oksigen ruang kemasan yang disimpan pada suhu kamar lebih cepat dibandingkan penyimpanan pada peti kemas karena udang/ikan akan sadar

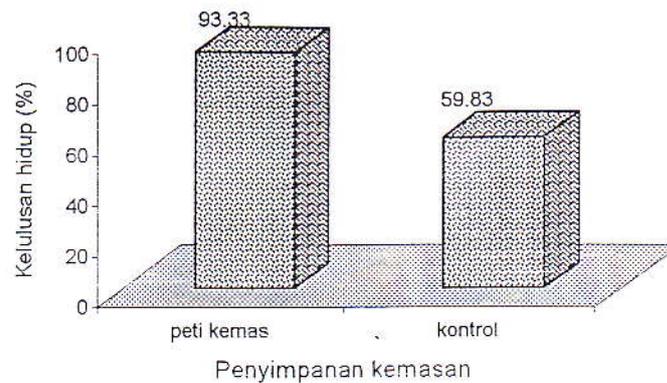
kembali pada suhu tinggi dan menuntut tersedianya oksigen untuk metabolisme dan respirasinya, (4) Kemampuan udang/ikan untuk mengambil O_2 dari udara bebas berpengaruh terhadap tingkat kelulusan hidup pada media kering.



Gambar 14. Pola perubahan kadar oksigen ruang kemasan pada transportasi ikan mas selama 5 jam.



Gambar 15. Pola perubahan suhu ruang kemasan pada transportasi ikan mas selama 5 jam.



Gambar 16. Pengaruh penyimpanan kemasan terhadap tingkat kelulusan hidup ikan mas pada transportasi selama 5 jam.

SARAN

Hasil dari percobaan yang telah dilakukan masih membutuhkan banyak perbaikan untuk memperoleh tingkat yang lebih sempurna, untuk itu disarankan: (1) Perlu dikaji pengaruh tingkat kadar air media terhadap tingkat kelulusan hidup ikan di media kering, (2) Perlu dikaji efisiensi kemasan sehingga nilai ekonomi meningkat, (3) Pengujian transportasi dinamis perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh guncangan selama transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Djarijah, A. S. 2001. Budidaya Ikan patin. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gayatri, D. 2000. Studi Pola Penurunan Suhu pada Bak Pemingsan Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.) Tipe Batch. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Kariadi, T. 1998. Pengaruh Suhu Ruang Kemasan terhadap Ketahanan Hidup Udang Windu Tambak (*Penaeus monodon* Fab.) Selama Penyimpanan. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Karnila, R. 1998. Penanganan dan Transportasi Udang Windu Tambak (*Penaeus monodon* Fab.) Hidup Dengan Sistem Kering.
- Khairuman, D. Sudenda dan B. Gunadi. 2002. Budidaya Ikan Mas. PT. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Mujiman, A. dan Suyanto, R. 1999. Budidaya Udang Windu. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Muslih, Imam. 1996. Rancangan Media Pengisi Kemasan Untuk Transportasi Udang Windu Tambak (*Penaeus monodon* Fab.) Hidup Dalam Media Bukan Air. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Nitibaskara, R.R. 1997. Teknik Imotilisasi dengan Penurunan Suhu Bertahap untuk Transportasi Udang Windu Tambak Hidup (*Penaeus monodon* Fab.) Dengan Sistem Kering. Ringkasan Laporan Penelitian. Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Pennack, R.W. 1978. Fresh Water Invertebrates of The United State. Second Edition. A Wiley-Interscience Publication, New York.

- Prasetyo. 1993. Kajian Kemasan Dingin Untuk Transportasi Udang Hidup Secara Kering. Skripsi. Jurusan Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Saanin, H. 1984. Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan. Penerbit Bina Cipta. Bogor.
- Setiabudi, E., Y. Sudrajat, M. D. Erlina dan S. Wibowo. 1995. Studi pengguna metoda pembiusan langsung dengan suhu rendah dalam transportasi sistem kering udang windu tambak (*Penaeus monodon* Fab.). J. Penelitian Pasca Panen Perikanan, (84):8-21
- Suparno, J. Basmal, I. Muljanah, dan S. Wibowo. 1994. Pengaruh suhu dan waktu pembiusan dengan pendinginan bertahap terhadap ketahanan hidup udang windu tambak (*Penaeus monodon* Fab.) dalam transportasi sistem kering. Jurnal Penelitian Pasca Panen Perikanan, (79): 73-78
- Susanto, H. dan K. Amri. 1999. Budidaya Ikan Patin. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suyanto, S. R. 2001. Budidaya Ikan Lele. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Syuaib, Linda R. 2002. Penentuan Suhu Pemingsanan Beberapa Jenis Ikan dan Uji Performansi Peti Kemas Transportasi Sistem Kering. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Wibowo, S. 1990. Kajian Sifat Mutu Udang Windu Tambak (*Penaeus monodon* Fab.) pada Umur Panen. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.