

C/BDP/1990/014

**PENGARUH PEMBERIAN ZEOLIT DALAM
PENGANGKUTAN IKAN MAS (Cyprinus carpio, L.)
BERUKURAN 100 GRAM**

KARYA ILMIAH

Oleh :

Rianti Budhipramana

C 22. 0228



**JURUSAN BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1990**

PENGARUH PEMBERIAN ZEOLIT DALAM
PENGANGKUTAN IKAN MAS (Cyprinus carpio, L.)
BERUKURAN 100 GRAM

Karya Ilmiah,

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pada Fakultas Perikanan
Institut Pertanian Bogor

o l e h

Rianti Budhipramana

C 22. 0228

Mengetahui,
Panitia Pendidikan



Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



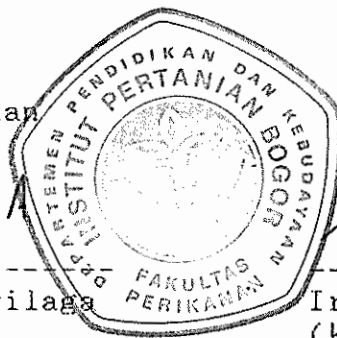
Ir. Dadang Shafrudin
(ketua)

Tanggal lulus

3 Pebruari 1990



Ir. Ongko Praseno
(anggota)



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 21 Mei 1965 di Jakarta, dari bapak Drs. R. Budhipramana dan ibu Dra. Etty Mulia. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Pada tahun 1977 penulis menamatkan sekolah di Sekolah Dasar Waringin, Jakarta, tahun 1981 lulus dari Sekolah Menengah Pertama Kristen Ora et Labora, Jakarta, kemudian pada tahun 1985 berhasil menamatkan sekolah di Sekolah Menengah Atas St. Fransiskus Asisi, Jakarta dan diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor melalui jalur Sipenmaru. Tahun 1986 penulis memilih Fakultas Perikanan dalam bidang keahlian Budidaya Perairan. Penulis dinyatakan lulus dari Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor dalam sidang ujian tanggal 3 Pebruari 1990.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini.

Karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S-1) pada Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Ir. Dadang Shafrudin dan Bapak Ir. Ongko Praseno yang telah banyak membantu dalam penulisan ini.

Penulis menyadari ketidak sempurnaan dalam penulisan ini. Mudah-mudahan tulisan ini bermanfaat.

Bogor, Januari 1990

Penulis





RINGKASAN

RIANTI BUDHIPRAMANA, 1990. Pengaruh pemberian zeolit dalam pengangkutan ikan mas (Cyprinus carpio, L.) berukuran 100 gram. Di bawah bimbingan Ir. Dadang Shaf-rudin sebagai ketua, dan Ir. Ongko Praseno sebagai anggota.

Penelitian dipusatkan di Balai Budi daya Air Tawar (BBAT)-Sukabumi, dari tanggal 23-24 Juni 1989. Rute pengangkutan adalah sepanjang jalan dari BBAT ke Jakarta pulang-pergi selama 12 jam.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit ke dalam media terhadap kelangsungan hidup ikan mas (Cyprinus carpio, L.) ukuran 100 gram yang diangkut dengan cara tertutup.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan yakni dosis zeolit 0, 490,0, 980,5, dan 1471,0 gr/3 liter air, dengan 5 ulangan. Kepadatan ikan yang diuji adalah 25 ekor/3 liter air. Perbandingan volume air dan oksigen 1:3.

Parameter utama yang diamati adalah kelangsungan hidup ikan selama pengangkutan. Pengamatan ini dilakukan setiap empat jam sampai dua belas jam. Sedang parameter pendukung adalah kualitas air yaitu temperatur, oksigen terlarut, karbondioksida terlarut, pH, kadar amonia, dan kesadahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolit ke dalam media angkut dapat meningkatkan kelangsungan hidup ikan dan sekaligus memperbaiki kualitas air selama pengangkutan melalui penurunan kadar amonia dan peningkatan kesadahan. Meskipun demikian peningkatan dosis zeolit dari 490,0 gr menjadi 980,5 gr dan 1471,0 gr tidak mengakibatkan perbedaan yang nyata terhadap kelangsungan hidup ikan.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Pengangkutan Ikan	4
2.2 Kepadatan	7
2.3 Media Pengangkutan	9
2.4 Zeolit	20
 III. BAHAN DAN METODA PENELITIAN	 26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	26
3.2.1 Wadah	26
3.2.2 Ikan Uji	26
3.2.3 Zeolit	26
3.3 Teknik Pengangkutan Ikan	27
3.4 Metoda Penelitian	27
3.4.1 Penelitian Pendahuluan	27
3.4.2 Penelitian Utama	29
3.4.2.1 Rancangan Penelitian ..	29

Hasil Cipta (Penelitian) Universitas Indonesia
 1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber dengan benar, meliputi: nama penulis, judul, tahun terbit, dan penerbit.
 3. Pengutipan tidak diperkenankan untuk tujuan komersial, termasuk untuk kepentingan bisnis atau tujuan lain yang bersifat komersial.
 4. Diizinkan mempergunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan syarat: a) untuk tujuan non komersial, b) untuk tujuan komersial, c) untuk tujuan lain yang bersifat komersial, d) untuk tujuan lain yang bersifat non komersial.

3.4.2.2	Indikator Penelitian	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Hasil	31
4.1.1	Kelangsungan Hidup	31
4.1.2	Kualitas Air	34
4.2	Pembahasan	38
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Nilai pKa pada temperatur 5-30°C	15
2.	Kelangsungan hidup ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i> , L.) dalam pengangkutan secara tertutup yang diberi zeolit dengan dosis berbeda (%)	31
3.	Nilai rata-rata kualitas air yang diberi perlakuan dosis zeolit yang berbeda dalam pengangkutan secara tertutup selama 12 jam	34

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Hubungan antara konsumsi oksigen dengan tekanan oksigen pada berbagai temperatur .	12
2.	Hubungan antara temperatur dengan nilai pKa untuk amonia	15
3.	Hubungan antara jumlah zeolit yang diberikan dengan kelangsungan hidup ikan selama 12 jam pengangkutan	32
4.	Hubungan antara lama pengangkutan dengan kelangsungan hidup ikan	33
5.	Histogram hubungan antara dosis zeolit dengan a)DO, b)CO ₂ , c)Amonia total, d)pH ...	35
6.	Histogram hubungan antara dosis zeolit dengan kesadahan air	36

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Daftar sidik ragam tingkat kelangsungan hidup ikan pada penelitian pendahuluan ...	52
2.	Perkiraan jumlah zeolit/wadah	53
3.	Pengaruh dosis zeolit terhadap ikan yang mati, dan beberapa parameter kualitas air dalam pengangkutan ikan mas 100 gr secara tertutup	54
4.	Daftar sidik ragam tingkat kelangsungan hidup ikan pada penelitian utama	55
5.	Daftar sidik ragam amonia total setelah 12 jam pengangkutan	56
6.	Daftar sidik ragam NH ₃ gas setelah 12 jam pengangkutan	57
7.	Daftar sidik ragam oksigen terlarut setelah 12 jam pengangkutan	58
8.	Daftar sidik ragam karbondioksida terlarut setelah 12 jam pengangkutan	59
9.	Daftar sidik ragam kesadahan setelah 12 jam pengangkutan	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu faktor penentu keberhasilan suatu usaha budidaya ikan adalah penyediaan benih yang berkualitas baik; yaitu benih-benih yang responsif, efisien terhadap makanan yang diberikan, sehat, dan cepat tumbuh (Handi-soepardjo, 1982).

Dalam penyelenggaraan usaha pembesaran ikan, seringkali benih-benih yang memenuhi syarat tersebut diperoleh dari tempat pembenihan yang letaknya jauh dari tempat pembesaran. Untuk maksud tersebut maka diperlukan suatu sistem pengangkutan yang dapat memindahkan benih-benih itu ke tempat pembesaran dalam keadaan sehat, aktif, tingkat kematian sekecil mungkin, dan biaya pengangkutan yang relatif murah.

Selama ini sistem pengangkutan yang sudah umum dilakukan masyarakat untuk jarak jauh dan waktu yang relatif lama adalah secara tertutup, yakni menggunakan wadah kantong plastik tertutup yang memisahkan lingkungan hidup ikan dari udara bebas, sedangkan kebutuhan oksigen untuk pernapasan ikan berupa oksigen murni yang dimasukkan ke dalam wadah angkut. Dalam pengangkutan dengan cara ini, ada beberapa faktor yang dapat menjadi pembatas yaitu: berkurangnya persediaan oksigen akibat respirasi, menumpuknya sisa metabolisme yang sebagian besar berben-

tuk amonia di dalam media pengangkutan, perubahan temperatur, dan penurunan pH media pengangkutan akibat hasil respirasi yang berupa CO_2 (Bower dan Turner, 1982). Adanya penumpukan amonia yang beracun di dalam media angkut ini dapat menyebabkan kematian pada ikan yang diangkut (Nichols dalam Mumpton dan Fishman, 1977). Untuk menekan tingkat kematian tersebut kepadatan ikan yang diangkut harus dibatasi (Frose, 1985).

Penambahan bahan-bahan kimia ke dalam media angkut dapat mengatasi masalah tersebut, sehingga dapat meningkatkan kapasitas angkut ikan, mencegah kerusakan fisiologis, dan menjaga ikan tetap sehat (Berka, 1986). Salah satu bahan yang dapat ditambahkan adalah zeolit, yakni berupa batuan aluminosilikat, yang berfungsi sebagai penyerap (adsorban) dan memiliki kemampuan mengikat sejumlah molekul dan ion dalam larutan serta gas. Dalam dunia perikanan, zeolit dikenal sebagai penyerap hasil metabolisme amonia, sehingga juga digunakan dalam pengangkutan ikan hidup (Mumpton dan Fishman, 1977). Berka (1986) menyarankan penggunaan zeolit dalam media angkut, untuk mengontrol konsentrasi amonia pada pengangkutan jarak jauh.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit ke dalam media terhadap kelang-

sungan hidup ikan mas (Cyprinus carpio, L.) ukuran 100 gram yang diangkut dengan cara tertutup.

@Hik_cipa_milik_IPB_University

IPB University



Hik Cipa (Pusat) Unsur-unsur

1. Dikawatir mengenai sebagian atau seluruh karya kita itu tanpa mematuhi hukum dan etika penelitian sumber
2. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
3. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
4. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
5. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
6. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
7. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
8. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
9. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika
10. Penelitian yang tidak sesuai dengan standar akademik, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika, penelitian yang tidak sesuai dengan standar etika

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengangkutan Ikan

Pengangkutan ikan hidup pada hakekatnya adalah memaksa menempatkan ikan dalam suatu lingkungan baru yang berlainan dengan lingkungan asalnya, disertai perubahan-perubahan sifat lingkungan yang sangat mendadak. Keberhasilan mengurangi pengaruh mendadak perubahan-perubahan lingkungan itu memberi kemungkinan mengurangi tingkat kematian. Dengan demikian berarti persoalan penting dalam pengangkutan telah dapat diatasi (Anonimus dalam Djajadi-poera, 1982).

Menurut Huet (1970), keberhasilan pengangkutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu spesies ikan, ketahanan relatif ikan, suhu air, lama waktu angkut, cara mengangkut dan lama istirahat, sifat alami alat angkut, dan kondisi klimatologik.

Faktor yang sangat penting dalam pengangkutan ikan adalah tersedianya oksigen terlarut yang memadai. Namun menyediakan jumlah yang memadai tidak langsung menjamin ikan pasti akan berada dalam kondisi yang baik. Kemampuan ikan menggunakan oksigen bergantung kepada toleransinya terhadap stres, temperatur air, pH, konsentrasi CO_2 , dan hasil-hasil metabolisme lain seperti amonia (Berka, 1986).

Tingkat metabolisme ikan dalam keadaan diangkut bi-

sa tiga kali lebih tinggi dari keadaan biasa, karena adanya goncangan-goncangan atau rangsangan-rangsangan lain selama pengangkutan (Frose, 1985). Meski demikian, Suseno (1985) menyatakan bahwa goncangan juga dapat berdampak positif, yaitu: membantu difusi oksigen ke dalam air.

Martyshev (1983) mengatakan bahwa pada dasarnya transportasi ikan hidup dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengangkutan ikan dalam air, dan tanpa air (misalnya pengangkutan dalam kondisi lembab). Ikan hidup yang diangkut dalam air memakai sistem tertutup yakni dalam wadah tertutup yang sudah diisi dengan segala kebutuhan untuk kelangsungan hidup ikan selama pengangkutan, atau sistem terbuka yakni dalam wadah terbuka dan segala kebutuhan untuk kelangsungan hidup selama pengangkutan harus disuplai secara terus-menerus dari luar wadah (Berka, 1986).

Pengangkutan cara tertutup biasanya digunakan untuk jarak jauh. Untuk ini cara yang paling sederhana adalah menggunakan kantong plastik yang diisi air dan oksigen dan diikat rapat (Damanhuri, 1964; Hardjamulia, 1978; Suseno, 1985; Frose, 1985; Berka, 1986). Jumlah air dalam kantong plastik umumnya $\frac{1}{3}$ bagian dan sisanya gas oksigen (Anonimus, 1980).

Saanin (1974) menyatakan keuntungan penggunaan plastik polietilen adalah sebagai berikut: ringan, transparan, mudah dibuat, murah, mudah diisi oksigen dan dapat

diamati selama proses pengangkutan. Ukuran plastik poli-etilen bisa panjang 0,8 m-1,1 m dan lebar 0,35 m-0,45 m atau berbentuk sarung panjang dengan lebar 0,4 m - 0,5 m dan panjang bergantung kepada kebutuhan (Berka, 1986).

Untuk mencegah kebocoran dan kerusakan dianjurkan menggunakan dua lapis kantong plastik dan memasukkan masing-masing kantong plastik pada kotak karton, kotak styrofoam atau sejenisnya (Huet 1970; Suseno, 1985).

Frose (1985) menemukan bahwa rangsangan optikal pada ikan, yang dapat menaikkan tingkat metabolisme, dapat dikurangi dengan memasukkan kantong-kantong plastik berisi ikan-ikan tersebut ke dalam kotak karton, sehingga ikan berada dalam keadaan gelap.

Masalah utama dalam pengangkutan adalah terakumulasinya amoniak dalam media angkut. Menurut Bower dan Turner (1982), ada 2 cara untuk mengatasi hal tersebut. Pertama yaitu menurunkan laju ekskresi amonia dengan cara menurunkan tingkat metabolisme ikan. Cara kedua adalah menyerap amonia yang telah diekskresikan oleh ikan dalam media angkut.

Menurunkan tingkat metabolisme dapat dilakukan dengan menurunkan temperatur, yaitu pengangkutan dilakukan pada suhu yang cukup dingin yakni malam atau pagi hari (Huet, 1970), anestesi (Phillips dan Brockway, 1954; Nemoto, 1957), atau dengan cara memberok ikan selama satu atau dua malam (Phillips dan Brockway, 1954; Djajadire-

dja, 1958; Bardach et. al. 1972; Martyshev, 1983). Namun menurut Buxton; Houston et. al; Strange dan Schreck; Ishioka (dalam Bower dan Turner, 1982), cara-cara di atas dapat membuat ikan menjadi stres.

Cara ke dua dapat dilakukan dengan menambahkan batuan zeolit sebagai bahan penyerap amonia, seperti telah dibuktikan pada percobaan Bower dan Turner (1982) dalam pengangkutan ikan mas koki (Carrasius auratus).

Nicols (dalam Mumpton dan Fishman, 1977) juga menyarankan penggunaan zeolit untuk mengatasi tingkat kematian yang tinggi akibat ekskresi amonia beracun dalam media angkut. Hal ini didukung oleh pernyataan Berka (1986) yang menyatakan bahwa klinoptilolit dapat digunakan untuk mengontrol konsentrasi amonia dalam media angkut pada pengangkutan jarak jauh.

2.2 Kepadatan

Kepadatan adalah jumlah individu ikan yang berada dalam suatu wadah dan waktu tertentu. Kepadatan ikan yang dapat diangkut tiap wadah, untuk masa angkut tertentu dengan hanya sedikit atau tanpa kematian seekorpun, merupakan persoalan penting dalam pengangkutan (Hickling, 1971).

Kepadatan ikan yang diangkut bergantung kepada volume air, berat dan ukuran ikan, jarak dan lama pengangkutan, suplai oksigen, dan temperatur (Djajadiredja,

1958). Huet (1970) menambahkan faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan kepadatan adalah suhu dan tekanan udara, serta lama pemberhentian selain faktor di atas.

Untuk ukuran benih, perbandingan berat ikan yang diangkut dengan volume air sebaiknya tidak lebih dari 1:3, sedang untuk ukuran induk antara 1:2 sampai 1:3, tetapi untuk ikan-ikan kecil perbandingan bisa menurun menjadi 1:100 sampai 1:200 (Pecha *et. al* dalam Berka, 1986).

Frose (1985) merumuskan jumlah ikan yang diangkut per volume air dalam sistem pengangkutan tertutup (volume air:oksigen = 1:3) untuk waktu 48 jam adalah sebagai berikut:

$$F_q = 38 \times W^{0,5}$$

dengan keterangan:

F_q = jumlah ikan per volume dalam gram per liter

W = berat rata-rata ikan per ekor dalam gram

Kepadatan bisa ditingkatkan 20 sampai 25 % bila ditambahkan zeolit (Anonimus, 1988).

Tingkat kepadatan ini ada batasnya, karena bila ikan diangkut pada kepadatan yang terlalu tinggi, kadar kortikoid dan glukosa dalam plasma meningkat dan mempengaruhi kondisi ikan. Ini juga berhubungan dengan faktor ruang yang harus diperhatikan dalam pengangkutan (Berka, 1986). Menurut Robert (1978) keadaan di atas dapat mengakibatkan kegiatan syaraf simpatikus meningkat, sehingga laju respirasi dan tekanan darah juga meningkat.

2.3 Media Pengangkutan

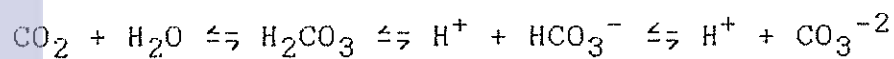
Air sebagai media angkut ikan sangat menentukan keberhasilan pengangkutan, karena sebagai pelarut universal, di dalam air terlarut unsur-unsur dan senyawaan lain yang dapat mempengaruhi kehidupan dan aktivitas ikan (Wardoyo, 1975).

Sumber air tawar yang ideal bagi pengangkutan ikan menurut Suseno (1985) adalah mata air. Hal ini disebabkan karena air yang dihasilkan mata air bebas dari penyakit. Air sumur merupakan sumber air yang baik juga, tetapi umumnya sangat kurang kandungan oksigennya sehingga perlu penambahan oksigen dengan aerasi.

Kelangsungan hidup ikan sangat ditentukan oleh kualitas air yang baik. Pescod (1973) menyatakan bahwa kandungan oksigen terlarut yang baik untuk kehidupan ikan harus lebih dari dua ppm, dan jika kurang dari dua ppm tidak boleh terjadi lebih dari 8 jam dalam waktu 24 jam. Sedang kriteria karbondioksida bebas yang baik bagi ikan menurut Wardoyo (1981) adalah lebih kecil dari 12 ppm atau tidak lebih dari 25 ppm, karena pada kadar 12 ppm ikan mulai stres dan pada kadar lebih dari 25 ppm beberapa ikan mati. Meski demikian pada kondisi pengangkutan kadar karbondioksida bisa mencapai 170 ppm tanpa ada kematian pada ikan, karena selama pengangkutan perlahan-lahan ikan beradaptasi dengan keadaan itu (Frose, 1985). Menurut Berka (1986) kadar CO_2 yang tinggi dapat ditole-

ransi oleh ikan dalam kondisi pengangkutan apabila kenaikannya terjadi secara perlahan-lahan, walau kandungan yang tinggi tersebut dapat membuat ikan menjadi stres. Stres menurut Brett (dalam Robert, 1978) adalah suatu keadaan akibat perubahan lingkungan di luar kisaran normal yang mengenai respon adaptif hewan. Fry (1957) menyatakan bahwa kandungan CO_2 lima puluh sampai seratus ppm dapat membunuh ikan dalam waktu yang relatif lama.

Kandungan CO_2 di dalam air dapat mempengaruhi pH air. Pada saat kandungan CO_2 tinggi maka pH air rendah, demikian pula sebaliknya jika CO_2 rendah, maka pH tinggi (Boyd, 1982). Hal ini disebabkan karena reaksi CO_2 di dalam air dapat membuat asam, yaitu:



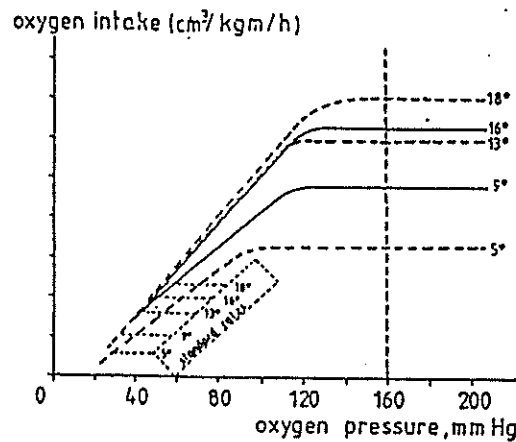
Pada pH 7,1 sampai 8,3 sebagian besar CO_2 berubah menjadi ion bikarbonat (Spotte, 1979); Pada pH rendah sampai minimal 4,5 air banyak mengandung CO_2 , sedang ion karbonat atau CO_3^{2-} banyak terdapat di air pada pH di atas 8,3 (Boyd, 1982).

Respirasi merupakan proses pengambilan oksigen dari lingkungan yang seterusnya diangkut melalui sistem kardiovaskular ke sel-sel dalam jaringan. Pada saat yang sama sistem kardiovaskular membawa CO_2 yang merupakan produk akhir metabolisme selular untuk dilepaskan ke dalam lingkungan (Spotte, 1970).

Konsentrasi CO_2 di dalam darah akan meningkat dan sebaliknya kandungan oksigen menurun pada kadar amonia di atas 0,3 ppm (Brockway dalam Gerbhardts, 1965). Bila kadar CO_2 bebas di dalam air meningkat lebih tinggi daripada di dalam darah ikan, maka ikan tidak dapat mengeluarkan CO_2 bebas dari darahnya, sehingga jumlah oksigen yang diikat oleh haemoglobin akan berkurang, dan bila ini terjadi mendadak ikan akan mati lemas (Fry dalam Gerbhardts, 1965; Suseno, 1985).

Kelarutan oksigen berbanding terbalik dengan temperatur dan salinitas (Spotte, 1979). Pada kelarutan oksigen 0-0,5 mg/l ikan mas bisa stres, mengambil napas pada permukaan air (Albrecht dalam Muir, 1982). Keadaan stres karena kurangnya oksigen ini dapat menjurus pada hipoksia, pembentukan asam laktat dalam darah, dan akhirnya kematian (Piper *et. al*, 1982). Menurut Huisman (1987) konsumsi oksigen oleh ikan akan menurun dengan menurunnya kandungan oksigen terlarut di dalam air. Dalam Gambar 1 terlihat grafik hubungan antara konsumsi oksigen dengan tekanan oksigen pada berbagai temperatur.

Keadaan stres tidak hanya disebabkan oleh kandungan oksigen yang rendah, tetapi juga karena guncangan pada waktu pengangkutan, kandungan amonia yang tinggi, dan rangsangan-rangsangan lainnya (Stickney, 1979; Froese, 1985; Berka, 1986). Menurut Chiba (dalam Phillips, 1969) dalam keadaan stres konsumsi oksigen pada ikan akan me-



Gambar 1. Hubungan antara konsumsi oksigen dengan tekanan oksigen pada berbagai temperatur

ningkat, karena jumlah eritrosit dalam darah ikan juga meningkat sebagai respon ikan terhadap keadaan tersebut.

Dalam kondisi pengangkutan terjadi aktivitas muskular yang berlebihan sebagai respon ikan, sehingga ikan juga perlu lebih banyak suplai oksigen ke dalam jaringan otot tersebut. Apabila kandungan oksigen terus menurun, terjadi akumulasi asam laktat di dalam darah dan otot yang mengakibatkan pH darah turun. Pada keadaan ini pemakaian oksigen menurun (Berka, 1986). Stickney (1979) juga menyatakan bahwa dalam keadaan stres yang berat laju metabolisme ikan akan menurun sebagai respon ikan menyimpan energi untuk mempertahankan hidup.

Menurut Winberg (dalam Huisman, 1987) kebutuhan oksigen ikan-ikan ukuran kecil per satuan berat relatif

lebih besar dibandingkan ikan-ikan ukuran besar, karena rumus laju metabolisme adalah:

$$\text{Laju metabolisme (ml O}_2\text{/kg}^{0,8}\text{.jam)} \approx W^{0,8}$$

dengan:

W = bobot ikan

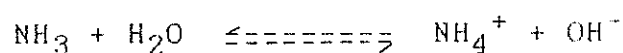
Selama pengangkutan, tidak mudah menyediakan oksigen yang sesuai dengan kebutuhan tubuh ikan, karena kemampuan ikan menggunakan oksigen bergantung kepada toleransinya terhadap stres, temperatur air, pH, konsentrasi CO₂, dan hasil-hasil metabolisme lainnya seperti amonia. Untuk itu dalam pengangkutan ini dibuat suatu keadaan yang menyebabkan ikan memakai oksigen dalam jumlah minimal, yaitu dengan suhu yang relatif rendah karena pada suhu rendah metabolisme menurun sehingga konsumsi oksigen juga menurun. Suhu rendah ini dapat dicapai dengan meletakkan es di sekitar wadah-wadah pengangkutan (Berka, 1986), atau pengangkutan dilaksanakan pada malam hari (Huet, 1970). Suhu air yang ideal selama pengangkutan adalah 20-24°C (Jhingran dan Pullin, 1985).

Konsentrasi minimal oksigen yang dapat ditoleransi oleh ikan merupakan fungsi waktu. Sebagai contoh, seekor ikan mungkin dapat bertahan hidup pada konsentrasi 0,5 mg/l untuk beberapa jam, tapi tidak untuk beberapa hari. Batas minimal ini juga bergantung kepada spesies ikan, ukuran, kondisi fisiologis, dan konsentrasi larutan (Boyd, 1982).

Huet (1970) mengatakan bahwa oksigen yang berada di atas media pengangkutan akan berdifusi perlahan-lahan ke dalam air selama pengangkutan sehingga menjamin oksigenasi yang baik. Walaupun demikian, ikan-ikan dari famili Cyprinidae bergerak aktif di dalam media angkut, sehingga lebih memudahkan difusi oksigen ke dalam air (Berka, 1986).

Menurut Anonimus (1980), pH yang optimum untuk pengangkutan adalah 6-7 sedang pH lebih kecil dari 4 dan lebih besar dari 9 akan mematikan. Wardoyo (1981) menyatakan bahwa pH yang ideal adalah 6,5-8,5. Walaupun begitu dalam kondisi pengangkutan pH bisa mencapai 5,5-6,5 tanpa ada kematian, karena ada sistem adaptasi pada ikan (Frose, 1985). Nilai pH air dapat dijadikan kontrol, karena berhubungan secara langsung dengan kandungan amonia dan CO₂. Kadar CO₂ yang tinggi dapat menurunkan pH air (Berka, 1986).

Amonia di dalam air dapat dalam bentuk terionisasi (NH₄⁺) dan tidak terionisasi (NH₃) (Stagg dan Gawor, 1982; Meade, 1985). Bentuk tidak terionisasi lebih beracun dibandingkan yang terionisasi, karena dapat menembus jaringan intraselular (Spotte, 1970). Keseimbangan amonia di dalam air menurut Boyd (1982) dan Huisman (1987) adalah sebagai berikut:



Kesetimbangan amonia di dalam air dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Apabila pH naik, kesetimbangan akan bergeser ke kiri dan sebaliknya.

Menurut Alabaster dan Lloyd (1980), persentase NH_3 di dalam total amonia dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{100}{1 + \text{antilog} (\text{pKa} - \text{pH})}$$

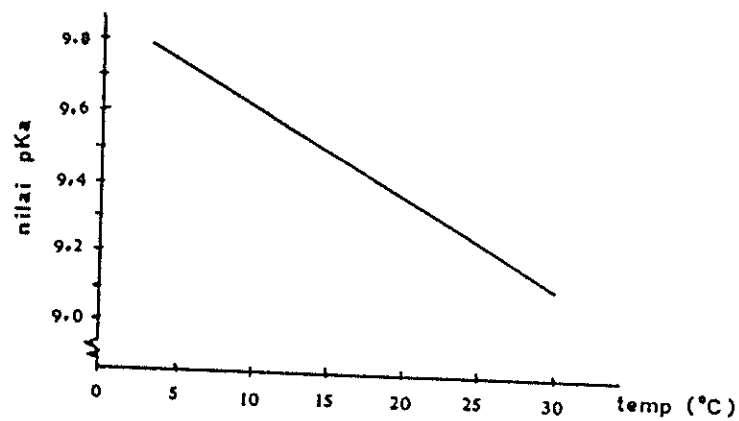
dimana $\text{pKa} = -\log$ aritma dari konstanta ionisasi

Nilai pKa tergantung dari temperatur. Beberapa nilai pKa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pKa pada temperatur 5-30°C

Suhu (°C)	5	10	15	20	25	30
pKa	9,90	9,73	9,56	9,40	9,24	9,09

Sedangkan hubungan antara temperatur dengan nilai-nilai pKa untuk amonia digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara temperatur dengan nilai pKa untuk amonia

Amonia dihasilkan dari proses metabolisme protein (Stagg dan Gawor, 1982) dan juga dari proses mineralisasi bahan-bahan organik oleh bakteri heterotrofik (Spotte, 1970). Menurut Smith (dalam Spotte, 1970), jumlah amonia yang diekskresikan ikan air tawar adalah 80 % dari total ekskresi nitrogen dan sisanya adalah urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Ekskresi amonia ini dikeluarkan melalui insang dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) (Hochachka dalam Stickney, 1979), sedang hasil-hasil ekskresi nitrogen lainnya sebagian besar dikeluarkan melalui ginjal (Lagler *et. al.*, 1977).

Baik faeces maupun urine ikan bisa meracuni perairan dan dapat mengakibatkan kematian (Kawamoto *et. al.* dalam Sutardjo, 1969). Pada ikan laut ekskresi urine hanya sedikit saja. Sebaliknya pada ikan air tawar ekskresi urine sangat banyak (Curtis dalam Sutardjo, 1969).

Furukawa *et. al.* (dalam Komar, 1987) mengatakan bahwa ikan mas seberat 30 gram mengekskresi amonia sebanyak 10 sampai 20 mg/hari pada suhu 16-25°C. Namun dalam keadaan diangkut laju metabolisme ikan bisa naik tiga kali lipat dari keadaan normal (Frose, 1985). Laju metabolisme untuk tiap ukuran ikan tidak sama. Ikan yang lebih kecil mempunyai laju metabolisme relatif lebih tinggi dibandingkan ikan yang lebih besar (Boyd, 1982). Perbandingan laju metabolisme pada ukuran yang berbeda dapat diketahui berdasarkan penghitungan besarnya konsumsi ok-

sigen (Black, 1957). Huisman (1987) memperkirakan konsumsi oksigen ikan mas pada temperatur 23°C adalah sebagai berikut:

$$T = 0,372 W^{0,816}$$

dengan:

T = kebutuhan oksigen (ml/jam)

W = bobot rata-rata (gram)

Ekskresi amonia dapat meracuni perairan, karena itu ada beberapa kriteria batas kadar amonia dalam air; Smart (1980) mengemukakan bahwa pada kadar di atas 0,07 mg NH_3 per liter ikan akan mengalami kerusakan pada insang, berkurangnya kandungan oksigen dalam darah dan berkurangnya kemampuan untuk melakukan osmoregulasi. Sedang Suseno (1985) menyatakan bahwa kenaikan kadar amonia sampai 1 ppm dapat menurunkan kadar oksigen darah sampai 1/7 kali normal dan CO_2 dalam darah naik 15 %. Menurut Colt dan Armstrong (dalam Boyd, 1982) jika kandungan amonia dalam air tinggi, maka ekskresi amonia dari tubuh ikan rendah, kadar dalam darah dan jaringan tinggi sehingga pH darah naik. Akibat lainnya konsumsi oksigen oleh jaringan tubuh ikan tinggi, insang rusak, dan transportasi oksigen dalam darah rendah. Stickney (1979) menyatakan bahwa kadar amonia yang tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme, sampai pada keadaan stress yang berat dimana laju metabolisme menurun sebagai respon ikan menyimpan energi

untuk mempertahankan hidup. Pada ikan mas konsentrasi beracun NH_3 untuk waktu yang singkat adalah 2,0 ppm. Sedangkan NH_3 antara 0,006 sampai 0,34 ppm mulai meracuni organ dan jaringan tubuh (Boyd, 1982). Pada kadar total amonia lebih kecil dari 20 ppm daya racun NH_4^+ dapat diabaikan; Daya racun NH_3 300-400 kali lebih kuat daripada NH_4^+ (Thurston *et. al* dalam Meade, 1985).

Kadar racun NH_3 terhadap ikan akan meningkat pada saat kandungan oksigen rendah, karena respon ikan bila oksigen terlarut rendah adalah membuka tutup insang lebih sering sehingga intensitas kontak NH_3 dengan ikan akan lebih tinggi (Alabaster dan Lloyd, 1980). Merkens dan Downing (1955) dalam percobaannya membuktikan bahwa kenaikan kadar oksigen dari 1,5 ppm menjadi 8,5 ppm dapat memperpanjang waktu kelangsungan hidup ikan pada semua konsentrasi NH_3 . Meski demikian, menurut Alabaster dan Lloyd (1980) pengaruh dari kandungan oksigen yang rendah terhadap daya racun amonia akan berkurang apabila konsentrasi karbondioksida meningkat, karena meningkatnya kandungan CO_2 menyebabkan turunnya pH sehingga konsentrasi amonia beracun juga menurun.

Kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air dapat diketahui dengan mengukur kesadahanannya. Kriteria tingkat kesadahan perairan menurut Sawyer dan Mc Carty (dalam Boyd, 1982) adalah sebagai berikut: perairan lunak, 0-75 mg/l; setengah sadah, 75-150 mg/l; sadah, 150-300 mg/l; sangat sa-

dah, lebih besar dari 300 mg/l.

Kecepatan metabolisme ikan pada perairan lunak akan meningkat, karena kekurangan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air menyebabkan ikan memerlukan energi lebih banyak untuk usaha memasukkan ion-ion tersebut ke dalam tubuhnya (Tabata dalam Stickney, 1979). Proses osmoregulasi pada ikan air tawar juga melibatkan ion-ion di dalam air termasuk Ca^{2+} dan Mg^{2+} , yakni penyerapan air melalui insang ke dalam tubuh dan pelepasan ion-ion ke lingkungan, karena tubuh ikan air tawar adalah hipertonic terhadap sekelilingnya (Lagler *et. al.*, 1977). Pada perairan sangat lunak, kelangsungan hidup dari ikan "red drum" (*Sciaenops ocellata*) yang termasuk jenis ikan euryhaline menjadi rendah, karena ketidak mampuan ikan tersebut berosmoregulasi secara efisien di dalam air yang hampir tanpa kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} itu (Stickney, 1979).

Kriteria tingkat kesadahan yang baik bagi perairan adalah 20-150 mg/l (Stickney, 1979). Namun pada percobaan Piper dan Smith (1983) dengan menggunakan zeolit kesadahan air dapat mencapai 205-210 mg/l tanpa ada kematian pada ikan rainbow trout sebagai ikan percobaannya.

Ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dapat mengendapkan partikel-partikel koloid di dalam air (Boyd, 1982). Hasler *et. al.* (dalam Boyd, 1982) menemukan bahwa pengapuran pada kolam dapat menurunkan konsentrasi dari partikel-partikel koloid dan meningkatkan kedalaman penetrasi cahaya mata-

hari untuk fotosintesis. Selain itu di dalam perairan sadah kandungan NH_3 menurun dibandingkan kandungan NH_4^+ (Emerson *et. al* dalam Stickney, 1979). Meski demikian apabila jumlah ion Ca^{2+} terus bertambah banyak atau air makin sadah, maka akan mengakibatkan turunnya permeabilitas membran pada ikan sehingga osmoregulasi terganggu (Phillips, 1969).

2.4 Zeolit

Zeolit adalah aluminosilikat dengan struktur kerangka berpori yang berisi kation dan molekul air. Ion-ion tersebut dapat mengadakan pertukaran secara reversibel, dan molekul-molekul air bisa terdehidratasi, secara reversibel pula (Anwar *et. al*, 1985).^c

Struktur zeolit adalah struktur rangka 3 dimensi SiO_4^{-4} tetrahedra, yang terdiri dari silikon kuadrivalen dan aluminium trivalen sebagai kation-kationnya. Adanya aluminium trivalen menyebabkan zeolit kekurangan muatan positif, sehingga dapat diisi dengan kation-kation logam alkali dan alkali tanah (misalnya Na^+ , Ca^{2+} , K^+) agar menjadi netral (Mumpton dan Fishman, 1977). Perbandingan antara Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 100:1 (Adamson dalam Anwar *et. al*, 1985).^b

Struktur yang paling stabil adalah mineral zeolit dengan perbandingan Si dan Al sama dengan 1:1 (Dwyer dalam Anwar *et. al*, 1985).^a

Ada 2 golongan zeolit, yaitu zeolit alam yang terbentuk secara sedimentasi dan terjadi karena alterasi asam, dan zeolit sintetik yang dibuat berdasarkan penggunaan gel alumina silikat yang sangat reaktif. Zeolit sintetik akan terbentuk jika gel-gel dikristalisasi dan didinginkan pada suhu 200°C sampai dengan temperatur kamar (Anwar *et. al.*, 1985).^a

Dalam dunia perikanan, kegunaan zeolit yang terutama adalah sebagai penyerap ion NH_4^+ . Sebenarnya yang dimaksud dengan penyerapan NH_4^+ itu adalah pertukaran ion antara NH_4^+ (yang mempunyai selektivitas lebih besar untuk ditangkap oleh zeolit) dengan Ca^{2+} atau Na^+ atau ion-ion lainnya (yang dilepaskan ke dalam air karena selektivitasnya lebih kecil untuk ditangkap oleh zeolit) (Mumpton dan Fishman, 1977). Urutan selektivitas tersebut adalah:

$\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{NH}_4 > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Li}$
(Ames dalam Mumpton dan Fishman, 1977).

Pertukaran ion tersebut menaikkan jumlah Ca^{2+} dan Mg^{2+} relatif terhadap Na^+ dan K^+ dalam air, namun dalam beberapa hari kesadahan total dan kandungan Ca^{2+} dalam air kembali normal (Piper dan Smith, 1983).

Jenis zeolit yang selektif terhadap NH_4^+ ini adalah klinoptilolit, yang mempunyai jumlah Al yang kecil (Ames dan Mercer *et. al.* dalam Mumpton dan Fishman, 1977).

Kapranos (dalam Komar, 1987) mengatakan bahwa kon-

sentrasi NH_4^+ dengan nilai 0,34-1,43 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ yang berada dalam air budidaya sistem resirkulasi dapat dikurangi oleh klinoptilolit sebanyak 97-99 %. Pernyataan ini didukung oleh Bower dan Turner (1982) yang mengatakan bahwa pada kepadatan ikan mas koki sebesar 22-44 ekor/l dengan 10,20 dan 40 gram klinoptilolit per liter air secara berturut-turut menurunkan konsentrasi total $\text{NH}_3\text{-N}$ sebanyak 73 %, 87 %, dan 93 %.

Zeolit alam asal Bayah mengandung mineral klinoptilolit ini, di samping juga mengandung mineral mordenit (Anwar *et. al*, 1985)^c. Jorgensen *et. al* (dalam Spotte, 1979) mengatakan bahwa klinoptilolit merupakan kombinasi dari penukar ion dan penyerap ion dengan titik kejenuhan sekitar 8,0 milimole $\text{NH}_3\text{-N}$ per 100 gram zeolit alam.

Pengaktifan zeolit perlu dilakukan, karena selain mengandung mineral-mineral inti seperti mordenit dan klinoptilolit, zeolit alam juga mengandung senyawa-senyawa lain yang dapat mengganggu atau mengurangi penyerapan ion pada zeolit (Anwar *et. al*, 1985)^c. Pengaktifan zeolit ini dilakukan dengan larutan asam, basa, atau pemanasan (Glasstone dalam Anwar *et. al*, 1985)^c.

Pengaktifan zeolit dengan larutan NaOH 1 N memberikan penyerapan NH_4^+ yang paling tinggi (Anwar *et. al*, 1985)^c, namun dari penelitian Burhan (1987) didapatkan hasil nilai kelangsungan hidup tertinggi dari udang windu adalah pada pengaktifan dengan pemanasan 105°C.

Menurut Anwar *et. al* (1985)^b pemanasan pada 105°C akan menyebabkan air yang terkandung dalam zeolit menguap, tapi yang terikat pada kristal tidak akan ikut menguap. Meski demikian disarankan untuk mengaktifkan zeolit pada suhu sekitar 105°C, karena apabila pemanasan terlalu tinggi kapasitas penyerapan pada zeolit akan turun akibat proses dealuminasi.

Ukuran butir-butir zeolit yang paling efisien untuk menyerap amonia adalah ukuran 20 x 42 Mesh (Piper dan Smith, 1983). Jorgensen *et. al* (dalam Spotte, 1979) mengatakan bahwa ukuran butiran dari zeolit sangat mempengaruhi efektivitas daya serapnya; ukuran yang paling baik adalah 18 x 45 Mesh (1,00 x 0,35 mm). Namun Anwar *et. al* (1985)^b mengatakan bahwa ukuran butiran hanya mempengaruhi kapasitas tukar ion dari zeolit. Butiran berukuran kecil mempunyai luas bidang tukar ion yang lebih besar daripada butiran yang besar pada berat total yang sama. Suyartono dan Komardi (1986) menambahkan bahwa bentuk dan besar butiran zeolit berhubungan erat dengan penggunaannya. Sebagai contoh: butir-butir berukuran tepung (250-325 Mesh) dipakai sebagai pencampur ransum makanan ternak, penyerap bau kotoran, pemantap tanah dan penyerap kation-kation pengotor dalam air; Sedang butir-butir berukuran pellet (0,4-5 mm) berguna untuk operasi-operasi dalam kolom (perkolasi), dan untuk pemisahan-pemisahan dengan pertukaran ion maupun penyerapan yang se-

lektif. Pada pengangkutan ikan hidup, besar butiran zeolit yang baik adalah 2-5 mm, karena tidak menyebabkan kekeruhan di dalam air (Bower dan Turner, 1982).

Zeolit yang telah jenuh oleh NH_4^+ dapat diregenerasi dengan cara pemanasan pada suhu 550°C dan akan melepaskan NH_3 (Anwar *et. al.*, 1985).^c

Penggunaan zeolit sebagai penyerap NH_4^+ memang sangat efektif, sebab zeolit tidak tergantung pada temperatur, dapat bekerja pada kisaran pH 4-8, dan tidak terpengaruh oleh desinfektan dan zat kemoterapeutik yang terdapat pada lingkungan perairan. Sehingga penggunaannya dalam sistem pengangkutan tertutup sebagai pemurni air sangat menguntungkan (Stagg dan Gawor, 1982).

Zeolit di dalam air dapat menekan pH air tersebut sampai 9,3, karena adanya air menyebabkan terjadi proses hidrolisa di dalam zeolit yang dalam hal ini berfungsi sebagai garam dari basa kuat (berbentuk kation-kation golongan IA pada struktur zeolit) dengan zeolit sebagai asam (Anwar *et. al.*, 1985).^b

Dalam sistem aerasi, zeolit berguna untuk mengadsorbsi gas N_2 , sehingga udara yang masuk melalui aerator hanya berisi gas oksigen (Mumpton dan Fishman, 1977).

Zeolit di dalam air tidak menyerap ataupun melepaskan gas oksigen. Dari hasil percobaan Turner dan Bower (1982) dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara jumlah oksigen terlarut pada perlakuan tan-

pa zeolit dan dengan zeolit.

Apabila molekul air yang terikat dalam rongga dan saluran-saluran masuk dari zeolit dikeluarkan dengan pemanasan 300-400°C selama beberapa jam, maka dapat terjadi distribusi muatan listrik yang tak lazim di dalam rongga utama yang sudah didehidratasi tersebut, yaitu terserapnya CO₂ yang bersifat polar (Mumpton dan Fishman, 1977; Suyartono dan Komardi, 1986).

Jadi di dalam gas zeolit dapat menyerap CO₂, sedang di dalam air zeolit berfungsi sebagai penukar kation-kation seperti NH₄⁺, Fe, Mn (Anwar *et. al.*, 1985^b; Suyartono dan Komardi, 1986).

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Jawa Barat, yang telah diaktivasi dengan cara pemanasan 105°C selama 4 jam. Caranya ialah dengan mencuci bersih zeolit tersebut lalu dipanaskan pada 105°C di oven selama 4 jam. Setelah itu zeolit sudah siap pakai (Burhan, 1987). Ukuran zeolit yang digunakan adalah 2-5 mm (Bower dan Turner, 1982).

3.3 Teknik Pengangkutan Ikan

Kantong-kantong plastik yang telah disiapkan diisi dengan air bersih yang berasal dari air sumur yang telah diaerasi selama 48 jam, sebanyak 3 liter/kantong. Setelah itu dimasukkan zeolit, kemudian ikan (kepadatan ikan dan konsentrasi zeolit untuk tiap-tiap kantong dapat dilihat pada metoda penelitian). Kantong plastik diisi dengan oksigen sebanyak $3/4$ bagian dari kapasitas volume kantong. Kantong diikat, lalu dimasukkan ke dalam kotak karton. Kotak-kotak tersebut disusun dalam mobil angkut dengan posisi acak sesuai dengan sistem bilangan acak (Walpole, 1982). Setelah semua tersusun, kotak-kotak ditutupi terpal, dan mobil siap dijalankan. Pengangkutan dilaksanakan pada malam hari (pada saat suhu relatif stabil), selama 12 jam.

3.4 Metoda Penelitian

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

Berka (1986) menyatakan bahwa perbandingan berat

ikan dan berat air dalam pengangkutan ikan hidup adalah 1:2 sampai dengan 1:3, namun tidak disebutkan berapa lama pengangkutannya. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian pendahuluan untuk mendapatkan kepadatan maksimal dengan kelangsungan hidup mendekati 100 % dari sistem pengangkutan tertutup tanpa zeolit selama 12 jam, yang selanjutnya akan dipakai sebagai patokan penentuan kepadatan ikan pada penelitian utama yang menggunakan zeolit.

Dalam penyelenggaraannya, diterapkan perlakuan padat penebaran 10 ekor/3 liter air (berat ikan : berat air = 1 : 3), 15 ekor/3 l (1:2), dan 20 ekor/3 l (selang 5 ekor lebih padat dari 15 ekor, untuk menentukan batas kepadatan maksimal seperti tersebut di atas), masing-masing 2 ulangan. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai dengan kepadatan 15 ekor/3 l kelangsungan hidup masih 100 %, sedang pada kepadatan 20 ekor/3 l kelangsungan hidup 95 % dan 90 %. Namun setelah dilakukan uji statistik (Lampiran 1) ternyata tidak ada perbedaan yang nyata antara kelangsungan hidup pada kepadatan 15 ekor/3 l dengan 20 ekor/3 l. Maka sesuai dengan tujuan penelitian pendahuluan di atas, kepadatan 20 ekor/3 l digunakan sebagai patokan untuk peningkatan kepadatan pada penelitian utama.

3.4.2 Penelitian Utama

3.4.2.1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan kepadatan ikan 25 ekor/3 liter air, yang merupakan peningkatan 25 % dari kapasitas angkut maksimal tanpa zeolit (Anonimus, 1988). Perlakuan berupa perbedaan konsentrasi zeolit dalam media angkut, yang terdiri atas:

- A. Dosis zeolit 0 gr/3 liter air
- B. Dosis zeolit 490,0 gr/3 liter air
- C. Dosis zeolit 980,5 gr/3 liter air
- D. Dosis zeolit 1471,0 gr/3 liter air

Untuk menentukan dosis zeolit dilakukan perhitungan yang merujuk pada Jorgensen *et. al* dalam Spotte, 1979 (Lampiran 2).

Model Rancangan Acak Lengkap (RAL)

$$Y_{ij} = \mu + a_i + E_{ij}$$

dimana:

μ = rata-rata keseluruhan

a_i = pengaruh perlakuan ke-i

E_{ij} = galat pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

(Montgomery, 1984)

Selanjutnya untuk mengetahui di mana letak perbedaan yang nyata pada perlakuan digunakan uji Duncan (Duncan's Multiple Range Test).

3.4.2.2 Indikator Penelitian

Penelitian ini menggunakan tingkat kematian ikan selama penelitian sebagai indikator utama. Pengambilan data dilakukan setiap 4 jam selama 12 jam, dengan menghitung jumlah ikan yang mati pada setiap perlakuan. Cara menghitung jumlah ikan yang mati adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{Mt}{Mo} \times 100 \%$$

Keterangan:

M = Tingkat kematian (%)

Mt = Jumlah ikan yang mati pada jam ke-t (ekor)

Mo = Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor)

Sebagai data penunjang dari penelitian diambil data kualitas air pada awal dan akhir penelitian. Kualitas air yang dianalisa adalah:

Oksigen	-- dengan metoda Winkler
CO ₂	-- dengan titrasi phenolphthalein + Na ₂ CO ₃
pH	-- dengan pH meter
Kesadahan	-- dengan titrasi Na EDTA
Total amonia	-- dengan metoda Nessler
Temperatur	-- dengan termometer Hg

Sebagai pembanding, kepadatan 20 ekor/3 l air diikuti sertakan lagi pada penelitian utama, dengan 5 kali ulangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

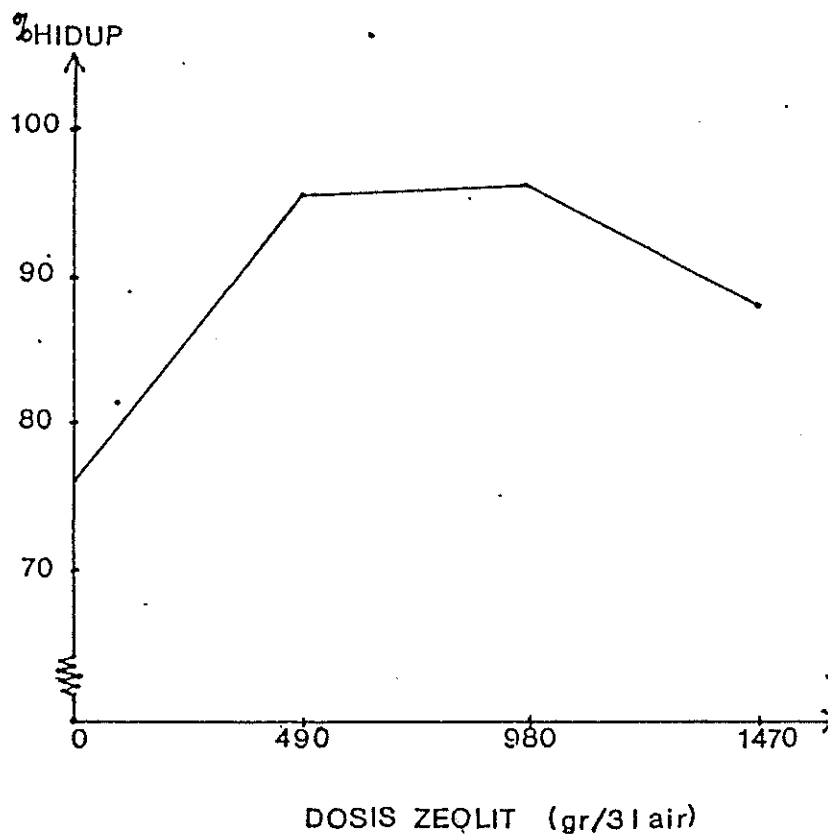
Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data pengaruh dosis zeolit terhadap jumlah ikan yang mati, dan beberapa parameter kualitas air dalam pengangkutan ikan mas 100 gram secara tertutup, yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.1 Kelangsungan Hidup

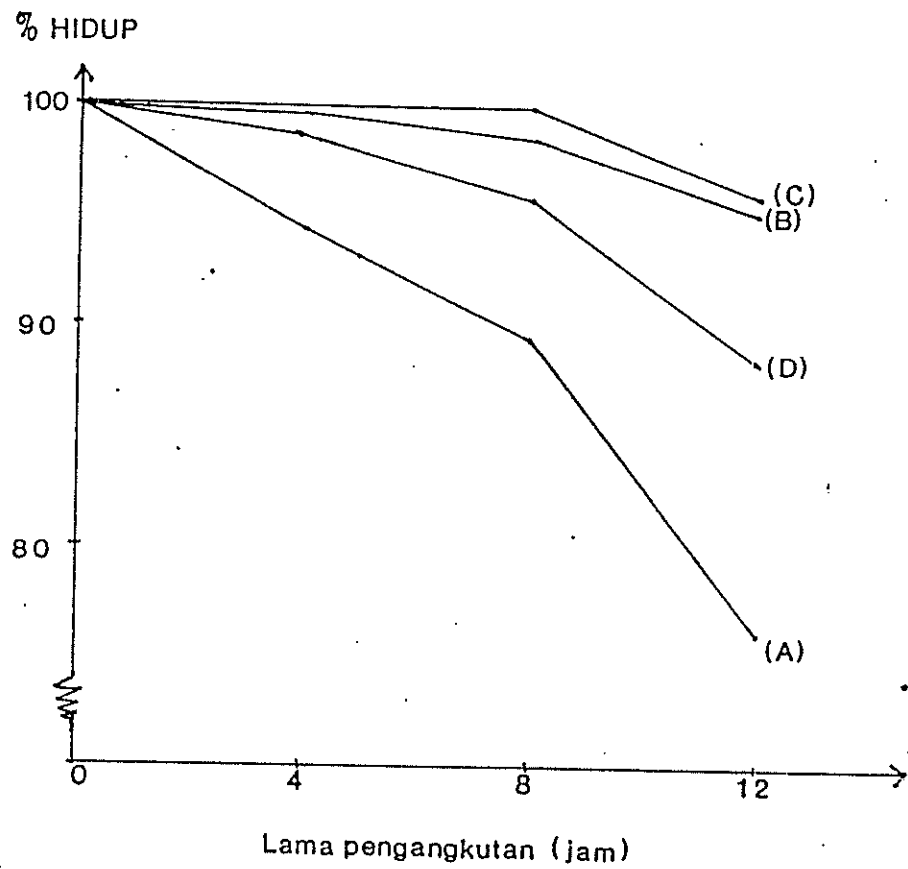
Data kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*, L.) dalam pengangkutan secara tertutup yang diberi zeolit dengan dosis berbeda disusun pada Tabel 2. Sedang hubungan antara jumlah zeolit yang diberikan dengan kelangsungan hidup ikan mas selama 12 jam pengangkutan dapat dilihat pada Gambar 3; Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara lama pengangkutan dengan kelangsungan hidup ikan.

Tabel 2. Kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*, L.) dalam pengangkutan secara tertutup yang diberi zeolit dengan dosis berbeda (%)

Jumlah zeolit (gr/3 l)	Lama pengangkutan (jam)			
	0	4	8	12
0	100	94,4	88,8	75,2
490,0	100	99,2	98,4	95,2
980,5	100	100	100	96
1471,0	100	98,4	96	88



Gambar 3. Hubungan antara jumlah zeolit yang diberikan dengan kelangsungan hidup ikan selama 12 jam pengangkutan



Keterangan:

A = 0 gr zeolit / 3 l air

B = 490,0 gr zeolit / 3 l air

C = 980,5 gr zeolit / 3 l air

D = 1471,0 gr zeolit / 3 l air

Gambar 4. Hubungan antara lama pengangkutan dengan ke-
langsungan hidup ikan

Dibandingkan dengan pengangkutan yang hanya menggunakan media air, penambahan zeolit pada media pengangkutan dapat menaikkan tingkat kelangsungan hidup ikan. Sedangkan peningkatan dosis zeolit dari 490,0 gr sampai 1471,0 gr per 3 liter air tidak menunjukkan adanya perbedaan ($p > 0,05$) (Lampiran 4).

4.1.2 Kualitas Air

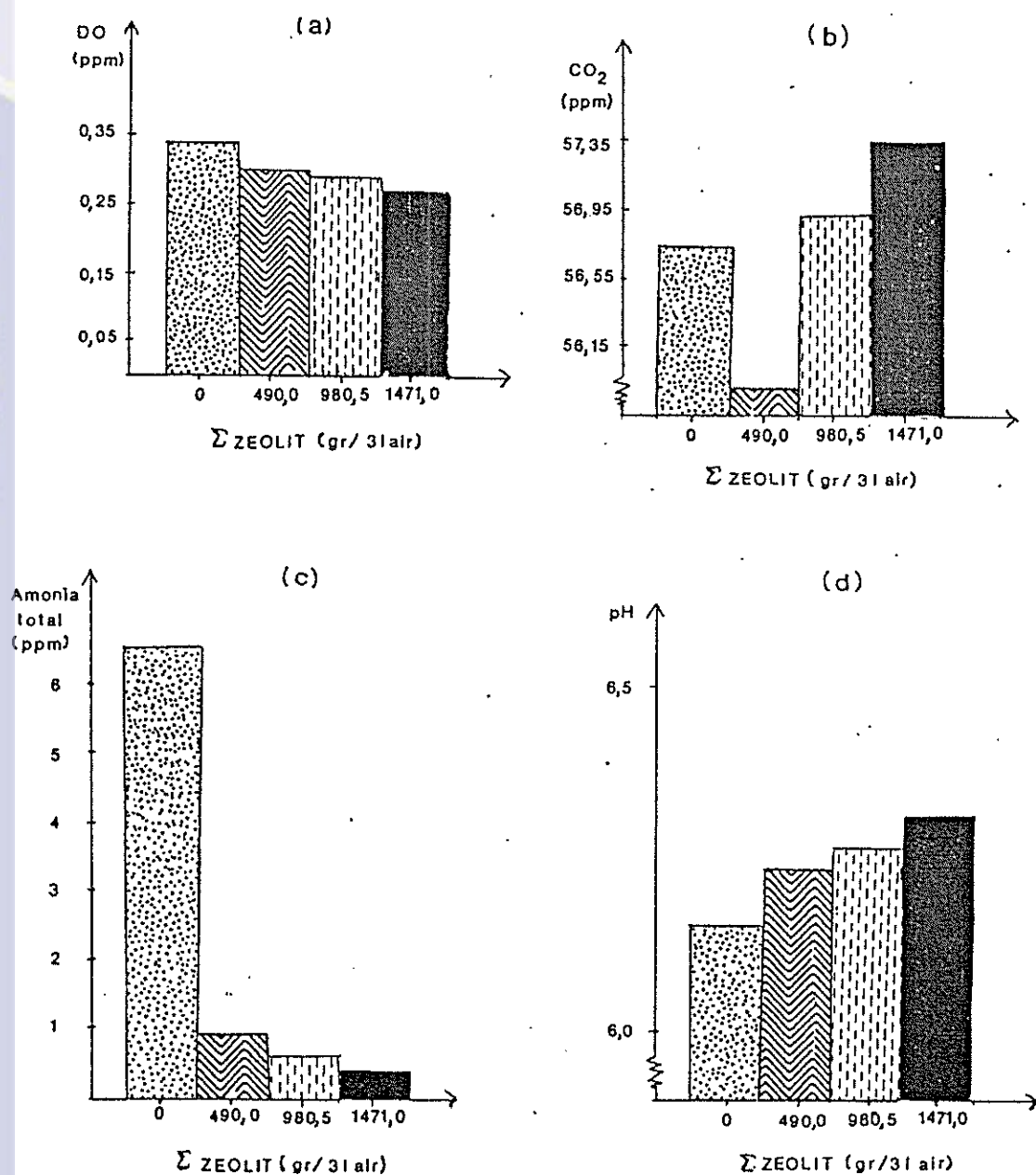
Nilai rata-rata kualitas air yang diberi perlakuan dosis zeolit berbeda dalam pengangkutan secara tertutup selama 12 jam dapat dilihat pada Tabel 3, dan diperjelas dalam bentuk histogram pada Gambar 5 dan 6.

Tabel 3. Nilai rata-rata kualitas air yang diberi perlakuan dosis zeolit berbeda dalam pengangkutan secara tertutup selama 12 jam

Jumlah zeolit (gr/3 l)	pH	DO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Amonia total (ppm)	NH ₃ (ppm)	Kesadahan (ppm)	t _{air} (°C)
0	6,16	0,34	56,75	6,63	0,0060	61,34	25,0
490,0	6,24	0,30	55,92	0,96	0,0010	187,92	25,0
980,5	6,27	0,29	56,93	0,61	0,0007	211,68	25,0
1471,0	6,32	0,27	57,35	0,38	0,0005	247,54	24,9
Awal	7,35	8,60	3,85	0,21	0,0030	60,48	24,5

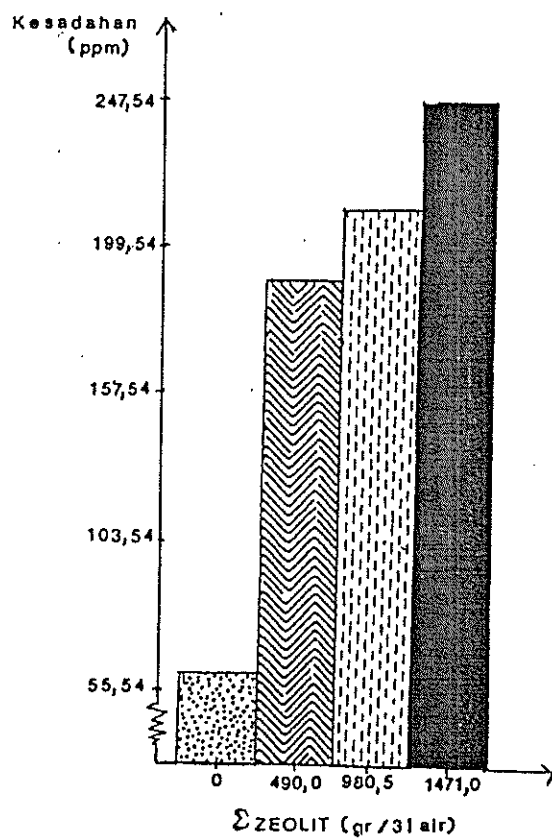
* Suhu udara awal = 24°C
Suhu udara akhir = 23,5°C

Data di atas memperlihatkan bahwa zeolit sebanyak 490 gr, 980,5 gr, dan 1471 gr berturut-turut dapat mengurangi jumlah amonia total sebesar 85,5 %, 90,8 %, dan 97,1 %.



Gambar 5. Histogram hubungan antara dosis zeolit dengan
a)DO, b)CO₂, c)Amonia total, d)pH





Gambar 6. Histogram hubungan antara dosis zeolit dengan kesadahan air

dan 94,3 % dibandingkan dengan perlakuan tanpa zeolit, dan ini diperkuat dengan uji statistik yang menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (Lampiran 5 dan 6). Sebaliknya konsentrasi oksigen terlarut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara perlakuan dengan zeolit dan tanpa zeolit (Lampiran 7). Demikian pula halnya dengan CO_2 (Lampiran 8). Walaupun begitu hasil penelitian menunjukkan kecenderungan penurunan kandungan O_2 terlarut dengan semakin banyaknya zeolit yang ditambahkan, dan terjadi penurunan konsentrasi CO_2 pada dosis zeolit 490,0 gr (Gambar 5).

Nilai-nilai pH air setelah 12 jam diangkut mengalami penurunan dibandingkan keadaan awal, namun penurunan pH pada air yang ditambahkan zeolit lebih kecil dibandingkan dengan yang tanpa zeolit (Tabel 3).

Nilai kesadahan air meningkat dengan semakin banyaknya zeolit yang ditambahkan, dan terlihat ada perbedaan yang nyata (Lampiran 9). Namun hal ini tidak begitu mempengaruhi nilai-nilai pH, karena CO_2 yang terlarut dalam air juga cukup tinggi. Menurut kriteria Sawyer dan Mc Carty (dalam Boyd, 1982), kesadahan air pada perlakuan tanpa zeolit termasuk lunak, sedang pada perlakuan penambahan zeolit 490,0 gr, 980,5 gr, dan 1471,0 gr termasuk sadah.

4.2 Pembahasan

Pada perlakuan tanpa zeolit kelangsungan hidup rata-rata hanya 75,2 % dan cenderung meningkat sampai mendekati 100 % pada perlakuan dengan penambahan zeolit. Dari sini terlihat manfaat dari penggunaan zeolit pada pengangkutan sistem tertutup ini.

Adanya peningkatan kelangsungan hidup terutama disebabkan karena turunnya kandungan amonia di dalam media angkut akibat terserap oleh zeolit (Anwar *et. al*, 1985)^c. Pada perlakuan tanpa zeolit kandungan amonia total setelah 12 jam pengangkutan mencapai 6,63 ppm dan kandungan amonia tak terion 0,006 ppm. Menurut Boyd (1982) pada konsentrasi 0,006 ppm, amonia tak terion mulai meracuni organ dan jaringan tubuh ikan. Pada perlakuan dengan penambahan zeolit kandungan amonia menurun sampai mendekati 0 ppm karena telah terserap oleh zeolit.

Turunnya kandungan amonia disertai dengan peningkatan kesadahan pada media angkut yang ditambahkan zeolit. Peningkatan kesadahan ini disebabkan karena telah terjadi pertukaran ion pada zeolit, antara NH_4^+ (yang mempunyai selektivitas lebih besar untuk ditangkap oleh zeolit) dengan Ca^{2+} atau Na^+ atau ion-ion lainnya (yang dilepaskan ke dalam air karena selektivitasnya lebih kecil untuk ditangkap oleh zeolit) (Mumpton dan Fishman, 1977). Meningkatnya jumlah ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} di dalam air tersebut dapat menurunkan kecepatan metabolisme ikan,

karena dengan sendirinya energi yang diperlukan untuk memasukkan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} tersebut ke dalam tubuhnya akan berkurang dengan meningkatnya jumlah ion-ion tersebut di dalam air (Tabata dalam Stickney, 1979). Hal ini berpengaruh positif terhadap kondisi ikan yaitu mempertinggi daya tahan ikan selama diangkut.

Ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} juga dapat mengendapkan partikel-partikel koloid di dalam air (Boyd, 1982). Hasler *et. al* (dalam Boyd, 1982) menemukan bahwa pengapuran pada kolam dapat menurunkan konsentrasi dari partikel-partikel koloid dan meningkatkan kedalaman penetrasi cahaya matahari untuk fotosintesis. Hal ini diduga juga berpengaruh terhadap kekeruhan dalam media pengangkutan. Penambahan zeolit yang menyebabkan peningkatan jumlah ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} di dalam air dapat mengurangi kekeruhan akibat partikel koloid berupa sisa-sisa metabolisme dari ikan, sehingga juga dapat memperbaiki kondisi ikan yang diangkut.

Meskipun demikian, ada kecenderungan penurunan kelangsungan hidup dengan semakin banyaknya zeolit yang ditambahkan, yakni dari 95,2 % (490,0 gr zeolit) dan 96 % (980,5 gr zeolit) menjadi 88 % (1471,0 gr zeolit), walau belum sampai terlihat berbeda nyata.

Ada 2 hal yang diduga dapat menyebabkan terjadinya kecenderungan ini. Yang pertama adalah faktor kesadahan yang terus meningkat dengan meningkatnya jumlah zeolit.

Menurut Phillips (1969) apabila jumlah ion Ca^{2+} terus bertambah banyak atau air makin sadah, maka akan mengakibatkan turunnya permeabilitas membran pada ikan sehingga osmoregulasi terganggu.

Hal yang ke dua adalah faktor ruang, dimana jumlah zeolit yang terlalu banyak mengakibatkan ruang untuk ikan bergerak menjadi berkurang, atau dengan kata lain kepadatan ikan seolah-olah menjadi bertambah tinggi. Menurut Berka (1986) bila ikan diangkut pada kepadatan yang terlalu tinggi, kadar kortikoid dan glukosa dalam plasma meningkat. Akibatnya, sistem syaraf simpatikus menjadi lebih aktif sehingga laju respirasi dan tekanan darah juga meningkat (Robert, 1978).

Parameter kualitas air yang lain, yaitu oksigen dan CO_2 secara keseluruhan dapat menurunkan kondisi ikan, karena kandungan oksigen pada penelitian ini cukup rendah, yaitu berkisar antara 0,27-0,34 ppm, dan kandungan CO_2 cukup tinggi, yaitu 55,92-57,35 ppm. Menurut Albrecht (dalam Muir, 1982), pada konsentrasi oksigen 0-0,5 mg/l ikan mas bisa stres dan mengambil napas pada permukaan air. Sedang Fry (1957) menyatakan bahwa kadar karbondioksida bebas lima puluh sampai seratus ppm dapat membunuh ikan dalam waktu yang relatif lama. Kandungan CO_2 yang tinggi juga dapat membuat ikan menjadi stres, walau ikan dapat mentoleransinya bila kenaikan CO_2 tersebut terjadi secara perlahan-lahan (Berka, 1986).

Pengaruh zeolit terhadap oksigen dan CO_2 terlarut tidak ada, karena zeolit di dalam air tidak menyerap ataupun melepaskan gas oksigen dan CO_2 (Anwar *et. al*, 1985)^b. Hal ini juga didukung dengan uji statistik dimana antara perlakuan dengan zeolit dan tanpa zeolit tidak terdapat perbedaan yang nyata. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kandungan oksigen dengan semakin banyaknya zeolit yang ditambahkan (Gambar 5). Hal ini bukan disebabkan karena pengaruh zeolit, tetapi diduga berhubungan dengan tingkat kelangsungan hidup ikan. Pada perlakuan tanpa zeolit terlihat kandungan oksigen terlarut yang paling tinggi, karena tingkat kelangsungan hidupnya paling rendah sehingga masih terdapat lebih banyak kandungan oksigen terlarut yang tidak dikonsumsi oleh ikan. Sedang pada perlakuan penambahan zeolit tertinggi yakni 1471,0 gr ternyata kandungan oksigen terlarutnya lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan penambahan zeolit 490,0 gr dan 980,5 gr walaupun kelangsungan hidupnya lebih rendah. Ini diduga disebabkan karena keadaan stres akibat jumlah zeolit yang terlalu banyak (1471,0 gr) yang menyita ruang gerak untuk ikan, atau dengan kata lain seolah-olah kepadatan ikan meningkat. Menurut Robert (1978) keadaan di atas dapat meningkatkan laju respirasi pada ikan sehingga kandungan oksigen terlarut yang tersisa di dalam air menjadi lebih sedikit.

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar

5b terlihat adanya penurunan konsentrasi CO_2 terlarut pada perlakuan penambahan 490,0 gr zeolit. Hal ini diduga disebabkan karena ikan berada dalam lingkungan yang relatif nyaman yakni kualitas air yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa zeolit, dan jumlah zeolit yang tidak menyita ruang gerak ikan terlalu banyak, sehingga dibandingkan dengan ketiga perlakuan lainnya ikan berada dalam keadaan stres yang paling rendah. Akibatnya terjadi penurunan laju metabolisme dan CO_2 yang dikeluarkan juga lebih sedikit.

Temperatur dan pH air masih termasuk dalam batas optimum yaitu sekitar 1° di atas $20\text{--}24^\circ\text{C}$ untuk temperatur ideal selama pengangkutan (Jhingran dan Pullin, 1985) dan 6-7 untuk pH optimum (Anonimus, 1980). Nilai pH ini dipengaruhi oleh 2 hal yang efeknya saling bertolak belakang, yaitu zeolit (dapat menaikkan pH) (Anwar *et. al.*, 1985)^b, dan banyaknya CO_2 dalam air (dapat menurunkan pH) (Fry dalam Gerbhardts, 1965). Zeolit dapat menaikkan pH air karena di dalam zeolit terdapat kation-kation dari golongan IA, sehingga zeolit dapat dipandang sebagai garam dari basa kuat dengan zeolit sebagai asam. Karena itu jika zeolit dikocok dengan air maka zeolit akan terhidrolisa dan pH perlahan-lahan akan naik sampai mencapai 9,3 (Anwar *et. al.*, 1985)^b. Sedang CO_2 dapat menurunkan pH karena reaksinya di dalam air bersifat asam (Spotte, 1979). Hal ini menyebabkan penurunan pH pada

air yang ditambahkan zeolit lebih kecil dibandingkan dengan yang tanpa zeolit.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dikatakan bahwa dengan penambahan zeolit terjadi perbaikan kualitas air yakni penurunan konsentrasi amonia dan peningkatan kesadahan, sehingga terjadi pula perbaikan kondisi tubuh ikan yang pada akhirnya dapat meningkatkan kelangsungan hidup. Meskipun demikian, perbedaan konsentrasi zeolit tidak menyebabkan perbedaan yang nyata pada tingkat kelangsungan hidup ikan, walaupun bila dilihat dari kandungan amonia dan kesadahan ada perbedaan, yaitu semakin banyak zeolit yang ditambahkan ke dalam media, kandungan amonia semakin sedikit dan kesadahan terus meningkat. Hal ini disebabkan karena hanya dengan dosis terkecil yakni 490,0 gr sebagian besar amonia beracun telah terse-rap oleh zeolit, sehingga kelangsungan hidup ikan telah dapat mendekati 100 %. Peningkatan dosis zeolit sampai dengan 1471,0 gr ternyata masih dapat mempertahankan kelangsungan hidup yang mendekati 100 % itu. Ini berarti bahwa di antara ketiga dosis zeolit, yang paling baik secara ekonomis untuk 12 jam pengangkutan adalah dosis terkecil, yaitu 490,0 gr. Penambahan zeolit sampai 980,5 gr dan 1471,0 gr tidak lagi efisien.

Sebagai pembanding, pada kepadatan 20 ekor/3 liter air, tanpa zeolit, terlihat kelangsungan hidup mendekati 100 % (rata-rata 97 %). Hasil yang sama dapat dicapai

pada kepadatan 25 ekor/3 liter air, dengan penambahan zeolit. Ini membuktikan bahwa kapasitas angkut dapat ditingkatkan bila media ditambahkan dengan zeolit.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penambahan zeolit ke dalam media angkut dapat meningkatkan kelangsungan hidup ikan dan sekaligus memperbaiki kualitas air selama pengangkutan melalui penurunan kadar amonia dan peningkatan kesadahan.

Peningkatan dosis zeolit dari 490,0 gr menjadi 980,5 gr dan 1471,0 gr tidak mengakibatkan perbedaan yang nyata pada kelangsungan hidup ikan. Ini berarti, di antara ketiga dosis di atas yang paling efisien adalah dosis terkecil, yaitu 490,0 gr.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan zeolit disarankan agar meneliti efek zeolit pada dosis di bawah 490,0 gr.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabaster, J. S., and R. Lloyd. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths. London. 297 p.
- Anonimus. 1980. Pasca Panen. Tehnologi Hasil Perikanan. BPLPP. Jakarta.
- Anonimus. 1988. Wonder Zeolit. Feed Additive dan Penangkal Nitrogen dan Amoniak. Wonder Indonesia Pharmaceutical. Jakarta. 19 hal.
- Anwar, K.P., M. Sansudiro, dan Darmawan. 1985^a. Prospek Pemakaian Zeolit Bayah sebagai Penyerap N_2 dalam Cairan. Departemen Pertambangan dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum, PPTM. Bandung. 63 hal.
- Anwar, K.P., Y. Nugraha, dan Kurnia. 1985^b. Prospek Pemakaian Zeolit Bayah sebagai Penukar Kation. Departemen Pertambangan dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum, PPTM. Bandung. 64 hal.
- Anwar, K.P., S. Suharto, dan A. Syarifudin. 1985^c. Prospek Pemakaian Zeolit Bayah sebagai Penyerap NH_4^+ dalam Air Limbah. Departemen Pertambangan dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum, PPTM. Bandung. 101 hal.
- Bardach, J.E., J.H. Ryther, and W.O. Mc. Larney. 1972. Aquaculture; The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organism. Wiley Interscience. New York. 868 hal.
- Berka, R. 1986. The Transportation of Live Fish. A Review. EIFAC Technical Paper, (48):52 p.
- Black, V. S. 1957. Metabolism. In The Physiology of Fishes, vol I, Chap IV. Ed. by M.E Brown. Acad. Press. Inc. Publ. New York.
- Bower, C. E., and D. T. Turner. 1982. Ammonia Removal by Clinoptilolite in The Transport of Ornamental Freshwater Fish. Prog. Fish. Culturist 44(1):19-22.
- Boyd, C. E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Development in Aquaculture and Fisheries Science 9. Elsevier Scientific Publishing Co. New York. 318 hal.

- Burhan. 1987. Pengaruh Zeolit dengan Tiga Cara Aktivasi dalam sistem Resirkulasi terhadap kelangsungan hidup Post Larva Udang Windu (Penaeus monodon). Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor.
- Damanhuri, A. 1964. Masalah Pengangkutan Ikan Hidup. Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor. 46 hal.
- Djajadipoera, B. S. 1988. Efektivitas Minyak Cengkeh dalam Pengangkutan Ikan Nila (Sarotherodon niloticus Trewamas). Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor. 43 hal.
- Djajadiredja, R. R. 1958. Preliminary Report on Transportation of Chanos Fingerling with Aerating System. Indo-Pacific Fish. Cour., 8(II):1-8 p.
- Downing, K. M., and J. C. Merckens. 1955. The Influence of Dissolved Oxygen Concentration on the Toxicity of un-ionized Ammonia to Rainbow Trout (Salmo gairdnerii Richardson). Ann. Appl. Biol. 43,243.
- Frose, R. 1965. Improved Fish Transport in Plastic Bags. ICLARM Newsletter 8(4):8-9. Metro Manila, Philippines.
- Fry, F. E. J. 1957. Aquatic Respiration of Fish. In The Physiology of Fishes, vol. I, Chap. I. Ed. by M.E Brown. Acad. Press. Inc. Publ. New York.
- Gerbhards, V. S. 1965. Transport of Juvenile Trout in Sealed Containers. The Progressive Fish Culturist, 27(1):1-6.
- Handisoepardjo, W. 1982. Studi Pendahuluan Limun sebagai Bahan Penambah pada Pengangkutan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio, L.). Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor. 62 hal.
- Hardjamulia, A. 1978. Budidaya Ikan Mas (Cyprinus carpio), Ikan Tawes (Puntius javanicus), dan Ikan Nilem (Osteochilus hasselti). Sekolah Usaha Perikanan Menengah. Budidaya BPLLP. Departemen Pertanian. Bogor. 58 hal.
- Hickling, C. F. 1971. Fish Culture. Faber and Faber. London. 317 p.
- Huet, M. 1970. Textbook of Fish Culture; Breeding and Cultivation of Fish. Fishing News (Books) Ltd.

London. 436 p.

- Huisman, E. A. 1987. Principles of Fish Production. Department of Fish Culture and Fisheries. Wageningen Agricultural University - Wageningen, Netherlands. 170 hal.
- Jhingran, V.G. and R.S.V Pullin. 1985. A Hatchery Manual for the Common Carp, Chinese, and Indian Major Carps. ICLARM Studies and Reviews 11. Asian Development Bank. p:74-80.
- Komar, A. 1987. Penggunaan Zeolit dengan Bobot Berbeda dalam Filter Sistem Resirkulasi pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*, L.). Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor. 43 hal.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, and D.R.M Passino. 1977. Ichthyology. 2nd edition. John Wiley and Sons. USA.
- Martyshev, F.G. 1983. Pond Fisheries. Amerind Publishing Co. PVT. Ltd. New Delhi.
- Meade, J. W. 1985. Allowable Ammonia for Fish Culture. Progressive Fish Culturist 47(3):135-143.
- Montgomery, D. C. 1984. Design and Analysis of Experiments. 2nd edition. John Wiley and Sons. USA.
- Muir, J. F. 1982. Recirculated Water System in Aquaculture (385-446). In Recent Advances in Aquaculture. Ed. by J.F Muir and R.J Roberts. London. Croom Helm. 453 p.
- Mumpton, F. A., and P. H. Fishman. 1977. The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture. Journal of Animal Science 45(V):1188-1203.
- Nemoto, C. M. 1957. Experiments with Methods for Air Transport of Live Fish. Prog. Fish Culturist 19(4):147-157.
- Pescod, M.B. 1973. Investigation of Rational Effluent and Stream Standard for Tropical Countries. Interim Research Report. ALT. Bangkok. 59 p.
- Phillips, A. M., and D. R. Brockway. 1954. Effect of Starvation, Water Temperature, and Sodium amytal on the Metabolic Rate of Brook Trout. Prog. Fish. Cult. 16:65-68.

- Phillips, A. M., Jr. 1969. Nutrition, Digestion, and Energy Utilization. In Fish Physiology, vol. I, Chap. VII. Ed. by W.S Hoar and D.J Randall. Acad. Press. New York.
- Piper, R.G., Ivan. B. Mc. Elwain, and Leo. E. Orme. 1982. Fish Hatchery Management. United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service. Washington D.C. p:348-371.
- Piper, R. G., and C. E. Smith. 1983. Use of Clinoptilolite for Ammonia Removal in Fish Culture Systems. In Zoo Agriculture. Ed. by W.G Pond and F.A Mumpton. West view Press Inc. Colorado. USA.
- Robert, R.J. 1978. Fish Pathology. Bailliere Tindall. London. p:55-89.
- Saanin, H. 1974. Handling and Transportation of Fish Fry. Biotrop, T.C. Induced Breeding Techniques (TAT-1/XII/74). Bogor. 12 p.
- Smart, G. 1980. Water Quality in Fish Performances. In Fish Farming International. New York. p16-17.
- Spotte, S. 1970. Fish and Invertebrate Culture. Wiley-Interscience. New York.
- _____. 1979. Fish and Invertebrate Culture (Water Management in Close System). Second edition. John Wiley and Sons. New York. 179 p.
- Stagg, A. D., and J. B. Gawor. 1982. Zeolites, The Way to Remove Ammonia. In Fish Farming International. New York.
- Stickney, R. R. 1979. Principles of Warmwater Aquaculture. John Wiley & Sons. USA.
- Suseno, D. 1985. Teknik Penanganan Transportasi Ikan Hidup. Institut Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian. Ciawi-Bogor. 38 hal.
- Sutardjo. 1969. Transportasi Ikan. Lembaga Penelitian Perikanan Darat. Bogor. 51 hal.
- Suyartono, dan O. S. Komardi. 1986. Penerapan Model Pengolahan dan Pemanfaatan Zeolit Bayah untuk Gas dan Cairan. Dirjen Pertambangan Umum. PPTM. Bandung. 37 hal.
- Walpole, R. 1982. Introduction to Statistics. 3rd

edition. Macmillan Publishing Co., Inc. New York. 521 p.

Wardoyo, S. T. H. 1975. Pengelolaan Kualitas Air. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. IPB. 38 hal.

_____. 1981. Kriteria Kualitas Air untuk Kebutuhan Pertanian dan Perikanan. Pusat Studi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan. IPB. 41 hal.

Lampiran 1. Daftar sidik ragam tingkat kelangsungan hidup ikan pada penelitian pendahuluan

Sumber	db	JK	KT	F hitung
Perlakuan	2	75	37,5	8,99
Sisaan	3	12,5	4,17	
Total	5	87,5		

$$F_{\text{tabel}} = F_{0,05,2,3} = 9,55$$

$F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ ----- tidak berbeda nyata



Lampiran 2. Perkiraan jumlah zeolit/wadah

Laju metabolisme ikan mas 100 gram menurut Huisman (1987) adalah 0,8 kali laju metabolisme ikan mas 30 gram. Sedang Furukawa *et. al* (dalam Komar, 1987) mengatakan bahwa ikan mas 30 gram mengekskresi amonia sebanyak 10-20 mg/hari pada suhu 16-25°C. Berdasarkan hal tersebut maka diperkirakan produksi amonia oleh ikan mas selama 12 jam adalah:

$$25 \times 100/30 \times 20 \times 0,8 \times 12/24 = 666,67 \text{ mg/wadah/12 jam}$$

Perkiraan ke dua berdasarkan pernyataan Froese (1985), bahwa laju metabolisme ikan dalam keadaan diangkut naik 3 x lipat dibandingkan keadaan normal. Jadi produksi amonia selama 12 jam adalah:

$$25 \times 100/30 \times 20 \times 0,8 \times 12/24 \times 3 = 2000 \text{ mg/wadah/12 jam}$$

Setiap 100 gram zeolit dapat menyerap 8 mmol $\text{NH}_3\text{-N}$ atau 136 mg amonia (Jorgensen *et. al* dalam Spotte, 1979). Jadi jumlah zeolit yang dibutuhkan untuk perlakuan B adalah: $\frac{666,67}{136} \times 100 \text{ gr} = 490,2 \text{ gr} \approx 490 \text{ gr zeolit/wadah}$

Untuk perlakuan D dibutuhkan jumlah zeolit:

$$\frac{2000}{136} \times 100 \text{ gr} = 1470,6 \text{ gr} \approx 1471 \text{ gr zeolit/wadah}$$

Jumlah zeolit untuk perlakuan C berada di antara perlakuan B dan D, yaitu: $490 + \frac{(1471-490)}{2} = 980,5 \text{ gr zeolit/wadah}$

Lampiran 3. Pengaruh dosis zeolit terhadap jumlah ikan yang mati, dan beberapa parameter kualitas air dalam pengangkutan ikan mas 100 gram secara tertutup

Perlakuan	Ulangan	Σ ikan mati	pH	DO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Amonia total (ppm)	Kesadahan (ppm)	Suhu air (°C)
0	1	0	6,2	0,78	53,9	1,97	77,76	25
	2	0	6,0	0,75	65,14	2,23	64,8	26
	3	2	6,3	0,47	56,98	3,42	82,08	25
	4	1	6,18	0,82	53,13	4,28	43,2	25
	5	0	6,08	0,71	43,81	2,15	73,44	25
A	1	6	6,49	0,43	58,9	6,61	51,84	25
	2	8	6,31	0,20	63,9	7,51	62,64	25
	3	6	6,0	0,39	51,51	5,85	77,76	25
	4	5	6,0	0,20	52,44	6,94	58,32	25
	5	6	6,0	0,47	56,99	6,25	56,16	25
B	1	0	6,39	0,20	58,52	1,06	194,40	25
	2	5	6,4	0,39	49,28	0,88	177,12	25
	3	0	6,0	0,12	60,29	1,18	192,24	25
	4	1	6,0	0,20	54,67	0,7	198,72	25
	5	0	6,4	0,59	56,83	0,96	177,12	25
C	1	0	6,35	0,12	55,9	0,6	177,12	25
	2	1	6,27	0,55	59,98	0,71	254,88	25
	3	0	6,2	0,39	54,29	0,62	187,92	25
	4	3	6,3	0,20	51,58	0,44	198,72	25
	5	1	6,25	0,20	62,52	0,7	239,76	25
D	1	2	6,2	0,20	60,29	0,45	222,48	25
	2	7	6,5	0,43	56,90	0,37	209,52	25
	3	1	6,3	0,20	52,21	0,26	233,28	25
	4	2	6,4	0,39	57,13	0,34	311,04	24,5
	5	3	6,2	0,12	60,21	0,5	261,36	25

AWAL :
 Suhu udara = 24 °C
 Suhu air = 24,5 °C
 pH = 7,35
 DO = 8,6 ppm
 Kesadahan = 60,48 ppm
 CO₂ = 3,85 ppm
 Amonia total = 0,21 ppm

KETERANGAN :

0 = 20 ekor (pembanding)
 A = 25 ekor, 0 gr zeolit/3 liter air
 B = 25 ekor, 490 gr zeolit/3 liter air
 C = 25 ekor, 980,5 gr zeolit/3 liter air
 D = 25 ekor, 1471 gr zeolit/3 liter air

Lampiran 4. Daftar sidik ragam tingkat kelangsungan hidup ikan pada penelitian utama

Sumber	db	JK	KT	F hitung
Perlakuan	3	1391,2	463,7	8,99**
Sisaan	16	825,6	51,6	
Total	19	2216,8		

$$F_{.05,3,16} = 3,24$$

** berbeda sangat nyata
($p < 0,01$)

$$F_{.01,3,16} = 5,29$$

* berbeda nyata ($p < 0,05$)

Uji Duncan:

Jumlah zeolit (gr)	0	490	980,5	1471
Kelangsungan hidup (%)	75,2	95,2	96	88

Keterangan:

Yang diberi garis bawah berarti satu sama lain tidak berbeda nyata.

Lampiran 5. Daftar sidik ragam amonia total setelah 12 jam pengangkutan

Sumber	db	JK	KT	F hitung
Perlakuan	3	134,959815	44,9866	391,52**
Sisaan	16	1,838440	0,1149	
Total	19	136,798255		

$$F_{.05,3,16} = 3,24$$

** berbeda sangat nyata
($p < 0,01$)

$$F_{.01,3,16} = 5,29$$

* berbeda nyata ($p < 0,05$)

Uji Duncan:

Jumlah zeolit (gr)	0	490	980,5	1471
Amonia Total (ppm)	6,63	0,95	0,61	0,38

Keterangan:

Yang diberi garis bawah berarti satu sama lain tidak berbeda nyata.

Lampiran 6. Daftar sidik ragam NH_3 (gas) setelah 12 jam pengangkutan

Sumber	db	JK	KT	F hit
Perlakuan	3	0,000118	0,00003937	10,76**
Sisaan	16	0,000059	0,00000366	
Total	19	0,000177		

$$F_{.05,3,16} = 3,24$$

** berbeda sangat nyata
($p < 0,01$)

$$F_{.01,3,16} = 5,29$$

* berbeda nyata ($p < 0,05$)

Uji Duncan:

Jumlah zeolit (gr)	0	490	980,5	1471
NH_3 gas (ppm)	0.006	0,001	0,0007	0,0005

Keterangan:

Yang diberi garis bawah berarti satu sama lain tidak berbeda nyata.

© Jack Cigna Smith, FBA University

F hitung < F tabel ----- tidak berbeda nyata

Lampiran 8. Daftar sidik ragam karbondioksida terlarut setelah 12 jam pengangkutan

Sumber	db	JK	KT	F hitung
Perlakuan	3	5,414855	1,80495	0,10
Sisaan	16	290,7458	18,1716	
Total	19	296,160655		

$$F_{0.05,3,16} = 3,24$$

F hitung < F tabel ----- tidak berbeda nyata

Lampiran 9. Daftar sidik ragam kesadahan setelah 12 jam pengangkutan

Sumber	db	JK	KT	F hit
Perlakuan	3	98367,645	32789,21472	44,12**
Sisaan	16	11889,815	743,11344	
Total	19	110257.459		

$$F_{.05,3,16} = 3,24$$

** berbeda sangat nyata
($p < 0,01$)

$$F_{.01,3,16} = 5,29$$

* berbeda nyata ($p < 0,05$)

Uji Duncan:

Jumlah zeolit (gr)	0	490	980,5	1471
Kesadahan (ppm)	61,34	187,92	211,68	247,54

Keterangan:

Yang diberi garis bawah berarti satu sama lain tidak berbeda nyata.