

PENGENDALIAN LIMBAH AMONIA BUDIDAYA IKAN LELE DENGAN SISTEM HETEROTROFIK MENUJU SISTEM AKUAKULTUR NIR-LIMBAH

Bambang Gunadi¹⁾ dan Rani Hafsaridewi¹⁾

ABSTRAK

Limbah amonia dari budidaya ikan yang dibuang langsung ke perairan sekitarnya merupakan sumber pencemaran yang perlu mendapat perhatian. Potensi pasokan amonia ke dalam air budidaya ikan adalah sebesar 75% dari kadar nitrogen dalam pakan. Pengubahan nitrogen dalam sistem akuakultur yang berperan dalam pengurangan kandungan amonia terdiri atas tiga proses yakni proses fotoautotrofik oleh alga, proses bakterial autotrofik yang mengubah amonia menjadi nitrat, dan proses bakterial heterotrofik yang mengubah amonia langsung menjadi biomassa mikroba. Proses mikrobial seperti tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas air dan mengurangi beban cemaran limbah budidaya ikan ke perairan sekitarnya. Pada prinsipnya kandungan amonia di dalam air kolam dirangsang untuk berubah menjadi alga atau bakteri. Penelitian penerapan sistem heterotrofik untuk mengurangi beban limbah budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) telah dilaksanakan di Loka Riset Pemuliaan dan Teknologi Budidaya Perikanan Air Tawar, Sukamandi. Air pemeliharaan ikan lele dialirkan ke ruang pemeliharaan ikan nila. Pemberian pakan hanya diberikan kepada ikan lele. Kandungan amonia yang ada dipacu untuk diubah menjadi biomassa bakteri dengan memberikan pasokan karbon berupa molases yang merupakan hasil samping pabrik gula. Hasil yang diperoleh setelah pengamatan selama 7 minggu menunjukkan bahwa kadar amonia dapat dipertahankan di bawah 0,1 mg/L NH₃/L, produksi biomassa bakteri dalam bentuk padatan volatil total (*total volatile solids*, TVS) mencapai 85,5 mg/L dan pertumbuhan ikan nila mencapai 30,53%. Sistem heterotrofik mempunyai peluang untuk diterapkan dalam pemanfaatan limbah amonia pada pemeliharaan ikan lele. Namun demikian, masih diperlukan kajian lebih lanjut dalam rangka optimalisasi keragaan sistem heterotrofik dalam mendukung sistem akuakultur nir-limbah (*zero-waste aquaculture*).

ABSTRACT: *Heterotrophic control of ammonium waste from catfish culture to develop zero-waste aquaculture system. By: Bambang Gunadi and Rani Hafsaridewi*

*Waste from fish farm which is directly discharged to the surrounding water is a potential source of pollution. Theoretically, about 75% of nitrogen in feed will be released as fish waste. Conversion of nitrogenous compound in aquaculture system, which plays a key role in ammonium reduction, consisted of three processes, i.e. photoautotrophic algal, autotrophic bacterial conversion of ammonium to nitrate, and heterotrophic bacterial conversion of ammonium to microbe biomass. This bacterial process can be exploited to improve water quality in fish pond and simultaneously decrease impact of fish culture waste. Principally, ammonium compound in water is directly converted to bacterial biomass. An experiment applying heterotrophic system in catfish (*Clarias gariepinus*) culture had been conducted at the Research Institute for Freshwater Fish Breeding and Aquaculture, Sukamandi. Water from catfish pond was flown to the tilapia pond. Feed was given only to catfish. Supplemented molasses as carbon sources was spread onto tilapia pond to enhance ammonium conversion to bacterial biomass. The results showed that during 7 weeks of observation, ammonium level in tilapia pond could be controlled below 0.1 mg NH₃/L, production of bacterial biomass reached*

¹⁾ Loka Riset Pemuliaan dan Teknologi Budidaya Perikanan Air Tawar, Sukamandi

up to 85,5 mg/L in term of total volatile solids (TVS), whereas tilapia grew 30,53% from their initial weight. Heterotrophic system has a highly potential application in utilization of ammonium waste of catfish culture. However, it is still required advance studies to optimize this systems performance in relation to zero-waste aquaculture development.

KEYWORDS: *intensive aquaculture, zero-waste aquaculture, heterotrophic system, ammonium*

PENDAHULUAN

Intensifikasi budidaya ikan ditandai dengan peningkatan padat penebaran yang diikuti dengan peningkatan pemakaian pakan buatan kaya protein. Menurut Avnimelech (2006), industri akuakultur dalam upaya memperoleh keuntungan menghadapi kendala harga produk rendah sementara biaya *input* selalu meningkat, dan semakin terbatasnya sumberdaya lingkungan, air, dan lahan. Sistem akuakultur intensif berkaitan dengan bagaimana menghasilkan ikan dan udang secara efisien. Dua faktor pembatas penting dalam sistem akuakultur intensif adalah kualitas air dan aspek ekonomi.

Masalah nyata pada sistem akuakultur intensif adalah cepatnya terkumpul sisa pakan, bahan organik, dan senyawa nitrogen toksik. Hal ini tidak dapat dihindari karena ikan memanfaatkan hanya 20%–30% nutrisi pakan. Sisanya dikeluarkan dari tubuh ikan dan umumnya terkumpul dalam air. Hal ini, pada gilirannya akan menimbulkan penumpukan kandungan amonia dan limbah bahan organik dalam air kolam. Apabila air kolam ini dibuang, misalnya pada saat panen, akan menimbulkan ancaman pencemaran bagi perairan sekitarnya.

Menurut Craigh & Helfrich (2002), meskipun melalui manajemen yang sangat baik, pakan yang diberikan kepada ikan pasti akan menghasilkan limbah. Dari 100 unit pakan yang diberikan kepada ikan, biasanya sekitar 10% tidak termakan (terbuang), 10% merupakan limbah padatan (*solid waste*) dan 30% merupakan limbah cair (*liquid waste*) yang dihasilkan oleh ikan. Dari sisanya, 25% pakan dipergunakan untuk tumbuh dan 25% lainnya digunakan untuk metabolisme (energi panas untuk proses biologis). Persentase ini tergantung pada jenis dan ukuran ikan, aktivitas, suhu air, dan kondisi lingkungan lainnya.

Protein terdiri atas karbon (50%), nitrogen (16%), oksigen (21,5%), dan hidrogen (6,5%).

Ikan mampu memanfaatkan pakan dengan kandungan protein tinggi, namun sebanyak 65% protein akan hilang ke lingkungan. Sebagian besar nitrogen dikeluarkan sebagai amonia (NH_3) melalui insang, dan hanya 10% hilang dalam bentuk limbah padatan. Laju eutrofikasi (*nutrient enrichment*) yang cepat pada perairan merupakan persoalan kualitas air utama yang menjadi perhatian pembudidaya ikan. Pemberian pakan yang efektif dan tindakan pengelolaan limbah budidaya ikan merupakan hal yang penting untuk menjaga kualitas air di perairan hilir (Craigh & Helfrich, 2002).

Karena kumpulan mikroba merupakan dasar jejaring makanan heterotrofik dan tersambung dengan tingkat trofik yang lebih tinggi (Schroeder, 1978), hal ini sangat menarik untuk dimanfaatkan sebagai sumber pakan langsung bagi spesies yang dibudidayakan dan dengan demikian secara keseluruhan akan meningkatkan efisiensi transfer energi.

Menurut Avnimelech *et al.* (1992), 33% nitrogen yang terkandung dalam pakan ikan akan diekskresikan oleh ikan dan dapat didaur ulang. Sementara itu menurut Brune *et al.* (2003), dari seluruh nitrogen yang terkandung dalam pakan, 25%-nya akan digunakan ikan untuk tumbuh, 60%-nya akan dikeluarkan dalam bentuk NH_4 , dan 15%-nya akan dikeluarkan bersama kotoran. Dari kandungan bahan organik dalam pakan (yakni 60% bobot kering), 24% dari nilai tersebut akan mengalami perubahan menjadi biomassa ikan, 40%-nya hilang dalam proses respirasi dan sisanya sebanyak 36% akan dibuang dalam bentuk limbah padatan (*solid waste*). Secara ringkas dapat dikatakan bahwa potensi pasokan amonia ke dalam air budidaya ikan adalah sebesar 75% dari kadar nitrogen dalam pakan, sedangkan dalam budidaya udang sebesar 90%. Potensi limbah bahan organik ke dalam air budidaya ikan diperkirakan sebesar 36% dari pakan yang diberikan.

Ebeling *et al.* (2006) mengatakan bahwa proses pengubahan nitrogen dalam sistem

akuakultur yang berperan dalam pengurangan kandungan amonia terdiri atas tiga proses yakni proses fotoautotrofik oleh alga, proses bakterial autotrofik yang mengubah amonia menjadi nitrat, dan proses bakterial heterotrofik yang mengubah amonia langsung menjadi biomassa mikroba.

Brune *et al.* (2003) menyatakan bahwa proses biosintesis bakteri heterotrofik berlangsung lebih cepat dibanding dengan proses biosintesis alga maupun proses nitrifikasi, yakni waktu regenerasi 10 jam berbanding dengan 24–48 jam. Laju pertumbuhan alga dan bakteri nitrifikasi hampir sama namun koefisien produksi alga hampir 57 kali lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri nitrifikasi; yakni 11,4 g alga/g N berbanding dengan 0,2 g bakteri/g N.

Proses mikrobial seperti tersebut di atas dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas air dan mengurangi beban cemaran limbah budidaya ikan ke perairan sekitarnya. Pada prinsipnya kandungan amonia di dalam air kolam dirangsang untuk berubah menjadi alga atau bakteri (Avnimelech & Mokady, 1988; Avnimelech *et al.*, 1992; Brune *et al.*, 2003; Liu & Han, 2004; Ebeling *et al.*, 2006; Metaxa *et al.*, 2006) untuk kemudian dipanen secara mekanis maupun secara biologis menggunakan ikan/organisme pemakan alga atau bakteri (*filter feeding fish/organism*) (Avnimelech & Mokady, 1988; Brune *et al.*, 2003; Ebeling *et al.*, 2006). Jika proses heterotrofik pada sistem budidaya ikan dapat berlangsung secara optimal maka beban limbah yang dihasilkan dari budidaya ikan akan

semakin rendah bahkan diharapkan hingga mencapai titik nol sehingga terwujud sistem budidaya ikan tanpa limbah (*zero-waste aquaculture*).

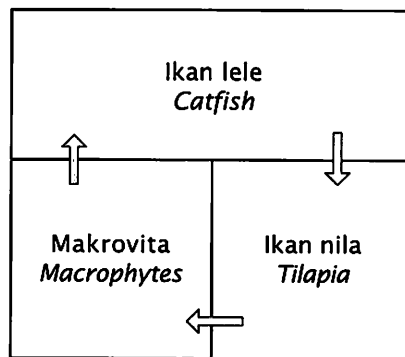
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peluang penerapan sistem heterotrofik pada budidaya ikan lele intensif dalam rangka menuju sistem budidaya ikan nir-limbah (*zero-waste aquaculture*).

BAHAN DAN METODE

Rancangan Bak Pemeliharaan

Wadah yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa bak berukuran 25 m² dengan kedalaman air dipertahankan setinggi 70 cm. Satu unit bak pemeliharaan disekat menjadi tiga ruangan sebagaimana tercantum pada Gambar 1. Ruang I seluas 12,5 m² untuk pemeliharaan ikan lele sebagai ikan utama, Ruang II seluas 7,5 m² untuk pemeliharaan ikan nila dan kekerangan sekaligus sebagai ruang heterotrofik dan Ruang III seluas 5 m² ditanami makrofita akuatik sebagai ruang remediasi. Pada ruang II (heterotrofik) diharapkan terjadi proses pengubahan amonia oleh mikroba (alga atau bakteri) yang selanjutnya akan dimakan oleh ikan nila.

Agar air selalu mengalir di antara sekat-sekat, air dari ruang ikan lele dialirkan ke ruang ikan nila dengan pompa berkapasitas 0,14 liter/detik. Dengan cara seperti ini, air dari ruang ikan nila akan mengalir ke ruang makrofita dan selanjutnya air dari ruang makrofita mengalir kembali ke ruang lele.



Gambar 1. Skema percobaan sistem resirkulasi heterotrofik pada budidaya ikan lele. Gambar tanda panah menunjukkan arah aliran air

Figure 1. Experimental design of heterotrophic recirculation systems for catfish culture. The arrows represent water flow direction

Penebaran Ikan

Ikan lele yang ditebar pada Ruang I berukuran 3—4 cm (rata-rata bobot 1,2 g/ekor) dengan kepadatan 1.250 ekor (100 ekor/m²). Pada Ruang II, ikan nila yang ditebar berukuran 8—10 cm (rata-rata bobot 10,67 g/ekor) sebanyak 375 ekor (50 ekor/m²).

Pada bak makrofita dilengkapi dengan biofilter makrofita yang terdiri atas eceng gondok 1 kg, *Hydrilla* 1 kg, dan *Ceratophyllum* 1 kg/bak, serta kijing sebanyak 4,5 kg/bak.

Pakan diberikan hanya kepada ikan lele berupa pelet apung komersial dengan kandungan protein 28%—30%. Tingkat pemberian pakan sebesar 10% bobot biomassa per hari diberikan selama 2 minggu pertama, kemudian diturunkan menjadi 5% bobot biomassa per hari pada dua minggu berikutnya, dan diturunkan lagi menjadi 3% bobot biomassa per hari pada minggu ke-5 dan 6. Pemeliharaan dilakukan selama 6 minggu.

Perlakuan

Perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri atas empat perlakuan, yakni tiga perlakuan sistem heterotrofik dan satu perlakuan non heterotrofik sebagai kontrol. Perlakuan heterotrofik ditandai dengan pemberian molases sebagai sumber karbon dan penanaman ikan nila sebagai pemanen bakteri atau alga yang tumbuh.

Secara rinci, keempat perlakuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan Kontrol yakni tanpa penanaman ikan nila dan tanpa pemberian molases (selanjutnya disebut Kontrol).
2. Perlakuan Molases yakni pemberian molases di ruang nila, tanpa dilengkapi dengan aerasi, (selanjutnya disebut Molases).
3. Perlakuan Molases dan Aerasi, yakni pemberian molases di ruang nila, dan dilengkapi dengan aerasi sebesar 0,11 liter/detik, (selanjutnya disebut Molases+Aerasi).
4. Perlakuan Molases, Aerasi, dan Inokulasi yakni pemberian molases di ruang nila, dilengkapi dengan aerasi (0,11 liter/detik), dan diberikan inokulasi bakteri pada awal pemeliharaan (selanjutnya disebut Molases+Aerasi+Inokulasi).

Perlakuan 2, 3, dan 4 merupakan penerapan sistem heterotrofik sedangkan

perlakuan 1 (Kontrol) merupakan pemeliharaan ikan lele dengan resirkulasi biasa. Setiap perlakuan mempunyai dua ulangan.

Pemberian Molases

Pemberian molases dilakukan setiap hari pada ruang pemeliharaan ikan nila. Jumlah molases yang ditambahkan diperhitungkan mengikuti jumlah pakan yang diberikan sesuai metode perhitungan yang dikemukakan oleh Brune *et al.* (2003). Pada penelitian ini diasumsikan bahwa kandungan karbohidrat pada molases adalah 60,79% (WHFoods, 2007). Karbohidrat mengandung karbon sebanyak 40%.

Inokulasi Bakteri

Inokulasi bakteri dilakukan pada ruang pemeliharaan ikan nila untuk memacu pertumbuhan bakteri pada ruang tersebut. Biakan bakteri yang ditebar adalah biakan bakteri komersial yang tersedia di pasar. Biakan bakteri ini sebagian besar mengandung bakteri *Lactobacillus* sp., sedikit bakteri fotosintetik *Streptomyces* sp. dan ragi. Dosis yang diberikan adalah sesuai dengan yang disarankan yakni 12 mL/bak.

Pengamatan

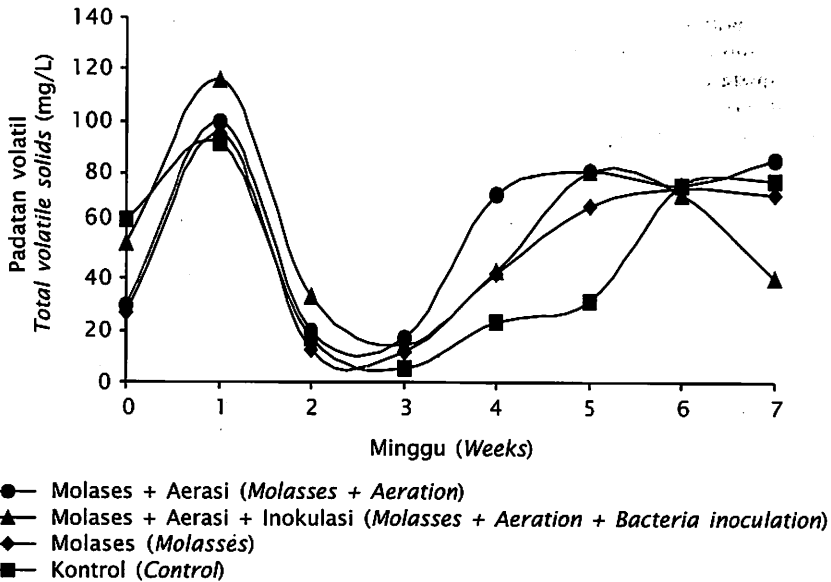
Pengamatan terhadap parameter-parameter kualitas air dilakukan setiap minggu. Padatan volatil (*Volatile Solid*/VS) diamati mengikuti prosedur standar APHA 2540 E, khlorofil-a diukur dengan metode spektrofotometrik (APHA 10200 H), amonia (NH₃), dan nitrat (NO₃) diukur mengikuti prosedur standar masing-masing APHA 4500-NH₃ F dan APHA 4500-NO₃ B. Adapun kadar oksigen terlarut diukur secara *in-situ* dengan DO-meter.

Pertumbuhan ikan dalam bentuk pertambahan bobot mutlak dihitung setiap minggu dengan mengukur bobot individu. Produksi ikan dihitung dengan menimbang seluruh biomassa ikan pada akhir penelitian.

HASIL DAN BAHASAN

Padatan Volatil (Volatile Solids/VS)

Konsentrasi padatan volatil dapat dipergunakan sebagai indikator populasi bakteri yang tumbuh di badan air. Pengamatan selama 7 minggu menunjukkan bahwa populasi bakteri untuk semua perlakuan menunjukkan pola pertumbuhan yang hampir seragam (Gambar 2). Populasi tumbuh pada minggu



Gambar 2. Kadar padatan volatil total (*Total Volatile Solids/TVS*) pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 2. *Total volatile solids (TVS) concentration in tilapia ponds for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text*

pertama kemudian menurun sampai dengan minggu ke-3. Setelah itu, populasi bakteri berangsur-angsur meningkat sampai dengan minggu ke-5. Pada akhir pengamatan, beberapa perlakuan menunjukkan adanya peningkatan populasi bakteri, sementara perlakuan Molases+Aerasi+Inokulasi menunjukkan kecenderungan adanya penurunan populasi bakteri. Pada awal penelitian, perlakuan Molases+Aerasi+Inokulasi menunjukkan perkembangan populasi bakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi bakteri berlangsung efektif yakni dapat meningkatkan populasi bakteri yang ada di dalam air. Pemberian molases dan aerasi memberikan kondisi lingkungan yang lebih baik bagi pertumbuhan bakteri yang ada.

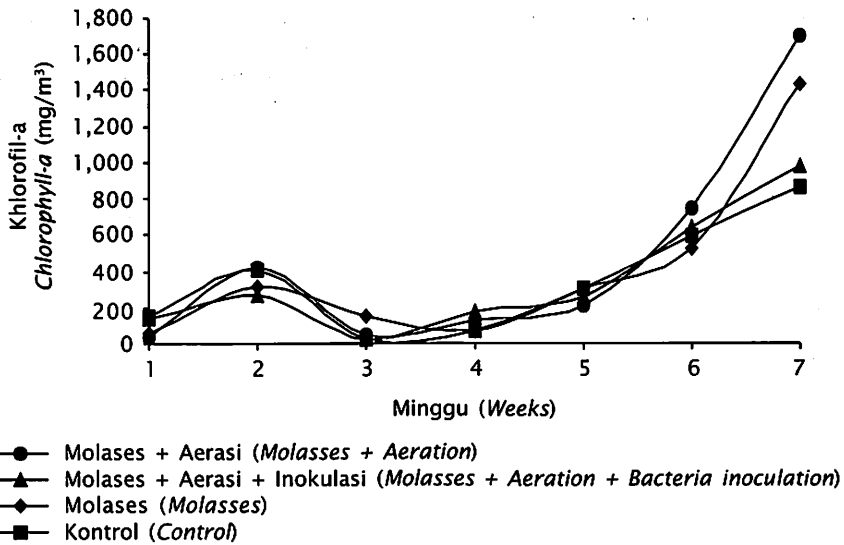
Dinamika populasi bakteri dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik, sumber karbon, dan pemangsaan oleh ikan. Pada minggu pertama, terjadi lonjakan populasi bakteri disebabkan pemangsaan oleh ikan belum berjalan efektif. Ikan nila masih dalam masa adaptasi terhadap jenis makanan bakteri. Setelah itu, pemangsaan oleh ikan mengakibatkan populasi bakteri menurun.

Penambahan sumber karbon yakni molases tidak mampu memacu pertumbuhan bakteri untuk mengimbangi pemangsaan oleh ikan. Setelah minggu ke-3, pertumbuhan bakteri terlihat meningkat yang berarti mulai timbul keseimbangan antara laju pertumbuhan bakteri dengan laju pemangsaan oleh ikan nila.

Pada akhir penelitian, kadar padatan volatil terlarut paling tinggi dicapai pada perlakuan Molases+Aerasi yakni mencapai 85,5 mg TVS/L. Sementara itu, perlakuan lainnya memperlihatkan kecenderungan menurun.

Klorofil-a

Kandungan klorofil-a menunjukkan populasi fitoplankton yang merupakan produsen primer di perairan. Dinamika kandungan klorofil-a di kolam pemeliharaan ikan lele ditunjukkan pada Gambar 3. Secara umum, kandungan klorofil-a mempunyai pola meningkat dari awal sampai akhir penelitian. Perlakuan heterotrofik mempunyai kandungan klorofil yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada akhir penelitian, perlakuan heterotrofik tanpa inokulasi bakteri (perlakuan Molases+Aerasi dan perlakuan Molases) mempunyai kandungan fitoplankton



Gambar 3. Kadar khlorofil-a pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan
Figure 3. Chlorophyll-a concentration in tilapia ponds for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text

yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan heterotrofik dengan inokulasi bakteri (perlakuan Molases+Aerasi+Inokulasi).

Jika dilihat bahwa perlakuan heterotrofik mempunyai populasi fitoplankton yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan Kontrol, hal ini dapat diartikan pemberian molases sebagai sumber karbon dengan dosis 13,91% jumlah pakan seperti pada penelitian ini belum cukup memenuhi rasio ideal untuk menggeser proses fotoautotrofik biosintesis alga menjadi heterotrofik biosintesis bakteri.

Amonia (NH₃) dan Nitrat (NO₃)

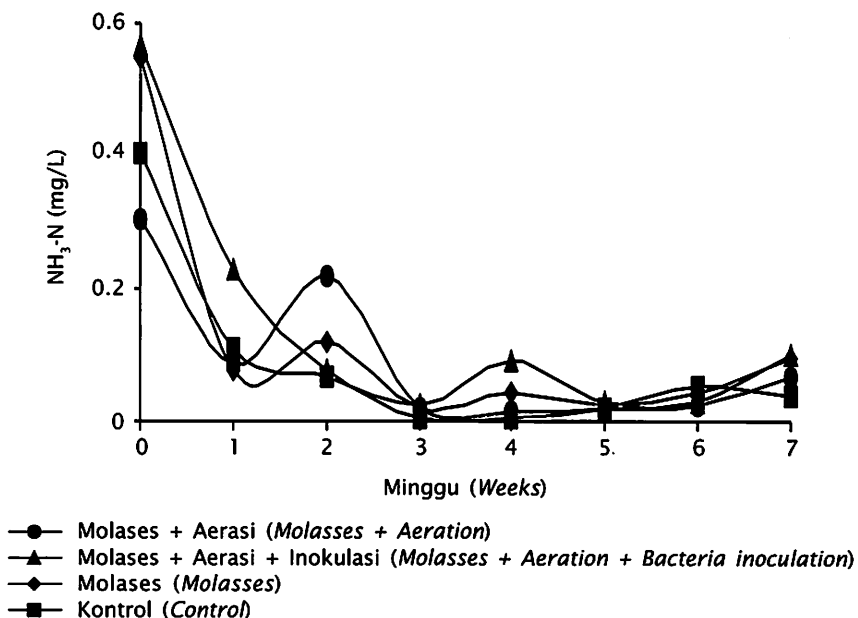
Amonia (NH₃) merupakan senyawa limbah metabolisme ikan. Melalui proses bakterial, senyawa ini akan diubah menjadi nitrit untuk selanjutnya diubah lagi menjadi nitrat (NO₃). Pada sistem heterotrofik, amonia akan diubah menjadi biomassa bakteri, jika rasio C:N di dalam air lebih tinggi dari 5 (Beristain, 2005). Kadar amonia dan nitrat pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu disajikan pada Gambar 4 dan 5.

Kadar amonia di ruang pemeliharaan ikan nila cenderung menurun dari awal sampai akhir penelitian (minggu ke-7). Pada semua perlakuan, kadar amonia setelah minggu ketiga selalu berada di bawah kadar 0,1 mg/L.

Penurunan kadar amonia terjadi antara lain karena adanya pemanfaatan oleh proses mikrobial. Menurut Brune *et al.* (2003), pemanfaatan amonia bisa terjadi dalam tiga proses utama yakni proses fotoautotrofik biosintesis alga yang menghasilkan biomassa alga, proses heterotrofik biosintesis bakteri yang menghasilkan biomassa bakteri dan proses kemoautotrofik nitrifikasi yang menghasilkan senyawa nitrit yang selanjutnya diubah lagi menjadi nitrat.

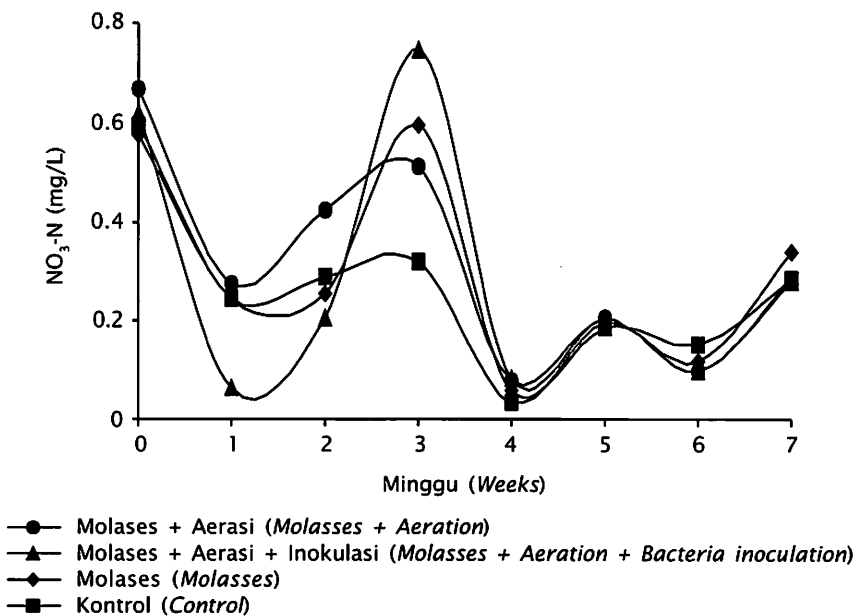
Kadar nitrat yang meningkat pada minggu ke-3 berkaitan erat dengan tingginya kadar amonia pada minggu kedua. Senyawa nitrat merupakan hasil akhir dari proses bakteriologis kemoautotrofik yakni bakteri nitrifikasi. Pada proses ini amonia terlebih dulu diubah menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas* sp. Selanjutnya nitrit diubah menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrococcus* sp. (Montoya & Velasco, 2000). Dengan asumsi bahwa proses nitrifikasi berjalan lancar.

Pada akhir penelitian, kadar nitrat pada semua perlakuan cenderung meningkat, serupa dengan kadar khlorofil-a. Hal ini menunjukkan bahwa proses biosintesis alga dan nitrifikasi berlangsung lebih baik dibandingkan dengan proses biosintesis bakteri. Penambahan molases pada penelitian



Gambar 4. Kadar amonia (NH₃) pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 4. Ammonium (NH₃) concentration in tilapia ponds for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text



Gambar 5. Kadar nitrat (NO₃) pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 5. Nitrate (NO₃) concentration in tilapia ponds for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text

ini sebanyak 13,91% jumlah pakan belum cukup meningkatkan rasio C:N sampai titik tertentu di mana proses bakterial terjadi lebih lancar.

Kadar Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen, DO)

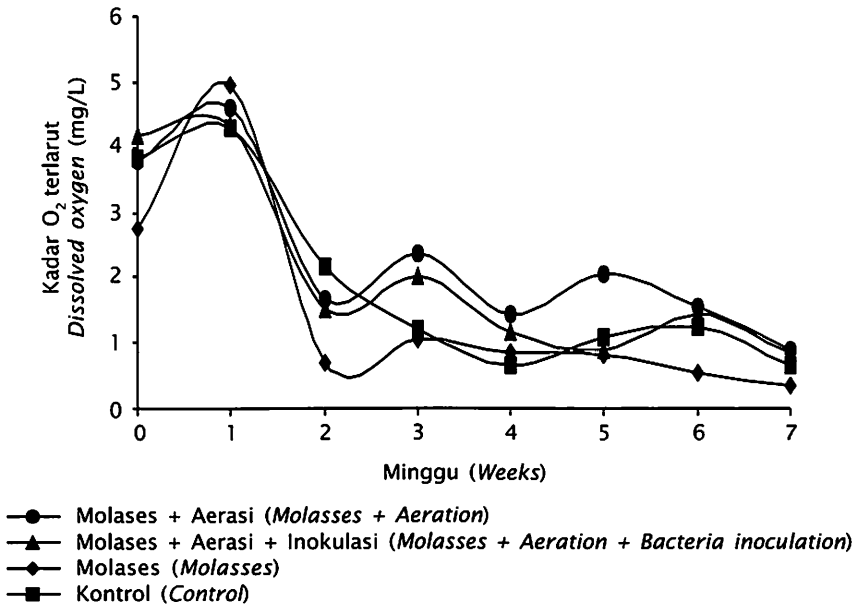
Kadar oksigen terlarut di dalam air yang cukup merupakan syarat utama untuk keberlangsungan proses-proses aerobik yang ada seperti respirasi biota akuatik dan proses bakterial aerobik. Pengamatan kadar oksigen terlarut pada ruang pemeliharaan ikan nila selama 7 minggu disajikan pada Gambar 6. Kadar oksigen terlarut cenderung menurun dari awal sampai akhir penelitian dan memperlihatkan pola yang tidak berbeda antar perlakuan. Pemberian aerasi yakni pada perlakuan-perlakuan Molases+Aerasi dan Molases+Aerasi+Inokulasi sebesar 0,11 L/detik relatif dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut meskipun tidak terlalu besar. Untuk menjamin kadar oksigen terlarut berada pada kisaran yang layak (lebih dari 3 mg/L), debit aerasi perlu ditambah, apalagi jika kepadatan ikan nila yang dipelihara juga meningkat.

Kadar oksigen terlarut yang relatif kurang mencukupi juga berpengaruh terhadap perkembangan populasi bakteri (Gambar 2). Pertumbuhan populasi fitoplankton (Gambar 3) yang cukup pesat pada periode akhir penelitian juga berperan dalam penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air karena pada malam hari fitoplankton membutuhkan oksigen untuk respirasi.

Pertumbuhan dan Produksi Ikan

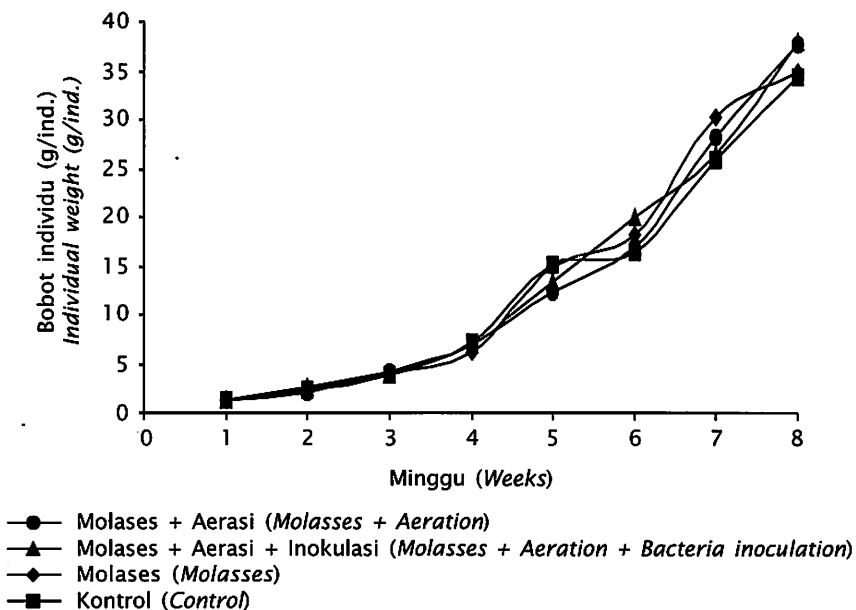
Ikan lele menunjukkan pertumbuhan dan produksi yang relatif tinggi selama 7 minggu pemeliharaan (Gambar 7 dan 8). Perbedaan perlakuan tidak menunjukkan adanya perbedaan pengaruh terhadap pertumbuhan ikan lele. Dapat dikatakan bahwa pertumbuhan ikan lele lebih ditentukan oleh pemberian pakan daripada oleh perbedaan perlakuan heterotrofik dan non heterotrofik. Dapat juga dikatakan bahwa kondisi pemeliharaan ikan lele cukup mendukung kehidupan dan pertumbuhan ikan lele.

Sintasan ikan lele selama 7 minggu berkisar 53%—65%. Kematian yang terjadi tidak terlihat dalam pengamatan setiap hari. Kemungkinan



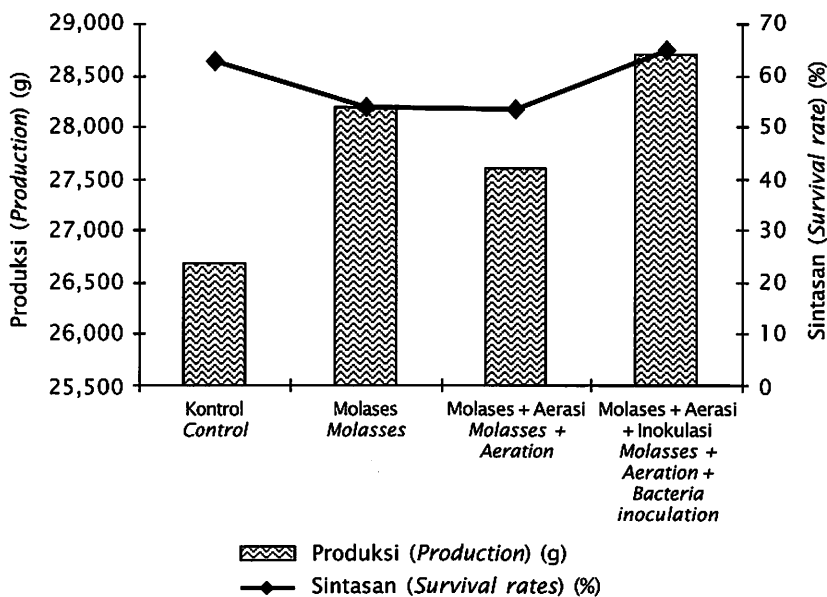
Gambar 6. Kadar oksigen terlarut (DO) pada ruang pemeliharaan ikan nila pada pagi hari selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 6. Dissolved oxygen (DO) concentration in tilapia ponds for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text



Gambar 7. Pertumbuhan individu ikan lele selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 7. Individual weight growth of catfish for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text



Gambar 8. Produksi dan sintasan ikan lele selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 8. Production and survival rates (SR) of catfish for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text. Dots (.) in production axe represent thousand value separator rather than decimal numbers in English

besar kematian yang terjadi adalah akibat kanibalisme antar ikan yang ada. Berkaitan dengan produksi, tingkat sintasan yang ada tidak berkorelasi linier dengan produksi yang diperoleh (Gambar 8).

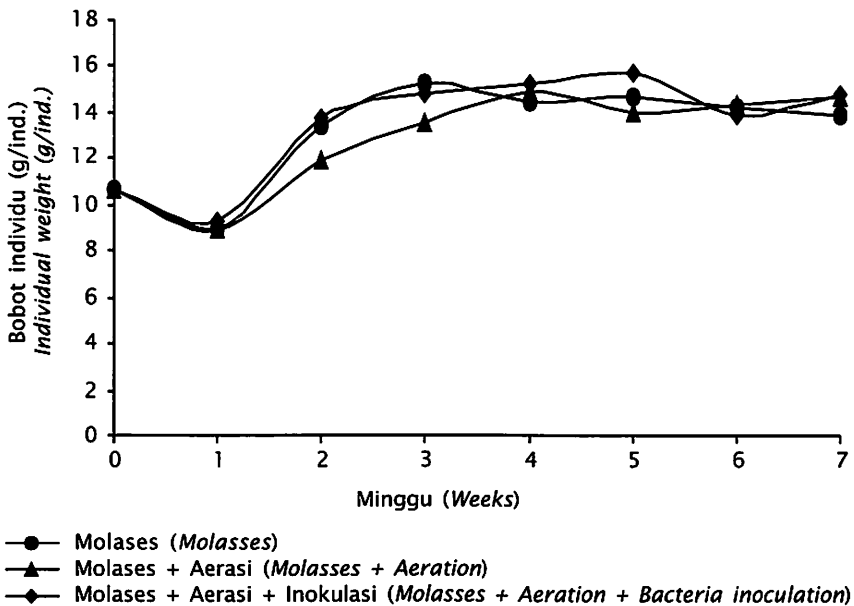
Hal yang berbeda terlihat pada pola pertumbuhan ikan nila (Gambar 9 dan 10). Pada penelitian ini, ikan nila tidak diberi pakan. Sumber pakan yang diharapkan adalah biomassa bakteri yang tumbuh pada sistem heterotrofik. Pada minggu pertama, ikan nila mengalami penurunan bobot individu. Hal ini diduga ikan nila masih berada dalam masa adaptasi terhadap pakan yang ada yakni bakteri. Setelah ikan mampu memangsa bakteri dan mencernanya, ikan nila mulai menunjukkan adanya pertumbuhan pada minggu kedua.

Pada minggu ketiga, ikan nila yang dipelihara pada perlakuan Molases (tanpa aerasi dan inokulasi bakteri) mulai menunjukkan penurunan pertumbuhan, sementara perlakuan yang lain masih mampu mempertahankan pertumbuhan ikan nila. Pada akhir penelitian, yakni minggu ke-7, pertumbuhan ikan nila cenderung stagnan atau menurun. Pertambahan tertinggi bobot

individu ikan nila dari awal sampai akhir penelitian rata-rata 30,53% diperoleh pada perlakuan Molases+Aerasi.

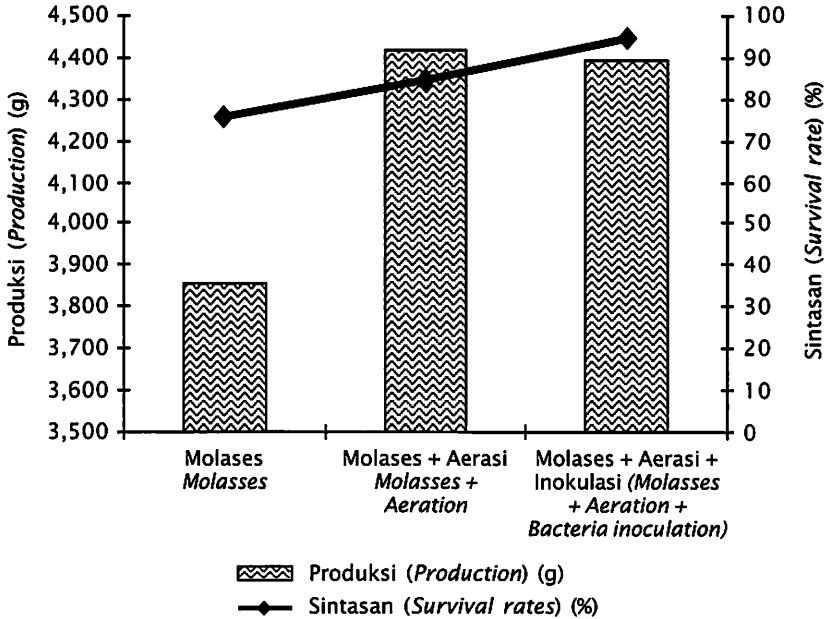
Penambahan aerasi dan inokulasi bakteri pada perlakuan heterotrofik mampu meningkatkan produksi ikan nila sebesar 13,96%—14,56% (Gambar 10). Pada perlakuan tanpa aerasi, yakni perlakuan Molases, produksi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini diduga disebabkan tingkat oksigen terlarut yang ada kurang mendukung pertumbuhan biomassa bakteri dalam sistem heterotrofik meskipun terdapat penambahan jumlah karbon. Penambahan molases hendaknya diikuti dengan penyediaan oksigen yang cukup untuk tumbuh bakteri yang diharapkan menjadi sumber makanan bagi ikan nila.

Dari kenyataan ini dapat diduga bahwa penambahan molases untuk memacu sistem heterotrofik dalam penelitian ini belum mampu mendukung pertumbuhan ikan nila dalam jangka panjang. Debit aerasi dan jumlah penambahan sumber karbon (molases) diperkirakan masih kurang dan perlu ditingkatkan pada penelitian-penelitian selanjutnya.



Gambar 9. Pertumbuhan individu ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 9. Individual weight growth of tilapia for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text



Gambar 10. Produksi dan sintasan ikan nila selama 7 minggu. Keterangan notasi perlakuan terdapat di dalam teks perlakuan

Figure 10. Production and survival rates (SR) of tilapia for 7 weeks. Detailed explanations for treatments are in the text. Dots (.) in production axe represent thousand value separator rather than decimal numbers in English

KESIMPULAN

Sistem heterotrofik yang diterapkan pada pemeliharaan ikan lele dapat memanfaatkan limbah amonia sehingga kadarnya dapat dipertahankan di bawah 0,1 mg/L NH_3 /L. Produksi biomassa bakteri yang dihasilkan dalam bentuk padatan volatil total (*total volatile solids, TVS*) mencapai 85,5 mg/L dan mampu mendukung pertumbuhan ikan nila hingga 30,53%. Pemberian aerasi dan inokulasi bakteri dapat meningkatkan produksi ikan nila sebesar 13,96%—14,56%. Penerapan sistem heterotrofik dalam pemanfaatan limbah amonia pada pemeliharaan ikan lele masih memerlukan kajian lebih lanjut dalam rangka optimalisasi keragaan sistem heterotrofik dalam mendukung sistem akuakultur nir-limbah (*zero-waste aquaculture*).

DAFTAR PUSTAKA

APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. Eaton, A.D., L.S. Clesceri, E.W. Rice, and A.E. Greenberg (Eds.). APHA, AWWA, and WEF. Washington, USA. p. 2.59—10.26.

Avnimelech, Y. and S. Mokady. 1988. Protein biosynthesis in circulated fishponds. In R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceeding 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. p. 301—309.

Avnimelech, Y., S. Diab, M. Kochva, and S. Mokady. 1992. Control and utilization of inorganic nitrogen in intensive fish culture pond. *Aquaculture and Fisheries Management*. 23: 421—430.

Avnimelech, Y. 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach *Aquacultural Engineering*, 34 (3) : 172—178. Abstract. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4C4G4N5TJ1..._version=1&_urlVersion=0&userid=10&md5=17a72dc27b1067a391f04537044b469b. Diakses pada 13 Agustus 2007.

Beristain, B.T. 2005. *Organic matter decomposition in simulated aquaculture ponds*. PhD

- Tesis. Fish Culture and Fisheries Group. Wageningen Institute of animal Sciences. Wageningen University, The Netherlands. 138 pp.
- Brune, D.E., G. Schwartz, A.G. Eversole, J.A. Collier, and T.E. Schwedler. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural Engineering*. 28: 65—86.
- Craigh, S. and L.A. Helfrich. 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Virginia Cooperative Extension Service Publication. 420-256: 1—4.
- Ebeling, J.M., M.B. Timmons, and J.J. Bisogni. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 257: 346—358.
- Liu, F. and W. Han. 2004. Reuse strategy of wastewater in prawn nursery by microbial remediation. *Aquaculture*. 230: 281—296.
- Metaxa, E., G. Deviller, P. Pagand, C. Alliaume, C. Casellas, and J.P. Blanceton. 2006. High rate algal pond treatment for water reuse in a marine fish recirculation system: Water purification and fish health. *Aquaculture*. 252: 92—101.
- Montoya, R. and M.Velasco. 2000. Role of bacteria on nutritional and management strategies in aquaculture systems. *The Advocate*, April 2000. p. 35—36.
- Schroeder, G.L. 1978. Autotrophic and heterotrophic production of micro-organism in intensely manured fish ponds, and related fish yields. *Aquaculture*. 14: 303—325.
- WHFoods. 2007. Blackstrap molasses, in-depth nutrient analysis. The World's Healthiest Foods. <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=nutrientprofile&dbid=85>. Diakses pada 16 Agustus 2007.