

## PERAN KROMIUM ( $\text{Cr}^{+3}$ ) DALAM KAITANNYA DENGAN BUDIDAYA IKAN BERWAWASAN LINGKUNGAN

### The Roles of Chromium ( $\text{Cr}^{+3}$ ) in relation to the Sustainable Fish Culture

Subandiyono

Laboratorium Nutrisi dan Manajemen Pakan, Jurusan Perikanan-Universitas Diponegoro  
Jl. Hayam Wuruk No. 4A Semarang 50241

Diserahkan : 30 Nopember 2004; Diterima : 25 Juli 2005

#### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan guna mengkaji peran suplementasi kromium trivalen ( $\text{Cr}^{+3}$ ) dalam pakan ikan gurami (*Osphronemus gouramy*, Lac.) dalam kaitannya dengan kegiatan budidaya ikan yang berkelanjutan. Kajian ditekankan pada produk metabolit bernitrogen dan pertumbuhan ikan yang dihasilkan selama 40 hari periode pemeliharaan. Penelitian ini menggunakan empat macam pakan masing-masing dengan kadar 0, 1.5, 3.2, dan 4.9 ppm  $\text{Cr}^{+3}$ . Ke empat pakan tersebut mengandung bahan ekstrak tanpa nitrogen 30%, protein 32%, dan nisbah total energi terhadap protein 8 kkal/g protein.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan yang mengkonsumsi pakan dengan kadar kromium 1.5 ppm  $\text{Cr}^{+3}$  mengekskresi limbah bernitrogen pada kadar yang paling rendah. Data menunjukkan bahwa kelompok ikan tersebut memanfaatkan karbohidrat pakan secara efektif sebagai sumber energi dan menggunakan protein pakan secara efisien untuk deposisi protein tubuh serta pertumbuhan. Disimpulkan bahwa suplementasi kromium dalam pakan sebesar 1.5 ppm  $\text{Cr}^{+3}$  dapat diterapkan dalam menunjang kegiatan budidaya ikan yang berwawasan lingkungan.

Kata kunci: kromium, gurami, budidaya perikanan berkelanjutan

#### ABSTRACT

This research was conducted to investigate the roles of trivalent chromium ( $\text{Cr}^{+3}$ ) supplementation into the diets of giant gouramy (*Osphronemus gouramy*, Lac.) in relation to the sustainable fish culture activities. The study was emphasized on the nitrogenous metabolic product and growth of the fish yielded for 40 days rearing period. The experiment used diets containing 0, 1.5, 3.2, and 4.9 ppm  $\text{Cr}^{+3}$ , respectively. The four levels of dietary chromium contained nitrogen free extract 30%, protein 32%, and protein to total energy ratio 8-kcal/g protein.

The results showed that the fish group fed on diet containing 1.5 ppm  $\text{Cr}^{+3}$  excreted the lowest nitrogenous waste. Data showed that the fish metabolized dietary carbohydrate effectively as an energy source and utilized dietary protein efficiently for the body protein deposition and growth. It was concluded that supplementation of chromium into a diet at 1.5 ppm  $\text{Cr}^{+3}$  could be applied to support the environmentally friendly fish culture activities.

Key words: chromium, gouramy, sustainable fisheries

#### PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, desakan internasional sangat kuat untuk menciptakan budidaya yang berwawasan lingkungan. Salah satunya dengan

meminimalkan limbah buangan dan limbah bernitrogen. Fenomena tersebut dapat dicapai melalui peningkatan efisiensi pemanfaatan karbohidrat-protein pakan. Peningkatan pemanfaatan karbohidrat sebagai sumber energi

## in Cromium dalam Budidaya (Subandiyono)

metabolisme dapat menunjang penggunaan protein secara maksimal untuk pertumbuhan ikan. Hal ini berarti bahwa pakan tersebut jadi lebih efisien dan limbah bernitrogen jadi lebih sedikit.

Baru beberapa dekade yang lalu, kromium trivalen ( $Cr^{+3}$ ) diakui sebagai baik bagi manusia, ruminansia dan non-ruminansia termasuk ikan (Hepher, 1988; McDowell 1992; Tz, 1993; NRC, 1997; Lukaski, 1999; Erwood and Suttle, 1999; Groff and Cooper, 2000; Xi *et al.*, 2001; Lall, 2002; Foster and Lim, 2002). Unsur ini merupakan unsur penting dari komponen logam organik (*anometallic compound*) yang dikenal sebagai faktor toleransi glukosa (*glucose tolerance factor*, GTF) (Mertz, 1979; Linder, 1982; NRC, 1997). Kromium trivalen berperan aktif dalam metabolisme melalui GTF. GTF kromium dapat memperkuat potensi insulin dalam pengangkutan glukosa ke dalam sel, memacu glikogenesis, lipogenesis, dan sintesis protein serta pengambilan asam amino ke dalam sel. Akhir-akhir ini, GTF dikenal sebagai kromodulin (*chromodulin*), suatu oligopeptida yang mengikat kromium dan berbobot molekul rendah (Vincent, 2000). Kromium trivalen, termasuk sebagai oligopeptida kromodulin, berperan aktif dalam metabolisme karbohidrat dan lemak secara normal (DeSilva dan Anderson, 1995; Watanabe *et al.*, 1997; Groff and Gropper 2000; Vincent, 2000; Cefalu *et al.*, 2002). Kromodulin tersebut berperan meningkatkan efisiensi kinerja insulin melalui peningkatan afinitas reseptor insulin (Vincent, 2000; Cefalu *et al.*, 2002). Peningkatan aktivitas insulin yang berkaitan dengan naiknya afinitas maupun kuantitas reseptor insulin akan mempercepat aliran glukosa darah ke dalam sel target untuk segera dimanfaatkan (Cefalu, 1997; Kegley *et al.*, 2000; Vincent, 2000; Cefalu *et al.*, 2001; Matthews *et al.*, 2003; Cefalu, 2001; Cefalu *et al.*, 2002). Pemanfaatan kromium dalam darah yang semakin cepat untuk memenuhi kebutuhan energi akan mengurangi metabolisme protein untuk energi sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan protein. Peningkatannya efisiensi penggunaan protein diharapkan akan meningkatkan deposisi protein di dalam tubuh, yang berarti terjadi pertumbuhan somatik yang lebih cepat dan perolehan bobot. Apabila protein dimanfaatkan dengan lebih efisien untuk pertumbuhan maka limbah bernitrogen dapat dikurangi (Subandiyono, 2001).

Penelitian ini bertujuan mengkaji peran kromium trivalen ( $Cr^{+3}$ ) sebagai suplemen pakan ikan dalam kaitannya dengan kegiatan budidaya ikan yang berwawasan lingkungan dengan contoh kasus pada pemeliharaan ikan gurami (*Osphronemus gouramy*, Lac.).

## METODA PENELITIAN

### Pakan

Pakan uji merupakan modifikasi dan pengembangan formula Mokoginta dkk, 1996 dan Suprayudi *et al.* 2000). Empat macam pakan dengan kandungan protein, bahan ekstrak tanpa nitrogen, lemak, dan nisbah energi terhadap protein sama, serta masing-masing dengan suplemen kromium trivalen berbeda, yaitu 0, 1.5, 3.2, dan 4.9 ppm  $Cr^{+3}$  digunakan pada penelitian ini (Tabel 1). Kromium diperoleh dari  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  yang telah diinkorporasikan menjadi kromium-ragi.

### Pemeliharaan Ikan

Ikan gurami berasal dari petani ikan di daerah Parung-Jawa Barat. Setelah diaklimatisasikan pada kondisi laboratorium selama satu bulan, sebanyak 120 ekor terseleksi sebagai ikan uji. Setiap perlakuan menggunakan 30 ekor yang diambil secara acak. Setiap perlakuan diulang tiga kali, sehingga kepadatan ikan ialah 10 ekor/akuarium. Bobot rata-rata ikan pada perlakuan 0, 1.5, 3.2, dan 4.9 ppm  $Cr^{+3}$  ialah masing-masing  $25.2 \pm 0.1$ ,  $25.5 \pm 0.0$ ,  $25.0 \pm 0.0$ , dan  $25.2 \pm 0.1$  gram/ekor. Ikan dipelihara pada sistem sirkulasi semi-tertutup selama 40 hari dan diberi pakan pada pagi dan sore hari sampai kenyang (*at satiation*). Selama penelitian, kualitas air yang meliputi suhu, kandungan oksigen terlarut, karbondioksida terlarut, pH, total amonia, nitrit, nitrat, alkalinitas, dan kesadahan berada pada kisaran yang cukup optimum untuk menunjang pertumbuhan ikan.

### Pengumpulan Peubah dan Analisis Kimia

Pada akhir penelitian dilakukan pengukuran kadar total amonia,  $CO_2$ , dan  $O_2$  terlarut. Analisis proksimat dan penimbangan bobot tubuh ikan dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Analisis proksimat dan kadar kromium pakan dilakukan pada awal penelitian. Bobot pakan yang dikonsumsi ikan ditimbang sekali setiap minggu.

Pengukuran total amonia terlarut dilakukan guna penentuan tingkat ekskresinya oleh ikan uji. Untuk itu, sembilan ekor ikan dari perlakuan yang sama diambil secara acak dan dibagi menjadi tiga kelompok masing-masing tiga ekor. Selanjutnya, ikan dari masing-masing kelompok tersebut dimasukkan ke dalam sebuah akuarium dan dipuasakan selama 48 jam. Pengambilan sampel air dilakukan setelah ikan diberi pakan satu kali secara *at satiation*. Pengukuran kadar total amonia terhadap air sampel tersebut dilakukan setiap jam selama 5 jam, dimulai setelah ikan berhenti makan (jam ke-0). Selama pengukuran berlangsung, akuarium ditutup di bagian atasnya dengan styrofoam; aerasi dan sirkulasi air dihentikan. Pengukuran juga dilakukan terhadap sampel air yang berasal dari akuarium tanpa ikan dengan ukuran dan pada rangkaian sistem yang sama. Pengukuran terhadap air dalam wadah tersebut digunakan sebagai kontrol. Kadar total amonia diukur dengan metode phenate (APHA *et al.* 1975), dan dibaca nilai absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm.

Pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> terlarut dilakukan guna penentuan nilai kuosien respiratori (*respiratory quotient*, RQ). Kuosien respiratori merupakan nisbah antara volume karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang diekspirasi dan volume oksigen (O<sub>2</sub>) yang diinspirasi selama periode yang sama (Anonymous, 1986; Brody, 1945; Kleiber, 1987). Pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> terlarut dilakukan terhadap sampel air dan dengan periode pengambilan sampel yang sama sebagaimana untuk pengukuran total amonia. Kadar CO<sub>2</sub> diukur dengan metode alkalimetri menggunakan indikator fenolftalin-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, sedangkan O<sub>2</sub> diukur dengan metode azide modifikasi dari Winkler (APHA *et al.*, 1975).

Penimbangan bobot tubuh dilakukan saat ikan masih dalam keadaan terbius. Penimbangan tersebut dilakukan guna menghitung nilai pertumbuhan. Pertumbuhan relatif selama periode pemeliharaan dihitung menggunakan rumus Takeuchi, 1988).

Analisis proksimat ikan dilakukan guna penghitungan nilai deposisi nutriennya. Sampel berasal dari ikan baik pada awal maupun akhir penelitian. Untuk itu, sebanyak enam ekor ikan pada awal penelitian dan dari setiap perlakuan yang sama pada akhir penelitian diambil secara acak dan dibagi menjadi tiga kelompok masing-

masing dua ekor. Selanjutnya, masing-masing kelompok ikan tersebut dikeringkan dan digiling halus sebelum dianalisis. Protein, karbohidrat, dan lemak dianalisis secara proksimat dengan mengikuti prosedur standar [Takeuchi, 1988]. Berdasarkan pada data tersebut dan data perolehan bobot tubuh maka dapat dikalkulasi besarnya deposisi protein dalam tubuh selama penelitian. Analisis kadar kromium pakan dilakukan menurut prosedur Takeuchi (1988).

#### Analisis Statistik

Penelitian ini disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Data ekskresi total amonia, pertumbuhan, dan deposisi protein pada akhir penelitian dianalisis dengan menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan uji Tukey pada selang kepercayaan 95% menggunakan program SPSS 12.0. Nilai kuosien respiratori dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Total amonia yang dieksekresi oleh setiap kilogram bobot tubuh ikan per 100 gram bobot pakan kering yang dikonsumsi selama periode waktu 5 jam, nilai pertumbuhan relatif, deposisi protein, dan kuosien respiratori ikan setelah dipelihara dan diberi pakan dengan kadar suplemen kromium berbeda selama 40 hari disajikan pada Tabel 2.

Ikan pada perlakuan 0 dan 4.9 ppm Cr<sup>+3</sup> mengeksekresi limbah nitrogen sebagai total amonia pada tingkat yang jauh lebih tinggi dibandingkan ikan pada perlakuan 1.5 dan 3.2 ppm Cr<sup>+3</sup> ( $p < 0.05$ ). Pertumbuhan ikan pada perlakuan 1.5 ppm Cr<sup>+3</sup> lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya ( $p < 0.05$ ), sedangkan perlakuan 3.2 dan 4.9 ppm Cr<sup>+3</sup> tidak berbeda terhadap kontrol. Nilai kuosien respiratori perlakuan 1.5 dan 3.2 ppm Cr<sup>+3</sup> berbeda terhadap kontrol. Nilai tersebut pada perlakuan 1.5 dan 3.2 ppm Cr<sup>+3</sup> mendekati 1.0, sedangkan pada kontrol maupun perlakuan 4.9 ppm Cr<sup>+3</sup> mendekati 0.8. Ikan pada perlakuan 1.5 ppm Cr<sup>+3</sup> menghasilkan nilai deposisi protein yang lebih tinggi dibandingkan nilai pada kontrol ( $p < 0.05$ ).

### Pembahasan

Ekskresi total amonia ikan selama 5 jam setelah makan memperlihatkan bahwa produksi

ubah bernitrogen ikan pada pakan berkadar kromium 1.5 dan 3.2 ppm  $Cr^{+3}$  dapat ditekan. Sebaliknya terjadi pada ikan yang mengkonsumsi pakan tanpa maupun dengan elemen kromium 4.9 ppm  $Cr^{+3}$ , yang mengindikasikan adanya katabolisme protein serta penurunan efisiensi pemanfaatan protein pakan. Oleh sebab itu, deposit protein ikan pada pakan berkadar kromium 1.5 ppm  $Cr^{+3}$  lebih tinggi dibandingkan nilai pada ikan dengan pakan kontrol ( $p < 0.05$ ) (Tabel 2). Pada tingkat pakan, fenomena tersebut terkait dengan kemampuan ikan dalam memanfaatkan karbohidrat pakan secara lebih efisien sebagai sumber energi, meningkatkan deposisi protein, menurunkan ekskresi total amonia, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi pemanfaatan protein pakan untuk pertumbuhan. Selain itu, juga peran kromium pada sintesis protein, dan selanjutnya pada pertumbuhan, berkaitan dengan perannya terhadap insulin pada peningkatan pengambilan asam amino oleh ikan, kemampuannya melindungi RNA dari denaturasi panas, dan meningkatkan sintesis DNA (NRC, 1997, Xi *et al.*, 2001).

Nilai kuosien respiratori ikan pada pakan kadar kromium 1.5 ppm  $Cr^{+3}$  dan 3.2 ppm  $Cr^{+3}$ , yang masing-masing sebesar  $0.97 \pm 0.01$  dan  $0.95 \pm 0.02$ , mengindikasikan sumber energi metabolik didominasi oleh karbohidrat, sedangkan nilai pada ikan dengan pakan kontrol pada kromium sebesar  $0.86 \pm 0.01$  dan dengan pakan berkadar kromium 4.9 ppm  $Cr^{+3}$  sebesar  $0.5 \pm 0.01$  mengindikasikan bahwa selain karbohidrat sejumlah protein juga dimanfaatkan sebagai sumber energi (Brody, 1945; Kleiber, 1975). Asumsi ini diperkuat dengan tingginya ekskresi bernitrogen oleh ikan yang mengkonsumsi pakan tanpa dan dengan kromium 4.9 ppm  $Cr^{+3}$  dibandingkan dengan pakan berkadar kromium 1.5 dan 3.2 ppm  $Cr^{+3}$  (Tabel 2). Berdasarkan fenomena yang terjadi pada nilai kuosien respiratori maupun pola ekskresi total amonia memperkuat dugaan bahwa suplementasi kromium ke dalam pakan ikan hingga tingkat optimal tertentu mampu meminimumkan limbah nitrogen anorganik yang terbuang ke dalam lingkungan (Subandiyono, 2001). Penurunan limbah nitrogen berarti pula mendukung peningkatan deposisi protein, yang berarti pula efisiensi pemanfaatan protein pakan untuk protein tubuh.

Suplementasi kromium trivalen ( $Cr^{+3}$ ) ke dalam pakan hingga tingkat optimal tertentu mampu meningkatkan pertumbuhan ikan gurami. Fenomena ini berkaitan dengan kemampuan kromium trivalen, terutama dalam bentuk Cr-organik, dalam meningkatkan potensi kinerja insulin (NRC, 1997; Guan *et al.*, 2000; Vincent, 2000; Cefalu *et al.*, 2002). Aktivitas insulin yang meningkat akan meningkatkan aliran glukosa dalam darah menuju sel-sel target untuk segera dipergunakan sebagai energi metabolik (NRC, 1997; MacKenzie *et al.*, 1998; Kegley *et al.*, 2000; Vincent, 2000; Besong *et al.*, 2001; Matthews *et al.*, 2003; Moon, 2001; Cefalu *et al.*, 2002). Pada penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai pertumbuhan ikan yang mengkonsumsi pakan berkadar kromium 1.5 ppm  $Cr^{+3}$  lebih besar dibandingkan nilai dengan pakan kontrol ( $p < 0.05$ ) (Tabel 2).

Suplementasi kromium pada tingkat yang lebih tinggi tidak selalu memberikan respons biologis yang lebih baik, namun dapat sama atau bahkan berakibat sebaliknya (Underwood and Suttle, 1999; Groff and Gropper, 2000; Lall, 2002). Suplementasi kromium yang lebih tinggi seperti pada pakan dengan kadar kromium 3.2 dan 4.9 ppm  $Cr^{+3}$  cenderung menurunkan deposisi protein dan pertumbuhan dibandingkan suplementasi kromium pada kadar 1.5 ppm  $Cr^{+3}$ . Fenomena fisiologis sebagaimana terjadi pada ekskresi total amonia dapat menjelaskan hal tersebut. Selain itu, peningkatan mineral esensial  $Cr^{+3}$  dapat menekan fungsi biologis salah satu mineral esensial lainnya yang menggunakan agen pembawa (*carrier*) yang sama, dan dalam hal ini adalah transferin yang berperan sebagai *carrier* ion  $Fe^{+3}$  (Linder, 1992; Vincent, 2000; Hastuti, 2004) mendapatkan bahwa kadar  $Cr^{+3}$  pakan yang lebih tinggi menekan kadar  $Fe^{+3}$  darah. Selain itu diduga, kromium pada konsentrasi tinggi juga menekan fungsi berbagai mineral lain dalam saluran pencernaan pada proses penyerapan nutrisi, misalnya  $Na^+$  pada sistem pompa sodium (*sodium pump*). Konsekuensi lanjut dari fenomena tersebut adalah nilai deposisi protein dan pertumbuhan yang cenderung lebih rendah. Hasil serupa juga dijumpai pada penelitian Hastuti, 2004). Suplemen kromium-ragi pada tingkat yang lebih tinggi dari kebutuhan optimum menurunkan pertumbuhan ikan gurami.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Suplemen kromium trivalen dalam bentuk kromium-ragi sebesar 1.5 ppm Cr<sup>+3</sup> pada

pakan ikan berperan penting dalam menunjang budidaya ikan berwawasan lingkungan pada kasus ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) yang diindikasikan dengan penurunan produk limbah bernitrogen dan peningkatan pertumbuhan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ketua tim Hibah Bersaing XI, Dr. Eddy Supriyono, yang telah mengalokasikan dana untuk penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ing Mokoginta, Dr. Enang Harris, Prof.Dr. Toha Sutardi, dan Prof.Dr. Wasmen Manalu atas kritik dan saran demi penyempurnaan penulisan ini. Juga, kepada Dr. Sri Hastuti atas segala kontribusinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- (APHA) American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1975. "Standard methods for the examination of water and wastewater". 14<sup>th</sup> Ed., APHA, Washington, D.C., 1193 pp.
- (NRC] National Research Council. 1997. "The role of chromium in animal nutrition". National Acad. Press, Washington, D.C., USA, 80 pp.
- Anonimous. 1986. "Longman dictionary of scientific usage". Longman Group Ltd., Hong Kong, 684 pp.
- B. Hopher. 1988. "Nutrition of pond fishes". Cambridge Univ. Press, Cambridge, New York, USA. 388 pp.
- C.D. Webster and C.E. Lim. 2002. "Introduction to fish nutrition", p.1-27, in *Nutrient Requirement and Feeding of Finfish for Aquaculture* (ed by C.D. Webster and C.E. Lim), CABI Pub., Oxon, UK.
- D.S. MacKenzie, C.M. VanPutte and K.A. Leiner. 1998. "Nutrient regulation of endocrine function in fish". *Aquaculture*, 161:3-25.
- E.B. Kegley, D.L. Galloway and T.M. Fakler. 2000. "Effect of chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers". *J. Anim. Sci.*, 78:3177-3183.
- E.J. Underwood and N.F. Suttle. 1999. "The mineral nutrition of livestock". 3<sup>rd</sup> Ed. CABI Pub., Oxon, UK, 624 pp.
- G. Xi, Z. Xu, S. Wu and S. Chen. 2001. "Effect of chromium picolinate on growth performance, carcass characteristics, serum metabolites and metabolism of lipid in pigs". *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 14:155-296.
- H.C. Lukaski. 1999. "Chromium as supplement". *Annu. Rev. Nutr.*, 19:279-302.
- I. Mokoginta, M.A. Suprayudi dan M. Setiawati, 1996: *Kebutuhan nutrisi ikan gurame (Osphronemus gouramy Lac.) untuk pertumbuhan dan reproduksi*. Lap. Pen. HB. II/4, Dirbinlitabmas, Dikti, Depdikbud. IPB (tidak dipublikasikan).
- J.B. Vincent. 2000. "The biochemistry of chromium". *J. Nutr.*, 130:715-718.
- J.L. Groff and S.S. Gropper. 2000. "Advanced nutrition and human metabolism". 3<sup>rd</sup> Ed. Wadsworth-Thomson Learning, Belmont, USA, 584 pp.
- J.O. Matthews, A.D. Higbie, L.L. Southern, D.F. Coombs, T.D. Bidner and R.L. Odgaard. 2003. "Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs". *J. Anim. Sci.*, 81:191-196.
- L.R. McDowell. 1992. "Minerals in animal and human nutrition". Acad. Press, Inc., San Diego, 524 pp.
- M. Kleiber. 1987. "The fire of life – An Introduction to Animal Energetics". Robert E. Krieger Pub. Co., Malabar, Florida, 453 pp.
- M.A. Suprayudi, T. Takeuchi, I. Mokoginta and T. Kartikasari. 2000. "The effect of additional arginine in the high defatted soybean meal diet on the growth of giant

## Peran Cromium dalam Budidaya (Subandiyono)

- gouramy *Osphronemus gouramy* Lac". *Fish. Sci.*, 66:807-811.
- M.C. Linder. 1992. *Nutrisi dan metabolisme karbohidrat*, hal.27-58, dalam *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme* (ed by M.C. Linder), (Translated from English by A. Parakkasi), (Terjemahan). UI-Press, Jakarta, Indonesia.
- S. Besong, J.A. Jackson, D.S. Trammell and V. Akay. 2001. "Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet". *J. Dairy Sci.*, 84:1679-1685.
- S. Brody. 1945. "Bioenergetics and growth". Reinhold Pub. Co., New York, USA, 1023 pp.
- S. Hastuti. 2004: *Respons fisiologis ikan gurami (Osphronemus gouramy) yang diberi pakan mengandung kromium-Ragi terhadap penurunan suhu lingkungan*. Disertasi Doktor, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (tidak dipublikasikan).
- S.P. Lall. 2002. "The minerals", p.259-308, in *Fish Nutrition* (ed by J.E. Halver and R.W. Hardy), Acad. Press, San Diego, California, USA.
- S.S. DeSilva and T.A. Anderson. 1995. "Fish nutrition in aquaculture". Chapman & Hall, London, UK, 319 pp.
- Subandiyono. 2001. "Potensi kromium (Cr) terhadap aktivitas insulin, metabolisme nutrien dan efisiensi pakan pada ikan". *Aquaculture Indonesia*, 2:159-164.
- T. Takeuchi. 1988. "Laboratory work--- Chemical Evaluation of Dietary Nutrients, p.179-229, in *Fish Nutrition and Mariculture* (ed by T. Watanabe), JICA, Tokyo Univ. Fish.
- T. Watanabe, V. Kiron and S. Satoh. 1997. "Trace minerals in fish nutrition". *Aquaculture*, 151:185-207.
- T.W. Moon. 2001. "Glucose intolerance in teleost fish: Fact or Fiction?". *Comp. Biochem. Physiol.* 129B:243-249.
- W. Mertz. 1979. "Chromium - An Overview", p.1-14, in *Chromium Nutrition and Metabolism*. (ed by D. Shapcott and J. Hubert), Elsevier/ North-Holland Biomed. Press, Amsterdam, The Netherlands.
- W. Mertz. 1993. "Chromium in human nutrition: A Review". *J. Nutr.*, 123:626-633.
- W.T. Cefalu, Z.Q. Wang, X.H. Zhang, L.C. Baldor and J.C. Russell 2002. "Oral chromium picolinate improves carbohydrate and lipid metabolism and enhances skeletal muscle GLUT-4 translocation in obese, hyperinsulinemic (JCR-LA Corpulent) rats". *J. Nutr.*, 132:1107-1114.
- X. Guan, J.J. Matte, P.K. Ku, J.L. Snow, J.L. Burton and N.L. Trottier. 2000. "High chromium yeast supplementation improves glucose tolerance in pigs by decreasing hepatic extraction on insulin". *J. Nutr.*, 130:1274-1279.

Tabel 1. Komposisi bahan, proksimat, energi, dan kromium pakan uji pada penelitian dengan ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) \*

Bahan (%)	Pakan dengan Kadar Kromium (ppm Cr <sup>+3</sup> )			
	0	1.5	3.2	4.9
Tepung ikan	22.4	22.4	22.4	22.4
Tepung kedelai	37.8	37.8	37.8	37.8
Tepung terigu	10.5	10.5	10.5	10.5
Minyak ikan	4.1	4.1	4.1	4.1
Minyak jagung	2.5	2.5	2.5	2.5
Vitamin **	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral ***	5.9	5.9	5.9	5.9
Ragi (0 ppm Cr <sup>+3</sup> )	0.50	0.33	0.17	0
Kromium-ragi (900 ppm Cr <sup>+3</sup> )	0	0.17	0.33	0.50
Selulosa	12.6	12.6	12.6	12.6
Carboxymethyl cellulose	1.9	1.9	1.9	1.9
Komposisi proksimat, energi, dan kromium:				
Protein (%)	32.7	32.6	32.8	32.7
Bahan ekstrak tanpa nitrogen (%)	29.2	29.1	29.2	29.1
Lemak (%)	9.3	9.6	9.6	9.6
Serat kasar (%)	19.9	19.7	19.4	19.5
Energi (kkal) ****	262.4	264.9	265.8	265.0
Kromium (ppm Cr <sup>+3</sup> )	0	1.5	3.2	4.9

Keterangan:

\*Perhitungan berdasarkan bobot kering. \*\*Dalam mg/kg pakan: vit. B<sub>1</sub> 60; vit. B<sub>2</sub> 100; vit. B<sub>6</sub> 40; vit. B<sub>12</sub> 100; vit. C 2000; vit. K<sub>3</sub> 50; vit. A/D<sub>3</sub> 400; vit. E 200; Ca-pantotenat 100; inositol 2000; biotin 300; asam folat 15; niasin 400; kolin klorida 500. \*\*\*Dalam g/kg pakan: MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 7.5; NaCl 0.5; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 12.5; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 16.0; CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 6.53; Fe sitrat 1.25; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.1765; MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.081; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.0155; KIO<sub>3</sub> 0.0015; CoSO<sub>4</sub> 0.0003. \*\*\*\*Protein = 3.5 kkal/g; Bahan ekstrak tanpa nitrogen = 2.5 kkal/g; Lemak = 8.1 kkal/g.

Tabel 2. Berbagai parameter penggunaan pakan pada ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) setelah 40 hari periode pemeliharaan.

Parameter	Pakan dengan Kadar Kromium (ppm Cr <sup>+3</sup> )			
	0	1.5	3.2	4.9
Eks. Tot. Amonia (g/kg BT/100 g pakan)	380.3±52.7 <sup>b</sup>	132.4±46.3 <sup>a</sup>	146.7±20.1 <sup>a</sup>	400.1±40.1 <sup>b</sup>
Pertumbuhan Relatif (%)	193.9± 3.4 <sup>a</sup>	254.9± 4.8 <sup>b</sup>	196.6± 8.2 <sup>a</sup>	195.3± 3.9 <sup>a</sup>
Deposisi Protein (g)	77.2± 2.3 <sup>a</sup>	103.7±12.1 <sup>b</sup>	85.4± 2.3 <sup>a</sup>	90.5± 2.6 <sup>ab</sup>
Kuosien Respiratori	0.86±0.01	0.97±0.01	0.95±0.02	0.85± 0.01

Huruf superskrip yang sama pada lajur yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda (p > 0.05)