

Peran Suplemen Kromium-Ragi dalam Pemanfaatan Karbohidrat Pakan dan Pertumbuhan Ikan Gurami

Roles Yeast-Chromium Supplement on Dietary Carbohydrate Utilization and Growth of Giant Gouramy

SUBANDIYONO^{1*}, ING MOKOGINTA¹, ENANG HARRIS¹, TOHA SUTARDI²

¹Departemen Budi Daya Perairan, FPIK, ²Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fapet, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680

Diterima 28 Oktober 2003/Disetujui 5 Januari 2004

Four diets containing equal protein, nitrogen free extract (NFE), lipid, and energy/protein (E/P) ratio with supplementation of yeast-chromium containing four level of Cr⁺³ diet, i.e. 0, 1.5, 3.0, and 4.5 ppm were used in this experiment. The fish fed on diet Cr⁺³ 1.5 ppm was able to utilize dietary carbohydrate more effectively and produce greater daily growth rate than the one fed on diet Cr⁺³ 0 ppm (control). The peak point of blood glucose level of diet Cr⁺³ 1.5 ppm was found at 3 hours postprandial. Prolonged peak point occurred for diets Cr⁺³ 3.0, 4.5, and 0 ppm, which were found at 4, 7, and 11 hours postprandial, respectively. The respiratory quotient (RQ) values and total ammonia excretion of diet Cr⁺³ 1.5 ppm indicated that dietary carbohydrate was metabolized effectively as energy source and dietary protein was utilized efficiently for body protein deposit instead of nitrogenous waste product. It was suggested that supplementation of yeast-chromium containing Cr⁺³ 1.5 ppm was considered as an optimum level for producing greater weight gain in giant gouramy (*Osphronemus gouramy*).

PENDAHULUAN

Baru beberapa dekade yang lalu, kromium trivalensi (Cr⁺³) diakui sebagai unsur kelumit yang bersifat esensial, baik untuk manusia, ruminansia, dan nonruminansia termasuk ikan (Mertz 1993; NRC 1997; Lukaski 1999; Xi *et al.* 2001). Unsur ini merupakan bagian penting dari komponen logam organik yang dikenal sebagai faktor toleransi glukosa (*glucose tolerance factor*, GTF). Akhir-akhir ini, faktor toleransi glukosa tersebut diketahui sebagai kromodulin (*chromodulin*), suatu oligopeptida yang mengikat kromium dan berbobot molekular rendah (Vincent 2000). Kromium trivalensi, terutama sebagai oligopeptida kromodulin, penting dalam metabolisme karbohidrat dan lipid secara normal (Watanabe *et al.* 1997; Groff & Gropper 2000; Vincent 2000; Cefalu *et al.* 2002). Kromodulin tersebut berperan meningkatkan potensi kinerja insulin melalui peningkatan sensitifitas situs reseptor insulin (Vincent 2000; Cefalu *et al.* 2002).

Penelitian mengenai peran kromium untuk ikan mulai dirintis sejak tahun 90-an terutama menggunakan kromium dalam bentuk anorganik seperti CrCl₃, CrCl₃·6H₂O ataupun Cr₂O₃ (Hertz *et al.* 1989; Shiau & Chen 1993; Shiau & Lin 1993; Shiau & Liang 1995; Subandiyono *et al.* 2003). Berdasarkan pada hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa suplementasi kromium trivalensi hingga tingkat optimum tertentu mampu meningkatkan keefektifan pemanfaatan karbohidrat pakan serta efisiensi penggunaan protein pakan untuk pertumbuhan ikan.

Pada penelitian ini dikaji kemampuan kromium trivalensi organik yang berbentuk kromium-raji dalam peningkatan pemanfaatan karbohidrat pakan serta pertumbuhan ikan gurami (*Osphronemus gouramy* Lac.).

BAHAPAN METODE

Pakan. Empat macam pakan dengan kandungan protein, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), lemak, dan nisbah energi/protein (E/P) yang sama dengan suplemen Cr⁺³ berbeda, yaitu 0.0, 1.5, 3.0, dan 4.5 ppm digunakan pada penelitian ini (Tabel 1). Kromium dalam pakan uji ini berasal dari produk merek dengan nomor katalog 2487 yang dikombinasikan dengan ragi, yaitu kromium-raji dengan kadar Cr⁺ 0 dan 900 ppm.

Pemeliharaan Ikan. Ikan gurami yang digunakan berasal dari petani ikan di Parung dengan kisaran bobot antara 20-30 g/ekor, sebanyak 200 ekor. Setiap perlakuan menggunakan 30 ekor yang diambil secara acak. Bobot rata-rata ikan pada perlakuan Cr⁺³ 0, 1.5, 3.0, dan 4.5 ppm ialah masing-masing 24.5 ± 0.48, 24.1 ± 0.40, 24.0 ± 0.49, dan 23.9 ± 0.46 g/ekor. Kepadatan ikan ialah 10 ekor/akuarium dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Sisa ikan sebanyak 80 ekor diperlukan sebagai ikan stok untuk tambahan sampel darah ke-4 perlakuan. Dengan demikian dibutuhkan 20 akuarium bervolume 100 liter. Ikan dipelihara selama 40 hari dan diberi pakan pada pagi dan sore hari sampai kenyang. Kotoran ikan dan limbah organik lainnya disifon setiap hari. Penggantian air dilakukan setiap hari hingga ± 50% dari total volume.

*Penulis untuk korespondensi, E-mail: subandiyono@yahoo.com

Tabel 1. Komposisi bahan dan proksimat pakan uji (dalam % bobot kering) dengan suplemen empat perlakuan kromium-ragi

Bahan pakan	Kadar kromium (ppm)			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Tepung ikan	21.03	21.03	21.03	21.03
Tepung kedelai	35.54	35.54	35.54	35.54
Tepung terigu	23.93	23.93	23.93	23.93
Minyak ikan	2.12	2.12	2.12	2.12
Minyak jagung	1.26	1.26	1.26	1.26
Vitamin*	2.00	2.00	2.00	2.00
Mineral**	5.87	5.87	5.87	5.87
Kromium-Ragi (Cr ⁺³ 0 ppm)	0.50	0.33	0.17	0.00
Kromium-Ragi (Cr ⁺³ 900 ppm)	0.00	0.17	0.33	0.50
Selulosa	5.90	5.90	5.90	5.90
Carboxymethyl Cellulose	1.85	1.85	1.85	1.85
Komposisi proksimat:				
Protein	32.55	32.53	32.79	32.48
BETN	39.30	40.50	40.73	41.85
Lemak	6.33	6.26	6.22	6.17
Serat Kasar	9.16	8.32	7.77	7.11
Energi (kkal)***	263.43	265.79	266.95	268.32

*Dalam mg/kg pakan: vitamin B₁ 60, vitamin B₂ 100, vitamin B₆ 40, vitamin B₁₂ 100, vitamin C 2000, vitamin K₃ 50, vitamin A/D₃ 400, vitamin E 200, Ca-pantotenat 100, inositol 2000, biotin 300, asam folat 15, niasin 400, kolin klorida 500; **Dalam g/kg pakan: MgSO₄·7H₂O 7.5, NaCl 0.5, NaH₂PO₄·2H₂O 12.5, KH₂PO₄ 16.0, CaHPO₄·2H₂O 6.53, Fe sitrat 1.25, ZnSO₄·7H₂O 0.1765, MnSO₄·4H₂O 0.081, CuSO₄·5H₂O 0.0155, KIO₃ 0.0015, CoSO₄ 0.0003; ***Protein: 3.5 kkal/g, BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen): 2.5 kkal/g, Lemak: 8.1 kkal/g

Pengamatan. Pada akhir penelitian semua ikan ditimbang secara individu guna penghitungan nilai laju pertumbuhan harian individu rata-rata (LPH) dan nilai efisiensi pakan (EP). Selama proses penimbangan berlangsung ikan dibius dengan etil m-aminobenzoat metanesulfonat (MS222) 12.5 ppm. LPH dihitung menggunakan rumus Huisman (1976), EP dihitung menggunakan rumus NRC (1977). $LPH = \{(W_t/W_0)^{1/t} - 1\} \times 100$ dan $EP = (W_t + D + W_0)/F \times 100$; dengan W_t ialah bobot ikan pada akhir penelitian (g), W_0 ialah bobot pada awal penelitian (g), t ialah lama waktu pemeliharaan (hari), D ialah bobot ikan yang mati (g), dan F ialah bobot pakan yang dikonsumsi (g).

Sampel darah diperlukan guna pengukuran kadar glukosa dan trigliserida darah. Ikan dari semua ulangan serta ikan stok pada perlakuan yang sama dipindahkan ke dalam satu wadah, dan dibagi secara acak menjadi 10 kelompok masing-masing 5 ekor, setiap kelompok selanjutnya dimasukkan ke dalam sebuah akuarium dan dipuasakan selama 48 jam. Pengambilan darah dilakukan setelah ikan diberi pakan satu kali sampai kenyang. Selama pengambilan sampel darah, ikan dibius dengan MS222 12.5 ppm. Contoh darah diambil dari vena di bagian ekor pada jam ke-1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, dan 18 setelah makan (*post prandial*) serta jam ke-0 (sebelum pemberian pakan) menggunakan spuit bervolume 1 ml yang telah dibasahi dengan larutan antikoagulan natrium sitrat 3.8%, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung ependorf bervolume 1.5 ml, disentrifugasi pada kecepatan 1000 g selama 10 menit.

Kadar CO₂ dan O₂ terlarut diukur untuk menentukan nilai kuosien respiratori (*respiratory quotient*, RQ), sedangkan total amonia terlarut untuk menentukan tingkat ekskresinya. Pengukuran dilakukan setelah ikan dipuasakan selama 48 jam dan diberi pakan satu kali sampai kenyang. Pengukuran kadar

CO₂, O₂, dan total amonia air dilakukan setiap jam selama 5 jam, dimulai setelah ikan berhenti makan. Selama pengukuran, aerasi dan sirkulasi air dihentikan. Pengukuran juga dilakukan terhadap air tanpa ikan dari akuarium dengan ukuran dan pada rangkaian sistem yang sama sebagai kontrol.

Data LPH, EP, konsumsi pakan aktual (KPA), dan deposisi protein (DP) dianalisis menggunakan sidik ragam dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Sedangkan nilai RQ, perubahan glukosa darah, kadar trigliserida darah, dan ekskresi total amonia disajikan secara deskriptif.

HASIL

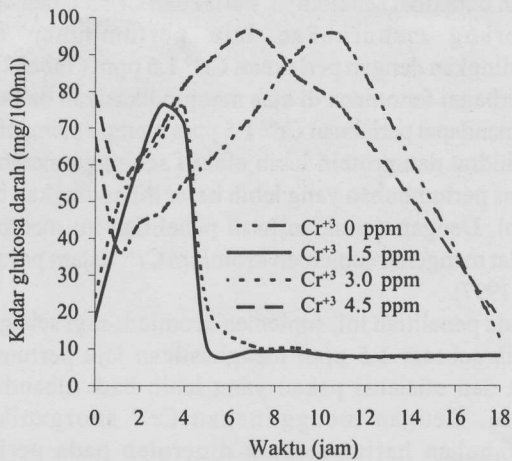
Pertumbuhan Ikan. Bobot ikan pada akhir penelitian untuk perlakuan Cr⁺³ 0, 1.5, 3.0, dan 4.5 ppm ialah masing-masing 82.3 ± 3.03, 89.4 ± 2.03, 84.5 ± 2.34, dan 82.9 ± 2.85 g/ekor. Perlakuan Cr⁺³ 1.5 ppm memberikan nilai laju pertumbuhan harian yang lebih baik daripada kontrol, sedangkan perlakuan Cr⁺³ 3.0 dan 4.5 ppm tidak berbeda nyata terhadap kontrol (Tabel 2). Nilai efisiensi pakan untuk semua pakan berkromium lebih tinggi daripada pakan kontrol, meskipun ikan mengonsumsi sejumlah pakan yang sama. Deposisi protein total pada perlakuan Cr⁺³ 1.5 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Nilai kuosien respiratori pada perlakuan pakan berkromium mengalami perubahan terhadap pakan kontrol. Nilai kuosien respiratori kontrol ialah 0.8, sedangkan pada perlakuan Cr⁺³ 1.5 dan 3.0 ppm mendekati 1.0.

Glukosa dan Trigliserida Darah. Titik puncak kadar glukosa darah dari ke empat perlakuan dicapai pada periode waktu yang berbeda (Gambar 1). Titik puncak tercepat dicapai oleh perlakuan Cr⁺³ 1.5 ppm, yaitu 3 jam *post prandial*, sebaliknya titik puncak terlama dicapai oleh kontrol, yaitu 11 jam *post prandial*. Pencapaian titik puncak pada perlakuan Cr⁺³ 3.0 maupun 4.5 ppm tertunda masing-masing selama 1 dan 4 jam dari perlakuan Cr⁺³ 1.5 ppm. Kadar trigliserida 2 jam setelah titik puncak glukosa tercapai pada perlakuan Cr⁺³ 1.5 dan 3.0 ppm relatif lebih rendah dibandingkan dengan kadar glukosa pada titik puncak (Gambar 2). Sebaliknya terjadi pada kontrol dan perlakuan Cr⁺³ 4.5 ppm, kadar trigliserida relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kadar glukosa pada titik puncak.

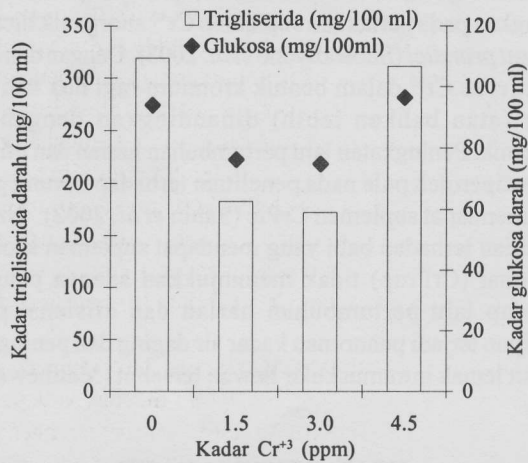
Tabel 2. Nilai laju pertumbuhan harian individu rata-rata (LPH), efisiensi pakan (EP), konsumsi pakan aktual total (KPA), deposisi protein total (DP), dan kuosien respiratori (RQ) ikan gurami yang mendapat pakan dengan suplemen empat perlakuan kromium-ragi selama periode pemeliharaan 40 hari

Peubah	Kadar kromium (ppm)			
	0.0	1.5	3.0	4.5
LPH (%)	3.08 ± 0.063a	3.33 ± 0.019b	3.19 ± 0.061ab	3.16 ± 0.044ab
EP (%)	75.76 ± 0.095a	78.33 ± 0.324b	82.20 ± 0.888c	78.62 ± 0.551b
KPA (g)	762.70 ± 11.820ab	833.90 ± 25.650a	735.40 ± 25.380b	749.70 ± 20.140ab
DP (g)	94.73 ± 1.468a	111.01 ± 4.539b	97.27 ± 1.536a	93.70 ± 2.843a
RQ	0.86 ± 0.019	0.97 ± 0.002	0.98 ± 0.011	0.76 ± 0.016

Huruf yang sama pada lajur yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda ($p > 0.05$) menurut uji BNJ



Gambar 1. Pola perubahan kadar glukosa darah ikan gurami selama 18 jam *post prandial*.



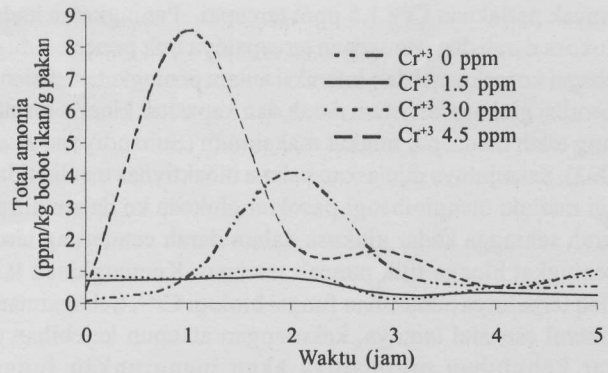
Gambar 2. Kadar trigliserida darah ikan gurami dua jam setelah titik puncak glukosa tercapai.

Ekskresi Total Amonia. Ikan kontrol dan yang mendapat perlakuan Cr³⁺ 4.5 ppm mengekskresi limbah nitrogen sebagai total amonia pada tingkat yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang mendapat perlakuan Cr³⁺ 1.5 dan 3.0 ppm (Gambar 3).

Kualitas Air. Suhu air selama penelitian dipertahankan berkisar antara 29 sampai 30°C dengan menggunakan termostat. Kandungan oksigen terlarut berkisar antara 5.97 sampai 6.92 ppm, karbondioksida terlarut berkisar antara 3.96 sampai 4.95 ppm, pH berkisar antara 6.92 sampai 7.33, total amonia berkisar antara 0.161 sampai 0.529 ppm, nitrit berkisar antara 0.145 sampai 4.104 ppm, nitrat berkisar antara 0.140 sampai 1.145 ppm, alkalinitas berkisar antara 16.50 sampai 21.36 ppm, dan kesadahan berkisar antara 22.57 sampai 30.25 ppm.

PEMBAHASAN

Cr³⁺ memberikan respons biologi yang berbeda terhadap efisiensi pakan dan laju pertumbuhan harian individu rata-rata. Suplemen Cr³⁺ dalam bentuk kromium-ragi ke dalam pakan hingga tingkat optimal tertentu, mampu meningkatkan efisiensi



Gambar 3. Ekskresi total amonia per kilogram bobot ikan gurami per gram pakan yang dikonsumsi.

pakan dan laju pertumbuhan harian ikan gurami. Fenomena ini berkaitan dengan kemampuan Cr³⁺, terutama dalam bentuk kromium-ragi, dalam meningkatkan potensi kinerja insulin (Guan *et al.* 2000). Aktivitas insulin yang meningkat akan meningkatkan mobilisasi glukosa dalam darah menuju sel-sel target untuk segera dipergunakan sebagai energi (NRC 1997; Kegley *et al.* 2000; Vincent 2000; Besong *et al.* 2001; Matthews *et al.* 2003; Cefalu *et al.* 2002).

Ikan yang diberi pakan dengan tambahan Cr³⁺ 1.5 ppm memberikan laju pertumbuhan harian lebih besar dibandingkan dengan kontrol meskipun ikan mengonsumsi sejumlah pakan dengan bobot yang sama (Tabel 2). Pola glukosa darah ikan yang mendapat perlakuan Cr³⁺ 1.5 ppm mengindikasikan bahwa bioaktivitas insulinnya tinggi sehingga pasokan glukosa ke dalam sel cepat. Glukosa yang masuk ke dalam sel akan segera dimetabolisme menjadi energi sehingga mengurangi sejumlah asam amino untuk tidak dipergunakan sebagai energi. Fenomena seperti ini meningkatkan deposisi protein (Tabel 2). Penurunan glukosa darah yang lebih cepat, yang merupakan indikasi peningkatan toleransi glukosa, ditunjukkan pula pada babi yang mendapat suplemen kromium-ragi (Guan *et al.* 2000). Hal ini diduga adanya peningkatan sensitifitas insulin perifer (Guan *et al.* 2000; van de Ligt 2002).

Fenomena tercapainya puncak glukosa darah yang lebih cepat juga terjadi pada ikan gurami yang diberi pakan dengan suplemen Cr³⁺ anorganik dalam bentuk CrCl₃·6H₂O, meskipun dengan kadar Cr³⁺ yang relatif lebih tinggi (Subandiyono *et al.* 2003). Titik puncak glukosa darah ikan yang diberi pakan dengan suplemen CrCl₃ 10 ppm (setara dengan Cr³⁺ 3.28 ppm) tercapai pada jam ke-7 *post prandial*. Penundaan titik puncak selama 2 jam terjadi pada ikan yang diberi pakan tanpa kromium (kontrol), yaitu pada 9 jam *post prandial*. Peningkatan kadar kromium hingga CrCl₃ 20 ppm (setara dengan Cr³⁺ 6.56 ppm) tidak mempercepat waktu tercapainya puncak glukosa darah, yaitu tetap pada 9 jam *post prandial* atau sama dengan perlakuan kontrol. Ikan dengan perlakuan CrCl₃ 10 ppm juga memberikan nilai laju pertumbuhan harian yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, meskipun dengan nilai efisiensi pakan yang sama.

Kadar glukosa darah pada perlakuan Cr³⁺ 4.5 ppm terlihat terus meningkat dan segera turun setelah mencapai titik puncak 7 jam *post prandial* atau tertunda 4 jam setelah titik

puncak perlakuan Cr^{+3} 1.5 ppm tercapai. Peningkatan kadar glukosa darah dan penundaan tercapainya titik puncak diduga sebagai konsekuensi dari interaksi antara peningkatan efisiensi absorpsi glukosa ke dalam darah dan kapasitas kinerja insulin yang telah mencapai tingkat maksimum (Subandiyono *et al.* 2003). Selanjutnya dijelaskan bahwa bioaktivitas insulin tidak lagi mampu mengimbangi pasokan glukosa ke dalam aliran darah sehingga kadar glukosa dalam darah cenderung terus meningkat hingga titik puncak tercapai. Kemungkinan lain ialah terjadinya penurunan fungsi biologi Cr^{+3} . Sebagaimana mineral esensial lainnya, kekurangan ataupun kelebihan di luar kebutuhan optimalnya akan menurunkan fungsi biologinya. Fenomena tersebut terlihat pada pola glukosa darah, kadar trigliserida darah dua jam setelah titik puncak glukosa darah tercapai, serta pola ekskresi total amonia perlakuan Cr^{+3} 4.5 ppm dan kontrol yang serupa; demikian pula pada pola laju pertumbuhan hariannya.

Setelah dipergunakan untuk energi, kelebihan glukosa dikonversi menjadi trigliserida. Kadar trigliserida darah dua jam setelah titik puncak glukosa darah tercapai pada perlakuan Cr^{+3} 1.5 dan 3.0 ppm relatif rendah (Gambar 2). Fenomena ini berkorelasi dengan tingkat pemanfaatan glukosa untuk pemenuhan energi metabolik. Sejumlah glukosa relatif banyak dimanfaatkan sebagai energi metabolik sehingga porsi glukosa untuk konversi menjadi trigliserida relatif sedikit, berarti proses metabolisme didominasi oleh glukosa sehingga protein dengan jumlah lebih besar dimanfaatkan untuk pertumbuhan. Penelitian terhadap sapi yang mendapat suplemen kromium pikolinat (CrPic) menunjukkan pula kadar trigliserida darah yang lebih rendah dibandingkan kontrol (Besong *et al.* 2001). Hal ini diduga CrPic berpotensi merubah metabolisme trigliserida hati.

Pola ekskresi total amonia selama 5 jam *post prandial* menunjukkan bahwa produksi limbah N-organik pada perlakuan Cr^{+3} 1.5 dan 3.0 ppm dapat ditekan, hal sebaliknya terjadi pada kontrol maupun perlakuan Cr^{+3} 4.5 ppm (Gambar 3). Hal ini mengindikasikan adanya katabolisme protein serta penurunan efisiensi pemanfaatan protein pakan pada kontrol dan perlakuan Cr^{+3} 4.5 ppm. Oleh karena itu, efisiensi pakan perlakuan Cr^{+3} 1.5 dan 3.0 ppm lebih tinggi dari perlakuan kontrol (Tabel 2).

Berdasarkan pada nilai kuosien respiratori, metabolisme ke-4 perlakuan memanfaatkan sumber energi yang berbeda (Tabel 2). Perlakuan Cr^{+3} 1.5 ppm (0.97 ± 0.002) dan 3.0 ppm (0.98 ± 0.011) menunjukkan bahwa sumber energi didominasi oleh karbohidrat, sedangkan pada kontrol (0.86 ± 0.019) mengindikasikan bahwa selain karbohidrat sejumlah protein juga dimanfaatkan sebagai sumber energi. Asumsi ini diperkuat dengan tingginya ekskresi N-organik pada kontrol dibandingkan dengan perlakuan Cr^{+3} 1.5 dan 3.0 ppm (Gambar 3). Berdasarkan pada ke-2 fenomena yang terjadi baik pada pola ekskresi total amonia maupun nilai kuosien respiratori, maka suplemen Cr^{+3} ke dalam pakan ikan mampu meminimalkan limbah nitrogen organik yang terbuang ke dalam lingkungan (Subandiyono 2001; Subandiyono *et al.* 2003).

Suplemen Cr^{+3} lebih dari 3.0 ppm tidak selalu memberikan respons biologi yang lebih baik, namun dapat sama atau

bahkan berakibat sebaliknya. Perlakuan Cr^{+3} 3.0 dan 4.5 ppm cenderung menurunkan laju pertumbuhan harian dibandingkan dengan perlakuan Cr^{+3} 1.5 ppm (Tabel 2).

Berbagai fenomena di atas mengindikasikan bahwa ikan yang mendapat perlakuan Cr^{+3} 1.5 ppm mampu memanfaatkan karbohidrat dan protein lebih efektif sehingga memberikan respons pertumbuhan yang lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Dengan demikian hasil penelitian ini memperkuat postulat mengenai suplemen kromium Cr^{+3} dalam pakan ikan (NRC 1997).

Pada penelitian ini, suplemen kromium-ragi sebagai Cr^{+3} organik sebesar 1.5 ppm menghasilkan laju pertumbuhan harian dan efisiensi pakan yang lebih baik dibandingkan kontrol. Dengan menggunakan Cr^{+3} anorganik, laju pertumbuhan harian terbaik diperoleh pada perlakuan suplemen CrCl_3 sebesar 10 ppm (setara dengan Cr^{+3} 3.28 ppm), meskipun efisiensi pakan sama dengan kontrol (Subandiyono *et al.* 2003). Selain itu, puncak glukosa darah tercepat pada perlakuan suplemen kromium-ragi dicapai 3 jam *post prandial*, sedangkan pada perlakuan suplemen Cr^{+3} anorganik dicapai 7 jam *post prandial* (Subandiyono *et al.* 2003). Dengan demikian, bioaktivitas Cr^{+3} dalam bentuk kromium-ragi dua kali lebih besar (atau bahkan lebih) dibandingkan dengan Cr^{+3} anorganik. Peningkatan laju pertumbuhan harian dan efisiensi pakan diperoleh pula pada penelitian terhadap burung puyuh yang mendapat suplemen CrPic (Sahin *et al.* 2002). Namun, penelitian terhadap babi yang mendapat suplemen kromium propionat (CrProp) tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap laju pertumbuhan harian dan efisiensi pakan meskipun terjadi penurunan kadar air daging dan peningkatan deposit lemak intramuskular hewan tersebut (Matthews *et al.* 2003).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Eddy Supriyono yang telah mengalokasikan sebagian dana Hibah Bersaing XI. Terima kasih juga disampaikan kepada Sri Hastuti yang telah membantu dalam analisis laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Besong S, Jackson JA, Trammell DS, Akay V. 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.
- Cefalu WT, Wang ZQ, Zhang XH, Baldor LC, Russell JC. 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.
- Groff JL, Gropper SS. 2000. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Ed ke-3. Belmont: Wadsworth-Thomson Learning.
- Guan X *et al.* 2000. High chromium yeast supplementation improves glucose tolerance in pigs by decreasing hepatic extraction on insulin. *J Nutr* 130:1274-1279.
- Hertz Y, Mader Z, Hopher B, Gertler A. 1989. Glucose metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): the effects of cobalt and chromium. *Aquaculture* 76:255-267.
- Huisman EA. 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production levels for carp, *Cyprinus carpio* L., and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture* 9:259-273.

- Kegley EB, Galloway DL, Fakler TM. 2000. Effect of chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers. *J Anim Sci* 78:3177-3183.
- Lukaski HC. 1999. Chromium as supplement. *Annu Rev Nutr* 19:279-302.
- Matthews JO *et al.* 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.
- Mertz W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *J Nutr* 123:626-633.
- [NRC] National Research Council. 1977. *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes*. Washington: National Acad Pr.
- [NRC] National Research Council. 1997. *The Role of Chromium in Animal Nutrition*. Washington: National Acad Pr.
- Sahin K, Ozbey O, Onderci M, Cikim G, Aysondu MH. 2002. Chromium supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying Japanese quail. *J Nutr* 132:1256-1268.
- Shiau SY, Chen MJ. 1993. Carbohydrate utilization by tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) as influenced by different chromium sources. *J Nutr* 123:1747-1753.
- Shiau SY, Liang HS. 1995. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, are affected by chromium oxide inclusion in the diet. *J Nutr* 125:976-982.
- Shiau SY, Lin SF. 1993. Effects of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrate in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Aquaculture* 110:321-330.
- Subandiyono, Mokoginta I, Sutardi T. 2003. Pengaruh kromium dalam pakan terhadap kadar glukosa darah, kuosien respiratori, ekskresi NH₃-N, dan pertumbuhan ikan gurami. *Hayati* 10:25-29.
- Subandiyono. 2001. Potensi kromium (Cr) terhadap aktivitas insulin, metabolisme nutrien dan efisiensi pakan pada ikan. *Aquaculture Indonesia* 2:159-164.
- van de Ligt CPA, Lindemann MD, Cromwell GL. 2002. Assessment of chromium tripicolinate and dietary energy level and source on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. *J Anim Sci* 80:483-493.
- Vincent JB. 2000. The biochemistry of chromium. *J Nutr* 130:715-718.
- Watanabe T, Kiron V, Satoh S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture* 151:185-207.
- Xi G, Xu Z, Wu S, Chen S. 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.