Media Peternakan, Desember 2006, hlm. 121-132 Vol. 29 No. 3
ISSN 0126-0472
Terakreditasi SK Dikti No: 56/DIKTI/Kep/2005

Penggunaan Kromium Organik dari Beberapa Jenis Fungi terhadap Aktivitas Fermentasi Rumen Secara *in Vitro*

W.D. Astuti[a], T. Sutardi[b], D. Evvyernie[b] & T. Toharmat[b]
[a]Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI
Jalan Raya Bogor Km 46, Cibinong 16911
Telp: 021-8754587, E-mail: wulan_nie@yahoo.com
[b]Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB
Jl Agatis Kampus IPB, Darmaga, Bogor 16680
(Diterima 20-12-2005; disetujui 05-10-2006)

ABSTRACT

Chromium appears to be an essential trace element since 1959, but its effect on ruminal microbes is not clear yet. This experiment was conducted to study the effects of organic chromium supplementation on rumen fermentation activity. An *in vitro* technique was held using randomized block design with 13 treatments and 3 replications. There were four kinds of organic Cr used, produced with four different species of fungi as carriers. Fungi used as carriers were *Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus oryzae, Rhizophus oryzae* and "ragi tape". The result indicated that the optimum organic Cr supplementation was 1 mg organic Cr/kg dry matter. Supplementation of 1 mg organic Cr/kg dry matter increased dry matter and organic matter digestibilities. It also tended to increase NH_3 and total VFA production. Propionate production increased, which decreased methane production and increased hexose conversion efficiency in several treatments. Each fungus used as carrier of organic Cr resulted in different effects on rumen fermentation activity, but the effects was within a normal range. It was concluded that either *Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus oryzae, Rhizophus oryzae* or "ragi tape" could be used as carrier in organic Cr production.

Key words : organic Cr, ruminal microbes, Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus oryzae, Rhizophus oryzae, "ragi tape"

PENDAHULUAN

Kromium dianggap sebagai mineral yang esensial sejak tahun 1959 (Mertz, 1998). Peran utama Cr secara fisiologis adalah meningkatkan potensi aktivitas insulin. Kromium merupakan komponen aktif dari GTF (*Glucose Tolerance Factor*), yaitu kompleks yang tersusun atas Cr^{3+} dengan 2 molekul asam nikotinat dan 3 asam amino yang terkandung dalam glutation seperti glutamat, glisin dan sistein (Burton, 1995). Ketiadaan unsur Cr di dalam GTF akan mengakibatkan GTF tidak dapat bekerja mempengaruhi insulin. Kromium dalam bentuk

GTF telah diketahui dapat meningkatkan potensi aktivitas hormon insulin yang memegang peranan penting dalam transpor glukosa dan asam amino (Lyons, 1995).

Di samping esensial dalam metabolisme karbohidrat, Cr juga dibutuhkan dalam metabolisme lemak dan protein. Defisiensi Cr dapat menyebabkan rendahnya inkorporasi asam amino pada protein hati. Asam amino yang dipengaruhi oleh Cr dalam sintesis protein adalah metionin, glisin dan serin (Anderson, 1987).

Sampai saat ini belum banyak informasi mengenai peranan Cr bagi mikroba rumen. Muktiani (2002) menyebutkan bahwa pemberian Cr organik dapat meningkatkan fermentabilitas ransum secara *in vitro*. Adanya peningkatan aktivitas mikroba rumen tersebut memberikan indikasi bahwa Cr kemungkinan esensial bagi mikroba rumen. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh suplementasi Cr organik yang menggunakan berbagai spesies fungi yang berbeda sebagai *carrier* mempengaruhi aktivitas fermentasi rumen secara *in vitro*.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan secara *in vitro* menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan sebagai kelompok. Empat spesies fungi digunakan sebagai *carrier* untuk memproduksi empat macam Cr organik yang dicobakan. Fungi tersebut adalah *Saccharomyces cerevisiae* (SC), *Aspergillus oryzae* (AO), *Rhizopus oryzae* (RO) dan ragi tape.

Produksi Cr organik dilakukan dengan cara menginkorporasikan Cr ke dalam fungi melalui proses fermentasi. Substrat dasar yang digunakan adalah singkong. Singkong diiris tipis, kemudian dicampur dengan larutan Cr anorganik, triptofan, medium selektif dan air sehingga campuran substrat tersebut mempunyai konsentrasi Cr sesuai dengan perlakuan. Triptofan yang digunakan sebanyak 600 mg/kg substrat. Campuran substrat kemudian disterilkan menggunakan *pressure cooker* selama 20 menit pada suhu 110^{o}C, 15 psi. Setelah dingin, substrat diratakan pada nampan plastik dan ditambahkan starter/inokulan untuk masing-masing perlakuan fungi yang digunakan. Bagian atas nampan plastik dibungkus dengan kertas, dan disusun dalam rak yang tertutup plastik, dalam ruangan tertutup. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya kontaminasi tetapi masih ada udara yang masuk. Inkubasi dilakukan selama 5 hari pada suhu ruang, kemudian produk dikeringkan dengan menggunakan oven. Setelah kering, produk dihaluskan sehingga berbentuk butiran halus dan siap digunakan.

Perlakuan yang diuji berupa 13 jenis ransum yaitu:

1. Kontrol = ransum kontrol
2. SC 1 = kontrol + Cr-org SC sebanyak 1 mg/kg ransum
3. SC 2 = kontrol + Cr-org SC sebanyak 2 mg/kg ransum
4. SC 3 = kontrol + Cr-org SC sebanyak 3 mg/kg ransum
5. AO 1 = kontrol + Cr-org AO sebanyak 1 mg/kg ransum
6. AO 2 = kontrol + Cr-org AO sebanyak 2 mg/kg ransum
7. AO 3 = kontrol + Cr-org AO sebanyak 3 mg/kg ransum
8. RO 1 = kontrol + Cr-org RO sebanyak 1 mg/kg ransum
9. RO 2 = kontrol + Cr-org RO sebanyak 2 mg/kg ransum
10. RO 3 = kontrol + Cr-org RO sebanyak 3 mg/kg ransum
11. Ragi tape 1 = kontrol + Cr-org ragi tape sebanyak 1 mg/kg ransum
12. Ragi tape 2 = kontrol + Cr-org ragi tape sebanyak 2 mg/kg ransum

13. Ragi tape 3 = kontrol + Cr-org ragi tape sebanyak 3 mg/kg ransum

Bahan dasar ransum kontrol yang digunakan adalah rumput gajah dan konsentrat dengan perbandingan 50:50. Komposisi nutrien ransum kontrol dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter yang diukur adalah kecernaan bahan kering dan bahan organik, VFA total, VFA individual, dan NH_3. Sebanyak satu gram sampel ransum dimasukkan ke dalam tabung fermentor, kemudian ditambahkan larutan McDougall sebanyak 12 ml dan cairan rumen sapi 8 ml. Tabung ditambahkan gas CO_2 selama 30 detik untuk menciptakan kondisi anaerob dan disumbat dengan tutup karet. Selanjutnya tabung dimasukkan ke dalam *shaker bath* dan difermentasi selama 6 jam. Sumbat karet dibuka dan ditambahkan 0,2 ml $HgCl_2$ jenuh untuk membunuh mikroba sehingga fermentasi terhenti. Kemudian tabung disentrifugasi pada kecepatan 10000 rpm selama 10 menit, dan supernatan diambil untuk analisis VFA total, VFA individual, dan NH_3. VFA total diukur dengan metode destilasi uap, NH_3 diukur dengan metode mikrodifusi Conway (Sutardi, 1994), serta VFA individual dilakukan dengan teknik kromatografi gas (Adnan, 1997).

Uji kecernaan dilakukan dengan metode Tilley & Terry (1963). Tahapan analisis sama seperti yang dilakukan pada fermentasi *in vitro*, tetapi waktu inkubasi dilanjutkan sampai 24 jam. Setelah pencernaan fermentatif (anaerob) selama 24 jam, tutup tabung dibuka dan ditambahkan 0,2 ml $HgCl_2$. Campuran disentrifugasi pada kecepatan 10000 rpm selama 10 menit dan supernatan dibuang, kemudian ke dalam tabung ditambahkan 20 ml larutan pepsin 0,2%. Inkubasi dilanjutkan selama 24 jam secara aerob. Sisa pencernaan disaring dengan kertas saring Whatman nomor 41 dengan bantuan pompa vakum. Hasil saringan dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dikeringkan dengan oven 105^{o}C untuk mengetahui residu bahan kering dan diabukan dalam tanur 600^{o}C untuk menghitung residu bahan organiknya.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan sidik ragam (*analysis of variance*) dan apabila ada perbedaan di antara perlakuan dilanjutkan dengan uji orthogonal kontras (Steel & Torrie, 1981).

Tabel 1. Komposisi bahan pakan dan nutrien ransum penelitian

Bahan pakan	Jumlah (% BK)	Nutrien	Jumlah
Rumput gajah	50	Bahan kering (%)	87,82
Jagung	2,4	Abu (% BK)	7,92
Bungkil kedelai	7,1	Protein kasar (% BK)	14,93
Bungkil kelapa	18	Serat kasar (% BK)	33,98
Onggok	15,2	Lemak kasar (% BK)	2,07
Tepung ikan	0,5	BETN (% BK)	29,20
Bungkil kelapa sawit	4,8	TDN (% BK)	49,10
Minyak kelapa	0,5	Ca (% BK)	0,064
Molases	1	P (% BK)	0,050
Urea	0,5		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecernaan

Kecernaan bahan kering dan bahan organik ransum penelitian disajikan pada Tabel 2. Suplementasi Cr organik sebesar 1 mg/kg ransum telah dapat meningkatkan kecernaan bahan kering ransum secara nyata (P<0,05) dibandingkan dengan kontrol pada semua fungi yang digunakan.

Suplementasi Cr organik yang menggunakan *carrier Saccharomyces cerevisiae* memberikan nilai kecernaan bahan kering ransum yang menurun dengan meningkatnya level Cr organik yang digunakan, meskipun antara 1 mg/kg ransum dan 2 mg/kg ransum tidak memberikan nilai kecernaan bahan kering ransum yang berbeda nyata. Suplementasi Cr organik 3 mg/kg ransum memberikan nilai kecernaan yang lebih rendah dari ransum kontrol.

Suplementasi Cr organik yang menggunakan *carrier Aspergillus oryzae* sebanyak 2 dan 3 mg/kg ransum tidak memberikan nilai kecernaan bahan kering yang berbeda nyata dengan kontrol. Cr organik dengan *carrier Rhizophus oryzae* memberikan nilai kecernaan bahan kering yang lebih rendah dari kontrol (P<0,05) pada taraf 2 mg/kg ransum, dan nilai kecernaan bahan kering ransum kembali meningkat pada level 3 mg/kg ransum. Pemakaian Cr organik yang menggunakan ragi tape sebagai *carrier* memberikan nilai kecernaan bahan kering ransum yang berbeda nyata (P<0,05) pada semua taraf Cr yang digunakan, yang nilainya lebih tinggi daripada nilai kecernaan bahan kering ransum kontrol (P<0,05).

Nilai kecernaan bahan organik ransum pelakuan juga dipengaruhi oleh suplementasi Cr organik, yang polanya tidak berbeda jauh

Tabel 2. Nilai kecernaan ransum penelitian (%)

Perlakuan	KCBK[1)]	KCBO[2)]
Kontrol	$43,7\pm0,8^{ab}$	$43,1\pm0,8^{A}$
SC 1	$46,0\pm1,4^{b}$	$45,4\pm1,1^{B}$
SC 2	$44,6\pm0,5^{b}$	$44,0\pm0,2^{B}$
SC 3	$42,7\pm1,7^{a}$	$42,6\pm1,4^{A}$
Saccharomyces cerevisiae	$44,4\pm1,8^{a}$	$43,9\pm1,5^{A}$
AO 1	$45,2\pm0,7^{b}$	$44,8\pm0,4^{B}$
AO 2	$44,1\pm0,6^{ab}$	$43,6\pm0,6^{A}$
AO 3	$44,1\pm2,1^{ab}$	$43,4\pm1,4^{A}$
Aspergillus oryzae	$44,4\pm1,3^{a}$	$43,9\pm1,0^{A}$
RO 1	$45,2\pm2,0^{b}$	$44,0\pm1,9^{B}$
RO 2	$41,5\pm1,9^{a}$	$42,0\pm1,6^{A}$
RO 3	$45,6\pm0,2^{b}$	$45,4\pm0,1^{B}$
Rhizopus oryzae	$44,1\pm2,4^{a}$	$43,8\pm1,9^{A}$
Ragi tape 1	$45,2\pm3,6^{b}$	$44,6\pm3,0^{B}$
Ragi tape 2	$44,6\pm0,8^{b}$	$44,3\pm1,3^{B}$
Ragi tape 3	$45,7\pm0,3^{b}$	$44,6\pm0,3^{B}$
Ragi tape	$45,1\pm1,9^{a}$	$44,5\pm1,7^{A}$

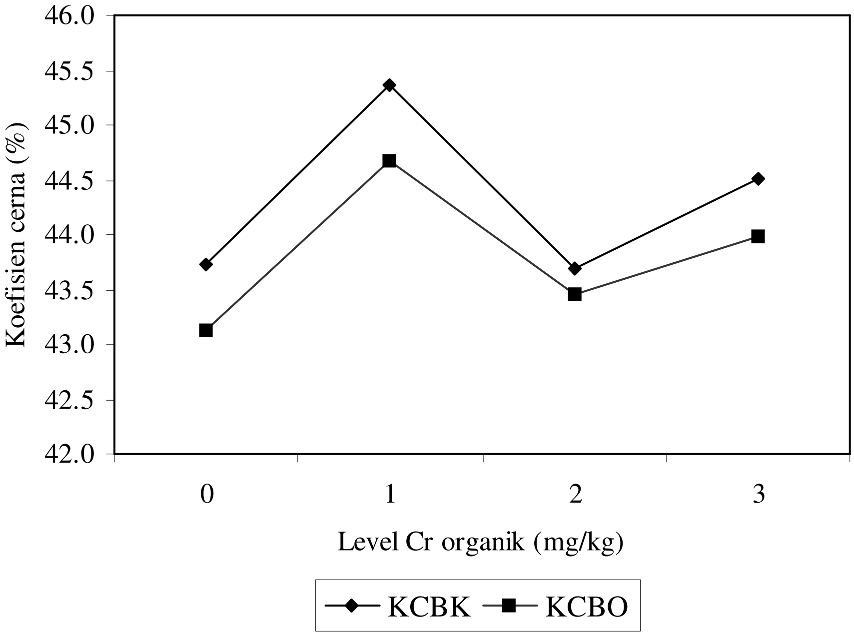
Keterangan : [1)]Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05);
[2)]Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata (P<0,01).

dengan nilai kecernaan bahan kering. Suplementasi Cr organik dengan *carrier S. cerevisiae* sebesar 1 dan 2 mg/kg ransum sudah dapat meningkatkan nilai kecernaan bahan organik ransum secara nyata (P<0,01) dibandingkan dengan ransum kontrol. Peningkatan Cr organik menjadi 3 mg/kg ransum menghasilkan nilai kecernaan bahan organik yang menurun pada taraf yang sama dengan kontrol. Demikian pula dengan suplementasi Cr organik yang menggunakan *carrier A. oryzae*. Suplementasi sebanyak 1 mg/kg ransum mampu meningkatkan kecernaan bahan organik ransum secara nyata (P<0,01), tetapi kembali menurun sesuai dengan peningkatan taraf Cr organik yang digunakan.

Suplementasi Cr organik yang menggunakan *carrier R. oryzae* memberikan hasil yang sedikit berbeda. Suplementasi sebesar 1 mg/kg ransum memberikan nilai kecernaan bahan organik yang lebih tinggi dari kontrol (P<0,01), dan menurun pada suplementasi sebesar 2 mg/kg ransum. Penurunan tersebut diduga disebabkan konsentrasi Cr yang terlalu tinggi. Suplementasi Cr sebesar 3 mg/kg ransum nilai kecernaan bahan organik yang dihasilkan kembali meningkat secara signifikan (P<0,01). Hal tersebut menunjukkan adanya upaya adaptasi dari mikroba rumen terhadap aditif yang diberikan. Suplementasi Cr organik yang menggunakan ragi tape sebagai *carrier* memberikan nilai kecernaan bahan organik yang lebih tinggi dari ransum kontrol (P<0,01) pada semua taraf yang digunakan (1, 2 dan 3 mg/kg ransum).

Berdasarkan level Cr organik yang digunakan, nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik memberikan respon yang serupa. Pemakaian 1 mg Cr organik /kg ransum sudah dapat meningkatkan nilai kecernaan ransum. Nilai kecernaan ransum justru menurun pada suplementasi Cr organik sebesar 2 mg/kg ransum dan kembali naik pada pemakaian 3 mg/kg ransum (Gambar 1).

Penggunaan Cr organik yang terbaik dalam penelitian ini adalah 1 mg/kg ransum. Peningkatan nilai kecernaan tersebut



Gambar 1. Koefisien cerna bahan kering dan bahan organik

disebabkan kinerja mikroba rumen yang semakin aktif karena suplai energi yang cukup sebagai pengaruh suplementasi Cr organik. Hal itu menunjukkan Cr merupakan mineral yang penting bagi mikroba rumen. Suplementasi Cr organik akan meningkatkan efisiensi pengambilan energi oleh mikroba rumen sehingga dapat mencerna ransum dengan lebih baik (Kegley & Spears, 1995; Kegley *et al.*, 2000). Kecernaan yang meningkat akan meningkatkan ketersediaan nutrien yang dibutuhkan oleh mikroba tersebut. Selain itu, peningkatan nilai kecernaan dipengaruhi oleh adanya fungi yang berperan sebagai *carrier* Cr organik. Keberadaan fungi dapat membantu dalam pencernaan pencernaan dengan enzim-enzim yang dihasilkan seperti amilase, protease dan lipase sehingga mikroba rumen lebih mudah dalam mencerna pakan (Martin & Nisbet, 1992; Beauchemin *et al.*, 2003).

Amonia

Amonia adalah sumber nitrogen yang utama dan sangat penting untuk sintesis protein mikroba rumen. Konsentrasi amonia di dalam rumen merupakan suatu besaran yang sangat penting untuk dikendalikan, karena sangat menentukan optimasi pertumbuhan biomassa mikroba rumen. Sekitar 80% mikroba rumen dapat menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen untuk petumbuhannya (Arora, 1995).

Kisaran konsentrasi optimal amonia di cairan rumen sangat bervariasi. Hoover & Miller (1992) menyatakan bahwa konsentrasi amonia yang kurang dari 3,57 mM dapat menghambat pertumbuhan mikroba rumen, sedangkan menurut McDonald *et al.* (1995) kisaran konsentrasi amonia yang baik adalah 6–12 mM. Sementara Preston & Leng (1987) menyatakan bahwa kisaran normal konsentrasi amonia adalah 2,9–14,7 mM.

Mengacu pada batasan tersebut, rataan konsentrasi amonia yang dihasilkan dari penelitian ini cukup tinggi namun masih dalam kisaran yang mendukung pertumbuhan mikroba rumen (Tabel 3). Suplementasi Cr organik sebesar 1 mg/kg ransum belum menunjukkan konsentrasi amonia yang berbeda dengan kontrol, kecuali pada Cr organik dengan *carrier A. oryzae*. Suplementasi Cr organik sebesar 2 mg/kg ransum dapat meningkatkan konsentrasi amonia lebih tinggi dari ransum kontrol secara nyata ($P<0,01$), pada semua jenis fungi yang digunakan.

Tingginya konsentrasi amonia menunjukkan tingginya nilai protein yang mudah didegradasi dalam ransum tersebut. Cr organik yang diberikan dalam penelitian ini merupakan mikroorganisme yang tinggi kandungan proteinnya. Hal tersebut diduga ikut menyebabkan tingginya nilai amonia yang dihasilkan.

Konsentrasi amonia dapat dipengaruhi oleh aktivitas proteolitik dari kedua fungi (*R. oryzae* dan *A. oryzae*) yang digunakan sebagai *carrier* pada suplementasi Cr organik. Enzim protease yang dihasilkan oleh kedua fungi tersebut meningkatkan proses pencernaan protein dengan memecah substrat protein menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna dan amonia yang dihasilkan meningkat (Ghorbani *et al.*, 2002).

Komposisi VFA Individual

Perbedaan konsentrasi VFA dapat terjadi karena model fermentasi di dalam rumen ditentukan oleh komposisi populasi mikroba, yang sangat dipengaruhi oleh ransum. Empat spesies fungi yang digunakan dalam pembuatan Cr organik memberikan respon yang berbeda terhadap produksi VFA total. Menurut Forbes & France (1993) konsentrasi VFA total dalam cairan rumen umumnya berkisar antara 70–130 mM, sementara menurut Bergman (1983) berkisar antara 79–150 mM.

Tabel 3. Konsentrasi NH_3 dan VFA total pada pemberian ransum penelitian yang berbeda (mM)

Perlakuan	NH_3	VFA
Kontrol	$12{,}9 \pm 3{,}0^{A}$	$136{,}8 \pm 7{,}4^{A}$
SC 1	$13{,}1 \pm 2{,}4^{A}$	$144{,}3 \pm 19{,}9^{B}$
SC 2	$13{,}9 \pm 2{,}5^{B}$	$144{,}3 \pm 5{,}8^{B}$
SC 3	$14{,}0 \pm 1{,}2^{B}$	$139{,}2 \pm 6{,}3^{B}$
Saccharomyces cerevisiae	$13{,}6 \pm 1{,}9^{A}$	$142{,}6 \pm 11{,}1^{A}$
AO 1	$14{,}4 \pm 1{,}4^{B}$	$134{,}4 \pm 4{,}5^{A}$
AO 2	$14{,}5 \pm 3{,}3^{B}$	$146{,}5 \pm 2{,}9^{B}$
AO 3	$12{,}8 \pm 1{,}5^{A}$	$130{,}8 \pm 10{,}3^{A}$
Aspergillus oryzae	$13{,}9 \pm 2{,}1^{A}$	$137{,}2 \pm 9{,}2^{A}$
RO 1	$13{,}2 \pm 2{,}3^{A}$	$127{,}0 \pm 20{,}1^{A}$
RO 2	$14{,}3 \pm 1{,}1^{B}$	$134{,}9 \pm 3{,}5^{A}$
RO 3	$13{,}9 \pm 2{,}2^{B}$	$134{,}5 \pm 8{,}6^{A}$
Rhizopus oryzae	$13{,}8 \pm 1{,}8^{A}$	$132{,}1 \pm 11{,}7^{A}$
Ragi tape 1	$12{,}6 \pm 2{,}1^{A}$	$129{,}6 \pm 13{,}9^{A}$
Ragi tape 2	$14{,}6 \pm 3{,}1^{B}$	$137{,}7 \pm 12{,}1^{B}$
Ragi tape 3	$13{,}7 \pm 2{,}0^{B}$	$145{,}8 \pm 20{,}6^{B}$
Ragi tape	$13{,}6 \pm 2{,}3^{A}$	$137{,}7 \pm 15{,}5^{A}$

Keterangan : superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P<0{,}01$).

Produksi VFA paling rendah dari penelitian ini dihasilkan oleh ransum dengan Cr organik dengan *carrier R. oryzae* (Tabel 3). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya zat antagonis bagi pertumbuhan mikroba rumen. Jayanegara (2003) menyimpulkan bahwa kapang *Rhizopus sp.* mempunyai zat antagonis yang mengakibatkan terhambatnya penyerapan monosakarida oleh mikroba rumen.

Suplementasi Cr dalam penelitian ini dapat membuat sistem fermentasi rumen mengarah ke sintesis propionat (Tabel 4). Peningkatan produksi propionat ini lebih menguntungkan untuk pertumbuhan atau penggemukan ternak. Propionat merupakan VFA yang bersifat glukogenik, artinya dapat menjadi prekursor dalam sintesis glukosa melalui proses glukoneogenesis (McDonald *et al.*, 1995). Berarti suplementasi Cr yang diberikan dapat berpengaruh terhadap kinerja mikroba rumen sehingga metabolisme mengarah ke peningkatan pasokan energi untuk produksi.

Pengaruh suplementasi Cr organik terhadap proporsi molar asam butirat sangat bervariasi. Suplementasi 1 mg/kg ransum Cr organik dengan *carrier S. cerevisiae* dan *A. oryzae* tidak mengubah proporsi molar butirat. Semakin tinggi taraf Cr organik yang diberikan akan menurunkan proporsi molar butirat ($P<0{,}01$). Sementara itu proporsi molar butirat tidak dipengaruhi oleh suplementasi Cr organik dengan *carrier R. oryzae* pada seluruh level baik 1, 2, maupun 3 mg/kg ransum.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rataan proporsi molar butirat dari ransum yang disuplementasi Cr organik yang menggunakan ragi tape sebagai *carrier* paling tinggi ($P<0{,}05$) dibandingkan dengan ketiga fungi lainnya. Hal tersebut dapat terjadi karena di dalam ragi tape terdapat berbagai jenis fungi yang saling berinteraksi, sehingga kombinasi berbagai fungi

Tabel 4. Proporsi molar asetat, propionat, butirat dan valerat (% mM)

Perlakuan	Asetat	Propionat	Butirat	Valerat
Kontrol	50,52±19,94	29,81±13,10	12,95±8,17^{B}	0,73±1,26^{A}
SC 1	43,46±7,47	33,42±5,74	12,10±6,02	2,05±2,54^{AB}
SC 2	46,43±14,81	35,29±5,59	11,99±7,24^{A}	0,57±0,98^{A}
SC 3	48,82±21,20	31,58±14,65	11,79±7,20^{A}	0,00±0,00^{A}
Saccharomyces cerevisiae	46,24±13,66	33,43±8,50	11,96±5,93^{A}	0,87±1,64^{A}
AO 1	45,07±6,60	33,01±1,73	14,33±3,91^{B}	1,24±1,09^{AB}
AO 2	46,14±10,14	34,91±7,71	10,94±5,65^{A}	0,43±0,74A
AO 3	49,89±16,14	33,38±9,64	9,77±5,01^{A}	0,96±0,86^{AB}
Aspergillus oryzae	47,03±10,32	33,77±6,29	11,68±4,72^{A}	0,87±0,86^{A}
RO 1	51,22±6,74	33,95±3,08	8,90±6,55^{A}	0,52±0,89^{A}
RO 2	46,59±11,11	28,72±6,03	11,06±2,97^{A}	2,95±4,13^{AB}
RO 3	47,02±9,84	35,20±6,39	10,43±7,88^{A}	1,21±1,11^{AB}
Rhizopus oryzae	48,28±8,44	32,62±5,53	10,13±5,42^{A}	1,56±2,44^{A}
Ragi tape 1	49,74±4,80	33,02±2,95	10,10±5,69^{A}	0,46±0,79^{A}
Ragi tape 2	41,33±6,89	37,34±2,78	15,03±5,26^{B}	0,47±0,81^{A}
Ragi tape 3	41,17±12,10	33,17±8,50	17,53±3,68^{B}	0,51±0,88^{A}
Ragi tape	44,08±8,50	34,51±5,17	14,22±5,39^{AB}	0,48±0,72^{A}

Keterangan : superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata (P<0,01).

inilah yang diduga dapat meningkatkan butirat yang dihasilkan oleh suplementasi Cr organik yang menggunakan ragi tape.

Keberadaan mikroba rumen selain berperan dalam proses pencernaan pakan secara fermentatif juga berperan sebagai pemasok sumber protein bagi ternak. Mikroorganisme rumen membutuhkan pasokan nutrien yang cukup untuk dapat berkembang dan melakukan pencernaan fermentatif dengan baik. Sintesis protein mikroba rumen membutuhkan asam lemak rantai cabang sebagai prekursor. Asam lemak rantai cabang tersebut meliputi asam isobutirat (i-C_4), asam isovalerat (i-C_5), dan asam 2-metilbutirat (2Me-C_4) (Russel & Sniffen, 1984).

Jenis fungi yang digunakan sebagai *carrier* pada penelitian ini, dalam pembuatan Cr organik tidak berpengaruh terhadap proporsi molar isobutirat, isovalerat maupun isoacids secara keseluruhan (Tabel 5), tetapi suplementasi Cr memberikan pola produksi isoacids yang berbeda pada setiap fungi yang digunakan. Ransum kontrol menghasilkan isobutirat sebesar 2,91% mM. Suplementasi 1 mg Cr organik/kg ransum dengan *carrier S. cerevisiae* dan ragi tape menghasilkan proporsi molar isobutirat yang meningkat (P<0,05).

Suplementasi Cr organik 2 mg/kg ransum justru menurunkan proporsi molar isobutirat dan kembali meningkat pada suplementasi Cr organik sebesar 3 mg/kg (P<0,05). Sementara suplementasi Cr organik dengan *A. oryzae* dan *R. oryzae* sebagai *carrier* meningkatkan (P<0,05) proporsi molar isobutirat pada level 2 mg/kg ransum. Peningkatan Cr organik menjadi 3 mg/kg ransum justru menurunkan isobutirat (P<0,05) yang dihasilkan.

Suplementasi Cr organik yang diberikan juga tidak berpengaruh nyata terhadap proporsi

Tabel 5. Konsentrasi isobutirat, isovalerat dan isoacids (% mM)

Perlakuan	Isobutirat	Isovalerat	Isoacids
Kontrol	2,91±0,35^{A}	3,09±0,31	5,99±0,55
SC 1 mg/kg	4,72±3,45^{AB}	4,25±2,88	8,96±6,33
SC 2 mg/kg	2,44±1,26^{A}	3,28±1,55	5,72±2,80
SC 3 mg/kg	3,84±1,45^{AB}	3,98±1,53	7,82±2,96
Saccharomyces cerevisiae	3,66±2,21^{A}	3,84±1,86	7,50±4,03
AO 1	3,23±0,45^{A}	3,12±0,77	6,35±1,17
AO 2	3,86±1,82^{AB}	3,72±1,62	7,58±3,44
AO 3	3,22±2,80^{A}	2,78±2,34	6,00±5,14
Aspergillus oryzae	3,44±1,72^{A}	3,21±1,53	6,64±3,23
RO 1	2,88±1,35^{A}	2,54±0,54	5,42±1,89
RO 2	5,37±4,72^{AB}	5,31±5,34	10,68±1,05
RO 3	3,14±1,39^{A}	3,00±1,44	6,15±2,83
Rhizopus oryzae	3,80±2,81^{A}	3,62±3,06	7,41±5,85
Ragi tape 1	3,72±2,86^{AB}	2,97±1,63	6,68±4,49
Ragi tape 2	2,70±2,53^{A}	3,12±0,58	5,83±2,97
Ragi tape 3	4,21±2,40^{AB}	3,43±1,23	7,63±3,61
Ragi tape	3,54±2,35^{A}	3,17±1,08	6,71±3,34

Keterangan : superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata (P<0,01).

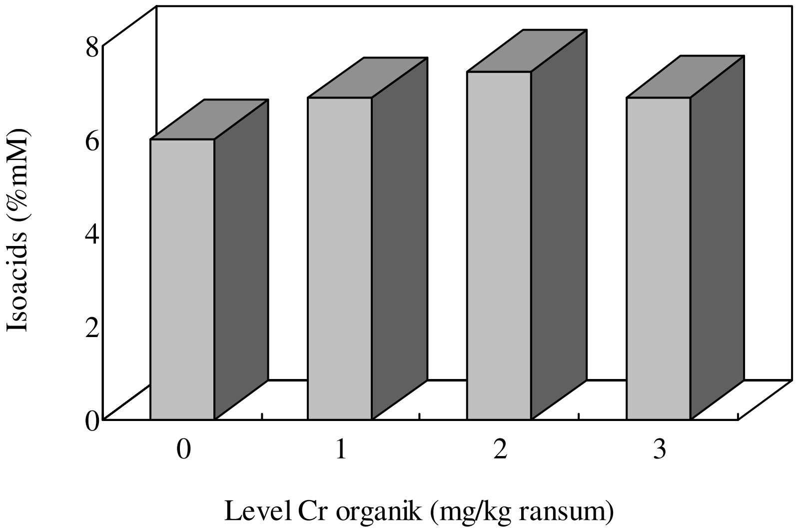
molar isovalerat dan isoacids. Proporsi molar isovalerat mempunyai pola yang hampir sama dengan isobutirat. Namun demikian, secara umum suplementasi Cr dapat meningkatkan proporsi molar isoacids (Gambar 2). Suplementasi Cr organik 2 mg/kg ransum merupakan taraf terbaik dimana dapat menghasilkan proporsi isoacids tertinggi.

Isoacids yang proporsi molarnya meningkat dalam penelitian ini adalah isobutirat, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan proporsi molar isoacids secara keseluruhan. Meskipun mekanismenya belum dapat diketahui pasti, Besong *et al.* (2001) menyatakan bahwa suplementasi Cr organik pada dosis yang tepat akan mempengaruhi produksi propionat, butirat, dan isobutirat dalam cairan rumen, dimana pemakaian 1,6 mg Cr/kg ransum dapat meningkatkan proporsi molar isobutirat.

Peningkatan isoacids tersebut diharapkan dapat meningkatkan sintesis protein mikroba karena isoacids merupakan sumber kerangka karbon bagi bakteri untuk biosintesis asam-asam amino rantai cabang, berturut-turut valin, leusin, dan isoleusin. Isoacids tersebut disintesis dari protein dan sumber karbon lain selama proses fermentasi di dalam rumen (Czerkawski, 1986).

Nisbah A/P, NGR, Produksi Metan dan Efisiensi Konversi Heksosa

Data VFA individual dalam cairan rumen dapat digunakan untuk mengetahui nilai nisbah A/P, NGR, produksi metan dan efisiensi konversi heksosa (Orskov & Ryle, 1990), yang dapat dilihat pada Tabel 6. Pemberian Cr organik tidak berpengaruh secara nyata terhadap nisbah A/P, tetapi terlihat kecenderungan nisbah A/P yang lebih rendah dari kontrol. Hal ini



Gambar 2. Konsentrasi isoacids berdasarkan Cr organik yang digunakan

menunjukkan bahwa proporsi propionat yang meningkat di dalam rumen, dibandingkan dengan asetat. Suplementasi Cr yang berperan dalam metabolisme glukosa mempengaruhi produksi propionat yang bersifat glukogenik.

Sistem fermentasi rumen yang mengarah ke propionat juga mengakibatkan nilai *non glucogenic ratio* (NGR) cenderung menurun. NGR adalah perbandingan antara asam lemak terbang yang bersifat non-glukogenik dan glukogenik. Peningkatan propionat yang bersifat glukogenik akan menurunkan nilai NGR. Nilai NGR pada ransum kontrol adalah 2,49 sedangkan suplementasi Cr organik 1, 2, dan 3 mg/kg ransum menyebabkan turunnya nilai NGR menjadi 1,72; 1,66 dan 1,89.

Nilai NGR berhubungan erat dengan produksi gas metan. NGR dan metan mempunyai korelasi positif, yang berarti semakin rendah nilai NGR semakin rendah pula produksi metan. Adanya indikasi penurunan produksi gas metan juga didukung oleh hasil estimasi produksi metan yang dihitung berdasarkan stoikiometri sintesis asetat, propionat dan butirat. Suplementasi Cr organik tidak menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap produksi metan, tetapi terlihat bahwa produksi metan ransum perlakuan lebih rendah dari kontrol. Rendahnya produksi metan berarti akan meningkatkan nilai efisiensi konversi heksosa, karena semakin sedikit energi yang terbuang dalam bentuk metan. Berdasarkan efisiensi penggunaan energi ransum, sistem fermentasi rumen yang mengarah ke sintesis asam propionat akan lebih menguntungkan (Orskov & Ryle, 1990), karena energi yang terbuang sebagai gas metan akan berkurang. Nilai efisiensi konversi heksosa menjadi VFA tersebut dapat diduga dari data VFA individual.

Peningkatan efisiensi konversi heksosa dengan suplementasi Cr organik terjadi pada level 2 mg/kg ransum untuk Cr organik dengan *carrier S. cerevisiae* dan *A. oryzae*. Efisiensi konversi heksosa yang diperoleh pada ransum perlakuan tersebut nyata lebih tinggi ($P<0,01$) dibanding ransum kontrol. Suplementasi Cr organik dengan *carrier R. oryzae* dan ragi tape dapat meningkatkan efisiensi konversi heksosa secara signifikan ($P<0,01$) pada taraf 1 mg/kg ransum. Suplementasi Cr organik menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi konversi heksosa.