

**POTENSI MIKROBIA SELULOLITIK CAMPURAN
DARI EKSTRAK RAYAP, LARUTAN FESES GAJAH
DAN CAIRAN RUMEN KERBAU**

*[Potentiality of Mixed Cellulolytic Microbes of Termite Extract, Elephant Feces Solution
and Buffalo Rumen Fluid]*

A. Prabowo¹, S. Padmowijoto², Z. Bachrudin², dan A. Syukur³

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan, Palembang

²Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

³Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

Received February 02, 2007; Accepted June 6, 2007

ABSTRAK

Penelitian ini terdiri dari dua penelitian. Penelitian pertama bertujuan untuk memperoleh mikrobia selulolitik dari ekstrak rayap (R_E), larutan feses gajah (G_{LF}), cairan rumen kerbau (K_{CR}) dan sapi (S_{CR}). Dua belas tabung hungate yang masing-masing berisi 13,5 ml media terbatas $[(NH_4)_2SO_4, CaCO_3, K_2HPO_4, MgSO_4 \cdot 7H_2O, NaCl, \text{kertas saring, aquades}]$ secara acak dibagi menjadi empat perlakuan berdasarkan sumber mikrobia (SM), yaitu: perlakuan R_T (SM: R_E), G_T (SM: G_{LF}), K_T (SM: K_{CR}), dan S_T (SM: S_{CR}). Rerata perubahan aktivitas spesifik carboxymethylcellulase (CMC-ase) perlakuan K_T ($0,0753 \pm 0,0170$ U/mg) lebih tinggi dan berbeda nyata ($P < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan R_T ($-0,0677 \pm 0,0099$ U/mg), G_T ($0,0229 \pm 0,0034$ U/mg), dan S_T ($0,0145 \pm 0,0074$ U/mg). Penelitian kedua bertujuan untuk mengetahui potensi mikrobia selulolitik hasil penelitian pertama dan beberapa kombinasinya dalam mendegradasi selulosa. Dua puluh empat tabung hungate yang masing-masing berisi 10 ml media pertumbuhan $[(NH_4)_2SO_4, MgSO_4 \cdot 7H_2O, NaCl, CaCl_2 \cdot 2H_2O, K_2HPO_4, KH_2PO_4, \text{selulosa, resazurin, yeast, sistein-HCl, dan aquades}]$ secara acak dibagi menjadi delapan perlakuan berdasarkan sumber mikrobia (SM), yaitu: perlakuan R_p (SM: R_T), G_p (SM: G_T), K_p (SM: K_T), S_p (SM: S_T), RG_p (SM: $R_T + G_T$), RK_p (SM: $R_T + K_T$), RS_p (SM: $R_T + S_T$), RGK_p (SM: $R_T + G_T + K_T$). Rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase perlakuan RGK_p ($0,2344 \pm 0,0014$ U/mg) lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan R_p ($0,0781 \pm 0,0015$ U/mg), G_p ($0,0060 \pm 0,0006$ U/mg), K_p ($0,0117 \pm 0,0005$ U/mg), S_p ($0,0285 \pm 0,0009$ U/mg), RG_p ($0,0569 \pm 0,0014$ U/mg), RK_p ($0,0965 \pm 0,0023$ U/mg), dan RS_p ($0,0868 \pm 0,0032$ U/mg). Potensi mikrobia selulolitik campuran dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau (perlakuan RGK_p) dalam mendegradasi selulosa adalah yang tertinggi.

Kata Kunci: Mikrobia Selulolitik, Ekstrak Rayap, Larutan Feses Gajah, Cairan Rumen Kerbau

ABSTRACT

This research consisted of two experiments. The first experiment was conducted to get cellulolytic microbes of termite extract (R_E), elephant feces solution (G_{LF}), buffalo (K_{CR}) and cattle (S_{CR}) rumen fluid. Twelve hungate tubes each contained of 13,5 ml limited media $[(NH_4)_2SO_4, CaCO_3, K_2HPO_4, MgSO_4 \cdot 7H_2O, NaCl, \text{paper filter, aquadest}]$ was divided to four treatments based on microbe resources (MR), namely: R_T (MR: R_E), G_T (MR: G_{LF}), K_T (MR: K_{CR}), and S_T (MR: S_{CR}). The average of specific activity change of CMC-ase K_T (0.0753 ± 0.0170 U/mg) treatment was higher and significantly different ($P < 0.05$) than those of R_T (-0.0677 ± 0.0099), G_T (0.0229 ± 0.0034 U/mg), and S_T (0.0145 ± 0.0074 U/mg) treatment. The second experiment was aimed to know potentiality of cellulolytic microbes from the first experiment and their several combinations in degrading cellulose. Twenty four hungate tubes each contained of 10 ml growth media $[(NH_4)_2SO_4, MgSO_4 \cdot 7H_2O, NaCl, CaCl_2 \cdot 2H_2O, K_2HPO_4, KH_2PO_4, \text{cellulose, resazurine, yeast, cycteine-HCl, and aquadest}]$ was divided to eight treatments based on microbe resources (MR), namely: R_p (MR: R_T),

G_p (MR: G_T), K_p (MR: K_T), S_p (MR: S_T), RG_p (MR: R_T+G_T), RK_p (MR: R_T+K_T), RS_p (MR: R_T+S_T), RGK_p (MR: $R_T+G_T+K_T$). The average of specific activity change of CMC-ase RGK_p (0.2344 ± 0.0014 U/mg) treatment was higher and significantly different ($P < 0.01$) than those of R_p (0.0781 ± 0.0015 U/mg), G_p (0.0060 ± 0.0006 U/mg), K_p (0.0117 ± 0.0005 U/mg), S_p (0.0285 ± 0.0009 U/mg), RG_p (0.0569 ± 0.0014 U/mg), RK_p (0.0965 ± 0.0023 U/mg), and RS_p (0.0868 ± 0.0032 U/mg). Potentiality of mixed cellulolytic microbes containing termite extract, elephant feces solution, and buffalo rumen fluid (RGK_p treatment) in degrading cellulose was the highest.

Keywords: Cellulolytic Microbes, Termite Extract, Elephant Feces Solution, Buffalo Rumen Fluid

PENDAHULUAN

Keberadaan mikrobia selulolitik dalam kehidupan di alam sangat penting sekali. Mikrobia ini berperan dalam proses degradasi bahan berserat dan dapat melakukan hubungan yang saling menguntungkan dengan makhluk hidup lain, misalnya: rayap, gajah, kerbau, dan sapi.

Rayap adalah serangga pemakan kayu. Di dalam saluran pencernaannya terdapat mikrobia selulolitik yang berperan dalam mendegradasi partikel-partikel kayu menjadi senyawa terlarut (Atlas dan Bartha, 1981; Lehninger, 1982). Menurut Sjöström (1981), kayu sebagian besar tersusun dari selulosa. Kurang lebih 40-45% bahan kering kayu adalah selulosa.

Gajah merupakan hewan monogastrik, hewan ini dapat memanfaatkan pakan berserat tinggi karena adanya peranan mikrobia selulolitik di dalam saluran pencernaannya (Ensiklopedi Indonesia, 1988). Pakan gajah pada umumnya tidak jauh berbeda dengan pakan kerbau dan sapi.

Menurut Van Soest (1994), kerbau dan sapi termasuk golongan ruminansia. Di dalam rumennya terdapat berbagai spesies dan jenis mikrobia. Pakan kerbau dan sapi pada umumnya berupa rumput. Menurut McDonald *et al.* (2002), rumput tersusun dari 20-30% selulosa. Puppo *et al.* (2002) melaporkan bahwa kemampuan mikrobia rumen sapi dalam mendegradasi bahan organik dan selulosa lebih baik daripada mikrobia rumen kerbau.

Menurut Cai *et al.* (1999) dan Beauchemin *et al.* (2003), mikrobia selulolitik pada umumnya akan mensekresikan tiga jenis enzim, yaitu: endoglukanase atau carboxymethylcellulase (CMC-ase), eksoglukanase, dan β -glukosidase. Secara sinergis ketiga jenis enzim ini mendegradasi selulosa menjadi glukosa. Enzim CMC-ase memecah ikatan hidrogen yang ada di dalam struktur kristalin selulosa sehingga terbentuk rantai-rantai individu selulosa,

eksoglukanase memotong ujung-ujung rantai individu selulosa sehingga menghasilkan disakarida dan tetrasakarida, misalnya seperti selobiosa, dan β -glukosidase menghidrolisis disakarida dan tetrasakarida menjadi glukosa.

Berdasarkan bahan yang didegradasi, mikrobia selulolitik yang ada di dalam saluran pencernaan rayap, gajah, kerbau, dan sapi tentunya masing-masing mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, misalnya ada yang mempunyai aktivitas CMC-ase tinggi, tetapi aktivitas eksoglukanase maupun β -glukosidasenya rendah, demikian pula sebaliknya. Dengan demikian apabila mikrobia selulolitik yang berasal dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau digabungkan, maka akan terjadi suatu keseimbangan sistem enzim selulase yang baru. Keseimbangan yang baru ini diharapkan lebih baik daripada sebelum digabungkan. Dengan alasan inilah, maka penelitian ini menarik untuk dilakukan karena apabila hasil penggabungan mikrobia selulolitik dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau dapat menghasilkan aktivitas spesifik CMC-ase yang lebih tinggi daripada sebelum digabungkan, maka mikrobia selulolitik campuran ini berpotensi untuk diinokulasikan ke rumen ternak sapi untuk meningkatkan pencernaan serat pakan sehingga performan sapi dapat meningkat. Seperti yang dilaporkan Morgavi *et al.* (2000), terdapat hubungan sinergis antara enzim yang diproduksi oleh mikrobia organisme rumen sapi dan enzim eksogenous yang diproduksi oleh fungi aerobik *T. Longibrachiatum* dalam mendegradasi selulosa. Colombatto *et al.* (2003) melaporkan bahwa aktivitas enzim CMC-ase dapat meningkat dengan penambahan enzim yang disekresikan oleh *Trichoderma reesei* yang mempunyai aktivitas utama xilanase dan selulase.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi mikrobia selulolitik campuran dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau dalam

mendegradasi selulosa. Sebagai variabel pengamatan adalah aktivitas spesifik CMC-ase. Enzim ini merupakan enzim pertama sehingga tingkat aktivitasnya sangat menentukan dalam proses degradasi selulosa (Hobson, 1988; Ding *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2004). Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan untuk meningkatkan produktivitas ternak ruminansia.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Materi penelitian pertama adalah 12 tabung hungate yang masing-masing berisi 13,5 ml media terbatas dengan pH 6,8. Media ini berisi 0,01 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,02 g CaCO_3 ; 0,01g K_2HPO_4 ; 0,005 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,001 g NaCl; 0,2 g kertas saring; 10 ml aquades (Skinner, 1971).

Materi penelitian kedua adalah 24 tabung hungate yang masing-masing berisi 10 ml media pertumbuhan dengan pH 6,8. Media ini berisi 0,0050 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,0005 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,0100 g NaCl; 0,0007 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,0650 g K_2HPO_4 ; 0,0350 g KH_2PO_4 ; 0,2 g selulosa; 0,01 ml resazurin (0,1%); 0,01 g yeast; 0,03 ml sistein-HCl (3%); 10 ml aquades (Skinner, 1971).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan mikrobia dari ekstrak rayap (R_E), larutan feses gajah (G_{LF}), cairan rumen kerbau (K_{CR}) dan sapi (S_{CR}). Variabel pengamatan adalah aktivitas spesifik CMC-ase. Pengamatan aktivitas spesifik CMC-ase dilakukan dengan mengukur kadar gula mereduksi dan kadar protein enzim. Aktivitas spesifik CMC-ase adalah kadar gula

mereduksi per kadar protein enzim. Enzim dipreparasi dengan cara memusingkan 1,5 ml larutan yang berasal dari tabung hungate dengan kecepatan 10.000 rpm selama 20 menit pada temperatur 4°C. Supernatan yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai sumber enzim.

Pengukuran gula mereduksi dilakukan terlebih dahulu dengan mengisi tabung-tabung reaksi berturut-turut dengan aquades, buffer, substrat, dan enzim sesuai dengan Tabel 1. Semua tabung selanjutnya diinkubasi pada temperatur 39°C selama 45 menit. Aktivitas enzim dihentikan dengan menambahkan 1 ml sianida karbonat, 0,2 ml sodium karbonat (2%), dan 2 ml kalium ferrisianida, kemudian sampel dihomogenkan dengan vortek dan selanjutnya dipanaskan dalam air mendidih selama 30 menit dalam keadaan tertutup. Setelah 30 menit tabung dimasukkan ke dalam air dingin selama 5 menit. Sisa warna kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Hasil pembacaan spektrofotometer selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus: $Y=(BL-ES)-(BL-S)-(BL-E)$, kemudian ke dalam rumus: $X=(Y+0,003508)/4,328$. Kadar gula mereduksi ($\mu\text{mol/ml/menit}$) = $(X \times \text{pengenceran} \times 10 \times 1,8)/45$

Pengukuran protein enzim dilakukan dengan cara menambahkan 2,5 ml lowry B [Lowry B1 (2% NaCO_3 dalam 0,1 N NaOH) : Lowry B2 (1% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) : Lowry B3 (2% K Na Tartrat) = 100:1:1] ke dalam tabung yang telah berisi 0,5 ml sampel enzim, dan diamkan selama 10 menit, kemudian ditambah 0,25 ml lowry A (folin:aquades = 1:1) dan divortek, selanjutnya diamkan selama 30 menit. Perubahan warna yang terjadi selanjutnya dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm.

Tabel 1. Jumlah Enzim, Buffer, Substrat, dan Aquades pada Pengukuran Gula Mereduksi

Tabung	Sumber Enzim (ml)	Buffer Na-Asetat pH 5,5 (ml)	Substrat CMC 1% (ml)	Aquades (ml)	Total Volume (ml)
ES	0,1	0,4	1,0	0,3	1,8
E	0,1	0,4	-	1,3	1,8
B	-	0,4	-	1,4	1,8
S	-	0,4	1,0	0,4	1,8

ES : enzim dan substrat
E : enzim

B : blangko
S : substrat

Hasil pembacaan dimasukkan ke dalam rumus: $X=(Y-0,03267)/2,512$. Kadar protein enzim (mg/ml) = X x pengenceran (Laboratorium Biokimia Nutrisi, 2004).

Pengambilan data pada penelitian pertama dilakukan dengan cara membagi secara acak 12 tabung hungate yang berisi 13,5 ml media terbatas menjadi empat perlakuan berdasarkan sumber mikrobia (SM), yaitu: perlakuan R_T (SM: R_E), G_T (SM: G_{LF}), K_T (SM: K_{CR}), dan S_T (SM: S_{CR}). Sesuai perlakuan, media dalam tabung diinokulasi dengan mikrobia dengan dosis 1,5 ml/tabung. Inkubasi dilakukan selama 7 hari pada temperatur 39°C. Pengambilan data aktivitas spesifik CMC-ase dilakukan pada inkubasi 0 dan 7 hari. Dari data ini kemudian dilakukan penghitungan perubahan aktivitas spesifik CMC-ase.

Pengambilan data pada penelitian kedua dilakukan dengan cara membagi secara acak 24 tabung hungate yang berisi 10 ml media pertumbuhan menjadi delapan perlakuan berdasarkan sumber mikrobia (SM), yaitu: R_p (SM: R_T), G_p (SM: G_T), K_p (SM: K_T), S_p (SM: S_T), RG_p (SM: R_T+G_T), RK_p (SM: R_T+K_T), RS_p (SM: R_T+S_T), RGK_p (SM: $R_T+G_T+K_T$). Sesuai perlakuan, media dalam tabung diinokulasi dengan mikrobia dengan dosis 1 ml/tabung, kemudian dialiri gas CO_2 selama ± 15 menit. Inkubasi dilakukan selama 7 hari pada temperatur 39°C. Pengambilan data aktivitas spesifik CMC-ase dilakukan pada inkubasi 0 dan 7 hari. Dari data ini kemudian dilakukan penghitungan perubahan aktivitas spesifik CMC-ase.

Pengolahan data dilakukan dengan program microsoft excel 2000 dan SPSS 11.5 (Santoso, 2000). Semua data dianalisis dengan analisis kovariansi dalam rancangan acak lengkap pola searah dan apabila terdapat perbedaan diantara rerata dilanjutkan dengan uji *Wilayah Ganda Duncan* (Gaspersz, 1991). Data

disajikan dalam bentuk nilai tengah disertai dengan nilai standar deviasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pertama

Aktivitas Spesifik CMC-ase Mikrobia Ekstrak Rayap, Larutan Feses Gajah, Cairan Rumen Kerbau dan Sapi

Rerata aktivitas spesifik CMC-ase pada inkubasi 0 hari perlakuan R_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_T , K_T , dan S_T , demikian pula perlakuan K_T dan S_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_T , sedangkan perlakuan K_T berbeda tidak nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan S_T (Tabel 2).

Hasil ini belum dipengaruhi oleh aktivitas mikrobia karena mikrobia yang ada pada setiap perlakuan masih dalam fase lag (adaptasi) sehingga aktivitas spesifik CMC-ase masing-masing perlakuan masih dipengaruhi oleh aktivitas spesifik CMC-ase ekstrak rayap ($R_E = 0,5278 \pm 314$ U/mg), larutan feses gajah ($G_{LF} = 0,0008 \pm 0,0002$ U/mg), cairan rumen kerbau ($K_{CR} = 0,0025 \pm 0,0004$ U/mg) dan sapi ($S_{CR} = 0,0026 \pm 0,0001$ U/mg).

Rerata aktivitas spesifik CMC-ase pada inkubasi 7 hari perlakuan R_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_T , K_T , dan S_T , demikian pula perlakuan K_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan S_T dan G_T , sedangkan perlakuan S_T berbeda tidak nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan G_T (Tabel 2). Hasil ini tidak jauh berbeda dengan pengamatan pada inkubasi 0 hari,

Tabel 2. Rerata dan Perubahan Rerata Aktivitas Spesifik CMC-ase (U/mg)

Perlakuan	Waktu Inkubasi		Perubahan Aktivitas Spesifik CMC-ase
	0 hari	7 hari	
R_T	$0,7638 \pm 0,0061^a$	$0,6961 \pm 0,0142^a$	$- 0,0677 \pm 0,0099^c$
G_T	$0,0095 \pm 0,0003^c$	$0,0325 \pm 0,0033^c$	$0,0229 \pm 0,0034^b$
K_T	$0,0225 \pm 0,0008^b$	$0,0978 \pm 0,0168^b$	$0,0753 \pm 0,0170^a$
S_T	$0,0214 \pm 0,0019^b$	$0,0359 \pm 0,0062^c$	$0,0145 \pm 0,0074^b$

^{a,b,c}Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P<0,05$)

R_T : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari ekstrak rayap (R_E)

G_T : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari larutan feses gajah (G_{LF})

K_T : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari cairan rumen kerbau (K_{CR})

S_T : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari cairan rumen sapi (S_{CR})

walaupun pengamatan pada inkubasi 7 hari sudah ada perubahan rerata aktivitas spesifik CMC-ase akibat adanya aktivitas mikrobia. Hal ini disebabkan karena perbedaan aktivitas spesifik CMC-ase antara perlakuan R_T dengan G_T , K_T , dan S_T pada inkubasi 0 hari menunjukkan angka yang sangat jauh dibandingkan dengan perubahan aktivitas spesifik CMC-ase untuk masing-masing perlakuan.

Rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase selama 7 hari perlakuan K_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan R_T , G_T , dan S_T , demikian pula perlakuan G_T dan S_T lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan R_T , sedangkan perlakuan G_T berbeda tidak nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan S_T (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa mikrobia selulolitik pada perlakuan K_T lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan baru (media terbatas) dibandingkan dengan mikrobia selulolitik pada perlakuan G_T , S_T , dan R_T , demikian pula mikrobia selulolitik pada perlakuan G_T dan S_T lebih mudah beradaptasi dibandingkan dengan mikrobia selulolitik pada perlakuan R_T .

Penelitian kedua

Aktivitas Spesifik CMC-ase Mikrobia Ekstrak Rayap, Larutan Feses Gajah, Cairan Rumen Kerbau dan Sapi serta Beberapa Kombinasinya

Rerata aktivitas spesifik CMC-ase pada inkubasi 0 hari perlakuan R_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , K_p , S_p , RG_p , RK_p , RS_p , dan RGK_p (Tabel 3); demikian pula: a.) perlakuan K_p dan RK_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , S_p , RG_p , RS_p , dan RGK_p ; b.) perlakuan RS_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , S_p , RG_p , dan RGK_p ; c.) perlakuan RG_p dan RGK_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p dan S_p . Hasil ini masih dipengaruhi oleh aktivitas spesifik CMC-ase perlakuan R_T , G_T , K_T , dan S_T (perlakuan penelitian pertama) dan kombinasinya untuk masing-masing perlakuan karena mikrobia yang ada pada setiap perlakuan masih dalam fase lag (adaptasi).

Rerata aktivitas spesifik CMC-ase pada inkubasi 7 hari perlakuan RGK_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan R_p , G_p , K_p , S_p , RG_p , RK_p , dan RS_p ; demikian pula: a.) perlakuan R_p dan RK_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , K_p , S_p , RG_p , dan RS_p ; b.) perlakuan RS_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , K_p , S_p , dan RG_p ; c.) perlakuan RG_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p , K_p , dan S_p ; d.) perlakuan K_p lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p dan S_p ; e.) perlakuan S_p lebih tinggi dan berbeda nyata

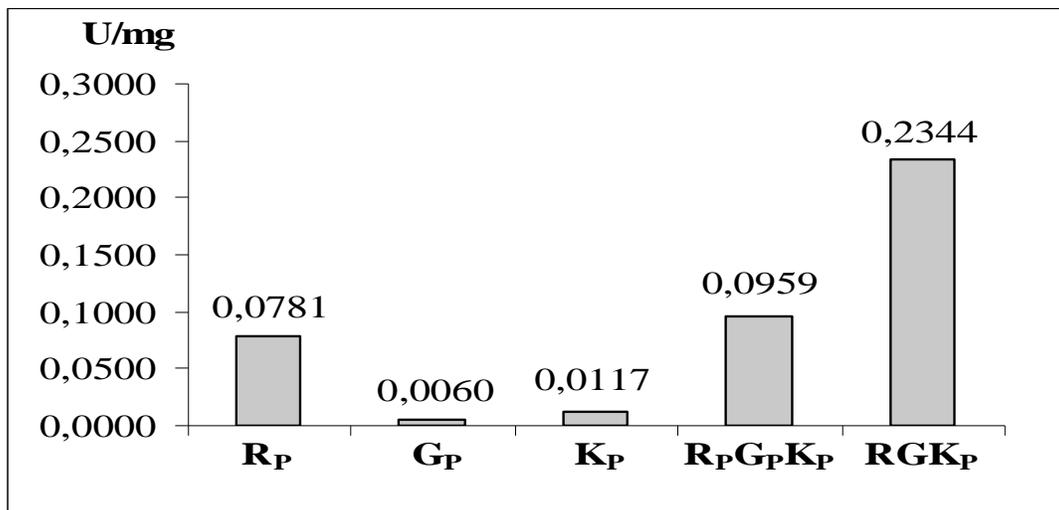
Tabel 3. Rerata dan Perubahan Rerata Aktivitas Spesifik CMC-ase (U/mg)

Perlakuan	Waktu Inkubasi		Perubahan Aktivitas Spesifik CMC-ase
	0 inkubasi	7 inkubasi	
R_p	0,0416 ± 0,0027 ^a	0,1197 ± 0,0026 ^b	0,0781 ± 0,0015 ^s
G_p	0,0089 ± 0,0015 ^e	0,0149 ± 0,0009 ^{se}	0,0060 ± 0,0006 ^w
K_p	0,0317 ± 0,0031 ^b	0,0435 ± 0,0029 ^e	0,0117 ± 0,0005 ^v
S_p	0,0082 ± 0,0012 ^e	0,0366 ± 0,0003 ^f	0,0285 ± 0,0009 ^u
RG_p	0,0187 ± 0,0032 ^d	0,0757 ± 0,0023 ^d	0,0569 ± 0,0014 ^t
RK_p	0,0284 ± 0,0028 ^b	0,1249 ± 0,0006 ^b	0,0965 ± 0,0023 ^q
RS_p	0,0237 ± 0,0021 ^c	0,1105 ± 0,0052 ^c	0,0868 ± 0,0032 ^r
RGK_p	0,0187 ± 0,0026 ^d	0,2531 ± 0,0016 ^a	0,2344 ± 0,0014 ^p

^{a,b,c,d,e,f}Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P<0,05$)

^{p,q,r,s,t,u,v,w}Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P<0,01$)

- R_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan R_T
- G_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan G_T
- K_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan K_T
- S_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan S_T
- RG_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan R_T dan G_T
- RK_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan R_T dan K_T
- RS_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan R_T dan S_T
- RGK_p : perlakuan yang menggunakan mikrobia dari perlakuan R_T , G_T , dan K_T



R_pG_pK_p: komulatif dari rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase perlakuan R_p, G_p, dan K_p

Ilustrasi 1. Rerata Perubahan Aktivitas Spesifik CMC-ase perlakuan R_p, G_p, dan K_p

($P < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan G_p. Hasil ini menunjukkan ada hubungan yang saling menguntungkan antara mikrobia yang berasal dari sumber yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase.

Rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase selama 7 hari inkubasi perlakuan RGK_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan R_p, G_p, K_p, S_p, RG_p, RK_p, dan RS_p; demikian pula: a.) perlakuan RK_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan R_p, G_p, K_p, S_p, RG_p, dan RS_p; b.) perlakuan RS_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan R_p, G_p, K_p, S_p, dan RG_p; c.) perlakuan R_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan G_p, K_p, S_p, dan RG_p; d.) perlakuan RG_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan G_p, K_p, dan S_p; e.) perlakuan S_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan G_p dan K_p; f.) perlakuan K_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan G_p. Hasil ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang saling menguntungkan antara mikrobia selulolitik dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau, seperti yang terlihat pada Tabel 3 dan Ilustrasi 1, yaitu rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase perlakuan R_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan G_p dan K_p, sedangkan perlakuan

RGK_p lebih tinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan R_p.

Menurut perhitungan kalau tidak ada hubungan sinergis, rerata perubahan aktivitas spesifik CMC-ase perlakuan RGK_p sama dengan atau lebih rendah dari 0,0959 U/mg (R_pG_pK_p) (Gambar 1). Hubungan sinergis ini dapat terjadi diduga karena mikrobia selulolitik dari larutan feses gajah dan cairan rumen kerbau mempunyai aktivitas eksoglukanase dan β -glukosidase yang lebih tinggi daripada mikrobia selulolitik dari ekstrak rayap sehingga hal ini dapat menyebabkan terbentuknya suatu keseimbangan sistem enzim selulase yang baru. Dengan meningkatnya aktivitas eksoglukanase dan β -glukosidase pada suatu sistem enzim selulase, maka akan meningkatkan aktivitas CMC-ase karena produk CMC-ase kalau tidak segera diubah oleh eksoglukanase dan produk eksoglukanase oleh β -glukosidase, maka akan menghambat aktivitas CMC-ase. Bok *et al.* (1998) melaporkan bahwa produk akhir utama hidrolisis selulosa, glukosa dan selobiosa, secara kompetitif menghambat aktivitas CMC-ase. Menurut Lehninger (1982), Pelczar dan Chan (1986), dan Sofro (1990), produk hasil kerja enzim pertama apabila tidak segera diubah oleh enzim yang berikutnya akan dapat menyebabkan hambatan bagi kerja enzim pertama. Pada beberapa sistem multienzim, enzim pertama atau enzim pengatur memiliki sifat menonjol. Enzim ini dihambat oleh produk akhir sistem multienzim.

Melalui hubungan sinergis antara mikrobial, proses pemecahan substrat akan lebih cepat karena produk hasil kerja enzim yang pertama dapat segera diubah oleh enzim berikutnya. Semakin cepat dan banyak substrat yang dapat diubah, maka kecepatan pertumbuhan mikrobial akan meningkat. Semakin banyak populasi mikrobial, maka semakin banyak enzim yang disekresikan sehingga hal ini akan meningkatkan konsentrasi enzim. Semakin tinggi konsentrasi enzim, maka semakin tinggi aktivitasnya (Pelczar dan Chan, 1986).

KESIMPULAN

1. Diperoleh mikrobial selulolitik dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, cairan rumen kerbau dan sapi.
 2. Potensi mikrobial selulolitik campuran dari ekstrak rayap, larutan feses gajah, dan cairan rumen kerbau (perlakuan RGK_p) adalah yang tertinggi
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut baik secara *in vitro* maupun *in vivo* untuk mengetahui kemampuan mikrobial selulolitik campuran tersebut di atas dalam meningkatkan *degradasi serat pakan*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada: 1.) Dr. Ir. Lies Mira Yusiati, SU selaku kepala Lab. Biokimia Nutrisi, Fapet UGM yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Lab. Biokimia Nutrisi, Fapet UGM; 2.) Ibu Karyanti selaku staf Lab. Biokimia, Fapet UGM yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, R.M. and R. Bartha. 1981. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Philippines.
- Beauchemin, K.A., D. Colombatto, D.P. Morgavi, and W.Z. Yang. 2003. Use of Exogenous Fibrolytic Enzymes to Improve Feed Utilization by Ruminants. *J. Anim. Sci.* 81 (E. Suppl. 2): E37-E47.
- Bok, J.D., D.A. Yernool, and D.E. Eveleigh. 1998. Purification, Characterization, and Molecular Analysis of Thermostable Cellulases CelA and CelB from *Thermotoga neapolitana*. *App. and Env. Microb.* 64 (12): 4774-4781.
- Cai, Y.J., S.J. Chapman, J.A. Buswell, and S.T. Chang. 1999. Production and Distribution of Endoglucanase, Cellobiohydrolase, and β -Glucosidase Components of the Cellulolytic System of *Volvariella volvacea*, the Edible Straw Mushroom. *App. and Env. Microb.* 65 (2): 553-559.
- Chen, P.J., T.C. Wei, Y. T. Chang, and L.P. Lin. 2004. Purification and Characterization of Carboxymethyl Cellulase. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 111-118.
- Colombatto, D., F.L. Mould, M.K. Bhat, D.P. Morgavi, K.A. Beauchemin, and E. Owen. 2003. Influence of Fibrolytic Enzymes on The Hydrolysis and Fermentation of Pure Cellulose and Xylan by Mixed Ruminant Microorganism *in Vitro*. *J. Anim. Sci.* 81:1040-1050.
- Ding, S.J., W. Ge, and J.A. Buswell. 2001. Endoglucanase I from the Edible Straw Mushroom, *Volvariella volvacea*. *Eur. J. Biochem.* 268: 5687-5695.
- Ensiklopedi Indonesia. 1988. *Ensiklopedi Indonesia Seri Fauna Indonesia*. P.T. Dai Nippon Printing, Jakarta.
- Gaspersz, V. 1991. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Tarsito. Bandung.
- Hobson, P.N. 1988. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science, London.
- Laboratorium Biokimia Nutrisi. 2004. *Biokimia Ternak. Petunjuk Praktikum*. Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lehninger, A.L. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia*. M. Thenawidjaja (pen.). 1997. Cetakan kelima. PT Gelora Aksara Pratama, Erlangga, Jakarta.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, and Morgan, C.A. 2002. *Animal Nutrition*. 6th ed. Ashford Colour Press, Gosport.
- Morgavi, D.P., Beauchemin, V.L. Nsereko, L.M. Rode, A.D. Iwaasa, W. Z. Yang, T. A. McAllister, and Y. Wang. 2000. Synergy between Ruminant Fibrolytic Enzymes and Enzymes from *T. Longibrachiatum*. *J. Dairy Sci.* 83: 1310-1321.
- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. R.S. Hadioetomo, T. Imas, S.S. Tjitrosomo, dan S.L. Angka (pen.). UI Press, Jakarta.
- Puppo, S., S. Bartocci, S. Terramocchia, F. Grandoni, and A. Amici. 2002. Rumen Microbial Counts and

- In Vivo Digestibility in Buffaloes and Cattle Given Different Diets. *Animal Sci.* 75: 323-329.
- Santoso, S. 2000. *SPSS*. Buku Latihan Statistik Parametrik. P.T. Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Sjöström, E. 1981. *Kimia Kayu*. H. Sastrohamidjojo (pen.) dan S. Prawirohatmodjo (ed.). 1998. Cetakan kedua. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Skinner, F.A. 1971. Isolation of Soil Clostridia. In: Isolation of Anaerobs. Academic Press, London.
- Sofro, A.S.M. 1990. *Biokimia*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of The Ruminant*. 2nd. Cornell University Press, New York.