

DEKOMPOSISI JERAMI PADI OLEH BIAKAN CAMPURAN BAKTERI SELULOLISIS DAN
PENAMBAT NITROGEN

(Suatu Percobaan Laboratorium)

**DECOMPOSITION OF RICE STRAW BY MIXED CULTURE OF CELLULOLYTIC AND
NITROGEN FIXING BACTERIA**

(Laboratory Experiment)

Oleh:

Ida Ekawati¹⁾ dan Syekhfani²⁾

¹⁾Fakultas Pertanian Universitas Kediri, Kediri, ²⁾Fakultas Pertanian Universitas
Brawijaya, Malang

(Diterima: 10 Mei 2005, disetujui: 23 Juli 2005)

ABSTRACT

The objective of this research was to know the ability of mixed culture of cellulolytic and nitrogen-fixing bacteria to increase decomposition rate of rice straw. A Completely Randomized Design with five replications was used in laboratory experiment. The treatments were a) synergetic cellulolytic bacteria (S2+S7), b) synergetic cellulolytic bacteria + Azotobacter, c) synergetic cellulolytic bacteria + Azospirillum, d) synergetic cellulolytic bacteria + Azotobacter + Azospirillum. The result showed that the nitrogen-fixing bacteria grown in mixed culture with cellulolytic bacteria could increase the decomposition rate of rice straw. This was proved by decreasing dry weight of the straw and higher decreasing of cellulose and lignin content than synergetic cellulolytic bacteria treatment. Mixed culture of synergetic cellulolytic and nitrogen-fixing bacteria showed that k (constant of the rate for decreasing total rice straw dry weight) was 0.0401 and k value for synergetic cellulolytic bacteria was only 0.0380.

PENDAHULUAN

Jerami padi merupakan limbah pertani-an yang kaya lignoselulosa. Keberadaannya sangat berlimpah; setiap tahun dihasilkan 41 juta ton bahan kering jerami (Chuzaemi, 1994). Bahan terbarukan tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik guna mendukung keberlanjutan usaha per-tanian. Masalahnya, untuk mengubah jerami padi menjadi pupuk organik terdapat kendala, yaitu dekomposisi jerami lambat, sehingga perlu adanya upaya mempercepat dekomposisi jerami padi. Salah satu cara yang dapat diterapkan adalah dengan memanfaatkan jasa mikroba selulolisis. Hal ini telah dibuktikan oleh Toharisman dan Hutasoit (1991), yang menggunakan inokulum campuran

jamur, bakteri, dan aktinomesetes pada pengomposan campuran blotong, abu ketel, dan seresah tebu. Cara ini lebih praktis dibandingkan dengan cara fisik dan kimia karena cukup menyebarkan mikroba sebagai inokulum pada substrat jerami padi.

Penggunaan mikroba selulolisis sebagai inokulum dipilih yang berkemampuan tinggi dan bersifat sinergis dalam mendekomposisi jerami padi. Apabila kelompok mikroba selulolisis sinergis yang mempunyai kemampuan tinggi tumbuh dominan, maka diharapkan dapat mempercepat laju dekomposisi jerami padi.

Mikroba dalam mendekomposisi jerami membutuhkan unsur nitrogen untuk pertumbuhannya. Apabila nitrogen tak tercukupi, maka

penyediaan nitrogen agar dekomposisi jerami padi lebih cepat. Pilihan penyediaan nitrogen secara hayati adalah dengan memanfaatkan bakteri penambat nitrogen bebas, seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum*.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dilakukannya penelitian rekayasa mikroba bakteri selulolisis sinergis dan penambat nitrogen bebas, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan biakan campuran bakteri tersebut dalam mendekomposisi jerami padi.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga Surabaya.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah jerami padi varietas IR 64 ukuran 40–50 mesh, isolat bakteri selulolisis sinergis S2 dan S7, isolat *Azotobacter* dan *Azospirillum*, dan larutan garam mineral (Anas, 1989). Pada penelitian ini digunakan rotary shaker merk TIT tipe TS 330 A, dan spektrofotometer untuk mengukur kadar polifenol.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) untuk menempatkan perlakuan ke dalam satuan percobaan. Perlakuan yang dicoba adalah A) bakteri selulolisis sinergis (S2 + S7), B) bakteri selulolisis sinergis (S2 + S7) dan bakteri *Azotobacter*, C) bakteri selulolisis sinergis (S2 + S7) dan *Azospirillum*, dan D) bakteri selulolisis sinergis (S2 + S7) + *Azotobacter* + *Azospirillum*. Masing-masing perlakuan diulang lima kali.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Inokulum

Isolat bakteri selulolisis S2 dan S7, isolat *Azotobacter* dan *Azospirillum*, yang semuanya berasal dari kompos jerami padi, masing-masing dibuat suspensi dengan cara: biakan agar miring dari isolat tersebut dituangi dengan larutan garam fisiologis lima milimeter, kemudian bakteri dilepas dari permukaan agar dengan jarum ose steril, tabung diaduk dengan jarum ose dan dikocok dengan memutar tabung reaksi dengan tangan. Suspensi dipindahkan ke dalam tabung reaksi kosong steril untuk diencerkan hingga diperoleh nilai OD (optical density) 0,7 (jumlah bakteri 10^8). Suspensi inilah yang digunakan sebagai inokulum.

Medium dan Penanaman

Jerami ukuran 40–50 mesh sebanyak satu gram dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml yang berisi 50 ml larutan garam mineral (Anas, 1989). Medium disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Medium yang telah steril diinokulasi dengan suspensi bakteri sesuai perlakuan. Jumlah bakteri yang diinokulasikan adalah masing-masing satu milimeter dengan OD 0,7 untuk isolat S2, isolat S7, isolat *Azotobacter* dan *Azospirillum*, sehingga masing-masing medium diinokulasi dengan tiga mililiter suspensi bakteri, kecuali perlakuan D. Inkubasi dilakukan dalam rotary shaker pada suhu 30°C dengan kecepatan 175 rpm. Waktu inkubasi 4, 8, dan 12 hari.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap residu jerami dan supernatan pada masing-masing waktu inkubasi. Residu jerami ditentukan dengan cara: jerami dalam labu Erlenmeyer yang telah diinkubasi disaring dengan crucible nomor satu kapasitas 15 ml. Residu

kering ditimbang untuk menentukan besarnya penyusutan jerami akibat komponennya terdekomposisi. Selain itu, ditentukan kadar selulosa, kadar lignin, dan polifenol dengan metode Anderson dan Ingram (1993). Kadar gula supernatan dianalisis dengan metode Anthrone, serta dilakukan pengamatan biomassa bakteri pada supernatan tersebut.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis dengan analisis ragam untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan terhadap dekomposisi jerami padi (Steel dan Torrie, 1960). Apabila uji F ($\alpha = 0,05$) nyata, maka dilakukan uji perbandingan berganda ortogonal kontras (Yitnosumarto, 1990). Analisis menggunakan fasilitas program minitab versi 6.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusutan Berat Total Substrat Jerami

Perlakuan inokulasi bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap penyusutan berat total substrat jerami. Inokulasi bakteri selulolisis dan penambat N mengakibatkan penyusutan berat total substrat jerami nyata lebih besar dibandingkan dengan jerami yang hanya diinokulasi dengan bakteri

selulolisis sinergis saja. Apabila laju penyusutan berat total sub-strat jerami padi dihitung dengan menggunakan persamaan $Y(t) = Y(0) * e^{-kt}$ (Mulongoy dkk., 1993; Sidhi, 1993), maka didapatkan tetapan laju penyusutan berat total jerami (k) sebesar 0,0401 untuk perlakuan biakan campuran bakteri selulolisis sinergis dan penambat N, sedangkan untuk biakan campuran bakteri selulolisis sinergis saja hanya menunjukkan nilai k sebesar 0,0380 (Gambar 1). Hal ini berarti bakteri penambat N mampu membantu meningkatkan laju dekomposisi jerami.

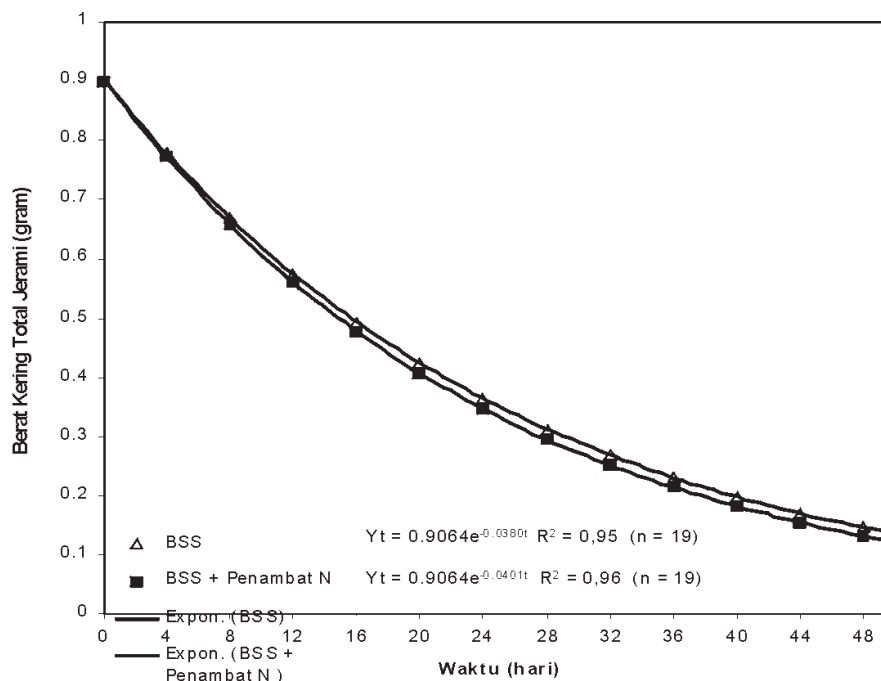
Persamaan $Y(t) = Y(0) * e^{-kt}$ yang digunakan untuk mengetahui laju dekomposisi bahan organik, telah diuji dengan menggunakan bahan organik kandungan N tinggi dan didapat nilai k sebesar 0,021 untuk *Glirisdia sepium* dan 0,025 untuk *Leucaena leucocephala* (Mulongoy dkk., 1993). Sidhi (1993) mengamati nilai k untuk jerami jagung yang digunakan sebagai mulsa sebesar 0,042 dengan lama pengamatan 16 hari. Dekomposisi jerami gandum hitam di laboratorium menunjukkan $k = 0,02$ (Paul dan Clark, 1989).

Apabila jerami padi diinokulasi dengan bakteri selulolisis sinergis dan dua jenis bakteri penambat N, yaitu *Azotobacter* dan *Azospirillum*,

Tabel 1. Rerata Penyusutan Berat Total Jerami Akibat Perlakuan Inokulasi Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N

Perlakuan	Penyusutan berat total substrat jerami (%)
BSS vs BSS + penambat N	36,64 b vs 37,55 a
{(BSS + <i>Azotobacter</i>) + (BSS + <i>Azospirillum</i>)} vs BSS	37,95 a vs 36,79 b
<i>Azotobacter</i> + <i>Azospirillum</i>	
BSS + <i>Azotobacter</i> vs BSS + <i>Azospirillum</i>	37,50 b vs 38,39 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.



Gambar 1. Grafik model dinamika dekomposisi jerami padi yang diinokulasi dengan biakan campuran bakteri selulolisis sinergis + penambat N dan tanpa bakteri penambat N

Kadar Selulosa

Dari hasil analisis ragam ($p \leq 0,05$) ditunjukkan bahwa perlakuan inokulasi bakteri selulolisis dan penambat N berpengaruh sangat nyata terhadap kadar selulosa residu jerami padi. Kadar selulosa jerami padi yang diinokulasi dengan bakteri selulolisis sinergis nyata lebih tinggi dibandingkan dengan jerami yang diinokulasi dengan bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N. Di antara bakteri penambat N *Azotobacter* dan *Azospirillum* yang diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis, menunjukkan kadar selulosa tidak berbeda nyata (Tabel 2). Hal ini berarti, bakteri penambat N dapat membantu meningkatkan dekomposisi komponen selulosa jerami padi. Liljeroth dkk. (1990) menyatakan bahwa laju pemineralan karbon ditentukan oleh ketersediaan nitrogen. Demikian pula Chantigny dkk.

(1999) menyatakan pemupukan N berpengaruh nyata terhadap pemineralan karbon pada tanah terolah.

Nitrogen merupakan faktor tumbuh bakteri selulolisis. Di dalam sel, nitrogen mengalami metabolisme menjadi protein, asam nukleat, dan polimer dinding sel (Pirt, 1985). Tersedianya nitrogen yang cukup mengakibatkan banyak protein yang terbentuk dan selanjutnya terjadi peningkatan pertumbuhan bakteri selulolisis atau terbentuk generasi II bakteri selulolisis. Selain itu, aktivitas enzim akan meningkat (Kaal dkk., 1995), sehingga lebih banyak komponen jerami yang terdekomposisi. Hasil dekomposisi selulosa akan digunakan oleh bakteri penambat nitrogen.

Kadar Lignin

Kadar lignin sangat nyata dipengaruhi oleh perlakuan inokulasi dengan bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N. Inokulasi dengan

Tabel 2. Rerata Kadar Selulosa Residu Jerami Akibat Perlakuan Inokulasi Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N

Perlakuan	Kadar Selulosa (%)
BSS vs BSS + penambat N	27,90 b vs 26,12 a
{(BSS + Azotobacter) + (BSS + Azospirillum)} vs BSS	26,15 a vs 26,07 a
Azotobacter + Azospirillum	
BSS + Azotobacter vs BSS + Azospirillum	26,15 a vs 26,14 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.

(Azotobacter dan Azospirillum) yang diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis, terdapat perbedaan yang nyata (Tabel 3).

Bakteri Azospirillum bila diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis dapat menurunkan kadar lignin jerami 23,66%; sedangkan Azotobacter sebesar 22,59%. Ketersediaan N diduga dapat berpengaruh terhadap aktivitas enzim. Kaal dkk. (1995) menyatakan bahwa aktivitas enzim ligninlisis pada jamur busuk putih meningkat dengan tersedianya N yang cukup dalam medium. Telah diketahui bahwa lignin yang berikatan secara kovalen dengan selulosa dapat menghambat dekomposisi selulosa (Jung, 1989).

Hasil penelitian Wedderburn dan Carter (1999) menunjukkan, kandungan lignin merupakan variabel terbaik untuk prakiraan laju dekomposisi seresah tanaman. Adanya peningkatan aktivitas enzim ligninlisis mengakibatkan lignin banyak terdekomposisi. Hal ini akan mempermudah penetrasi enzim selulase, sehingga komponen selulosa lebih banyak terdekomposisi. Hasil penelitian Thambirajah dkk. (1995) memperkuat dugaan ini, dikatakan bahwa laju penggunaan bahan berselulosa berkorelasi positif dengan meningkatnya nitrogen.

Nampaknya terdapat perbedaan peran nyata antara bakteri penambat N Azospirillum dan Azotobacter. Azospirillum dapat menurunkan kadar lignin lebih besar dibandingkan Azotobacter, bahkan besarnya penurunan kadar lignin oleh Azotobacter yang ditumbuhkan bersama bakteri selulolisis lebih rendah dibandingkan dengan bakteri selulolisis sinergis. Faison dan Kirk (1985) menyatakan bahwa kelebihan N dapat menekan produksi enzim ligninlisis peroksidase pada jamur putih, *Phanerochaeta chrysosporum*; sedangkan pada jamur busuk putih, aktivitas enzim ligninlisis sangat tinggi pada medium berkecukupan nitrogen (Kaal dkk., 1995). Hal ini berarti, kehadiran Azotobacter menekan kerja enzim ligninlisis, sedangkan Azospirillum meningkatkan kerja enzim ligninlisis. Di samping itu, kemampuan Azotobacter untuk menambat N lebih rendah dibandingkan dengan Azospirillum. Azotobacter hanya dapat meningkatkan kadar N medium 0,067%; sedangkan Azospirillum mampu meningkatkan kadar N medium 0,069%. Selain itu, N-mineral dapat berikatan dengan lignin maupun polifenol (Bennett, 1949 dalam Tian dkk., 1992), sehingga N-mineral tidak melarut. Berdasarkan hal tersebut diduga nitrogen hasil

Tabel 3. Rerata Kadar Lignin Residu Jerami Padi Akibat Inokulasi Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N

Perlakuan	Kadar Lignin (%)	
BSS vs BSS + penambat N	5,04 a	vs 5,04 a
{(BSS + Azotobacter) + (BSS + Azospirillum)} vs BSS	5,03 a	vs 5,07 b
Azotobacter + Azospirillum		
BSS + Azotobacter vs BSS + Azospirillum	5,07 b	vs 5,00 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.

bakteri selulolisis walaupun sebagian terikat dengan lignin maupun polifenol.

Kadar Polifenol

Perlakuan inokulasi bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N pada substrat jerami padi menunjukkan pengaruh nyata terhadap kadar polifenol residu jerami. Inokulasi bakteri selulolisis sinergis bersama bakteri penambat N menunjukkan kadar polifenol nyata lebih tinggi dibandingkan dengan inokulasi bakteri selulolisis sinergis tanpa bakteri penambat N. Satu jenis bakteri penambat N, Azotobacter atau Azospirillum, yang diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis, menunjukkan kadar polifenol lebih rendah dibandingkan dengan kedua jenis bakteri tersebut yang diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis pada substrat jerami padi. Namun, di antara jenis bakteri penambat N,

Azotobacter dan Azospirillum, tidak menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 4).

Meningkatnya kadar polifenol ini sebagai akibat dekomposisi komponen lignin, seperti hasil penelitian Kuwatsuka dan Shindo (1973), yang telah berhasil mengidentifikasi senyawa fenol baru hasil dekomposisi komponen lignin jerami padi.

Kadar Gula

Kadar gula supernatan sangat dipengaruhi oleh adanya bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N. Inokulasi bakteri selulolisis sinergis bersama bakteri penambat N menunjukkan kadar gula lebih rendah dibandingkan dengan inokulasi bakteri selulolisis sinergis tanpa penambat N. Apabila satu jenis bakteri penambat N (Azotobacter atau Azospirillum) diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis,

Tabel 4. Rerata Kadar Polifenol Substrat Jerami Padi Akibat Inokulasi Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N

Perlakuan	Kadar Polifenol (%)	
BSS vs BSS + penambat N	0,43 a	vs 0,61 b
{(BSS + Azotobacter) + (BSS + Azospirillum)} vs BSS	0,60 a	vs 0,62 b
Azotobacter + Azospirillum		
BSS + Azotobacter vs BSS + Azospirillum	0,60 a	vs 0,60 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.

Tabel 5. Rerata Kadar Gula Supernatan Akibat Inokulasi Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N

Perlakuan	Kadar Gula (mg/ml)	
BSS vs BSS + penambat N	0,0428 b	vs 0,0386 a
{(BSS + Azotobacter) + (BSS + Azospirillum)} vs BSS	0,0371 a	vs 0,0416 b
Azotobacter + Azospirillum		
BSS + Azotobacter vs BSS + Azospirillum	0,0376 b	vs 0,0366 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.

Azotobacter dan Azospirillum bila diinokulasi bersama bakteri selulolisis sinergis (Tabel 5).

Gula hasil dekomposisi selulosa diketa-hui sebagai penghambat kerja enzim selulase (Stegman dkk., 1981; Castellanos dkk., 1995). Apabila gula digunakan sebagai sumber energi bagi bakteri penambat N, ini berarti bakteri tersebut menghilangkan penghambat kerja enzim selulase, sehingga enzim dapat bekerja secara terus menerus. Akibatnya, jerami lebih cepat terdekomposisi.

Pada biakan campuran bakteri selulolisis sinergis dan penambat N, kadar gula 9,81% lebih rendah dibandingkan dengan biakan campuran bakteri selulolisis sinergis saja, namun penurunan kadar selulosa lebih tinggi 1,78%. Hal ini menunjukkan, bakteri penambat N berperan menurunkan kadar gula serta membuktikan adanya penggunaan gula oleh bakteri penambat N, yaitu sebagai

sumber energi bagi pertumbuhannya dan untuk menambat N_2 udara menjadi N-organik. Linch dkk. (1984) menyatakan, penambatan nitrogen molekul membutuhkan energi ATP cukup tinggi. Penambatan satu mol N_2 membutuhkan 12 - 20 mol ATP (Subba Rao, 1994). Energi ATP diperoleh bakteri melalui daur asam trikarboksilat dan glikolisis (Schlegel dan Schmidt, 1994). Tersedianya energi ATP yang cukup akan dihasilkan N-organik dalam medium.

Biomassa Bakteri

Biomassa bakteri selulolisis sinergis dan bakteri penambat N tidak berbeda nyata dengan biomassa bakteri selulolisis sinergis. Namun terdapat perbedaan yang nyata antara inokulasi dua jenis bakteri penambat N (Azotobacter dan Azospirillum) bersama bakteri selulolisis sinergis dengan inokulasi satu jenis bakteri penambat N bersama bakteri selulolisis

Tabel 6. Rerata Biomassa Bakteri Selulolisis Sinergis dan Penambat N yang Ditumbuhkan pada Substrat Jerami dengan Inkubasi 12 hari

Perlakuan	Biomassa Bakteri (mg/ml)	
BSS vs BSS + penambat N	2,142 a	vs 2,240 a
{(BSS + Azotobacter) + (BSS + Azospirillum)} vs BSS	2,109 a	vs 2,502 b
Azotobacter + Azospirillum		
BSS + Azotobacter vs BSS + Azospirillum	2,108 a	vs 2,110 a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada $p < 0,05$; BSS = Bakteri Selulolisis Sinergis.

KESIMPULAN

Biakan campuran bakteri selulolisis sinergis mampu mendekomposisi komponen jerami padi selulosa dan lignin. Penambahan bakteri penambat N pada biakan campuran tersebut dapat meningkatkan kemampuan biakan campuran dalam dekomposisi jerami padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 1989. Biologi Tanah dalam Praktek. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB, Bogor. 141 hal.
- Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility, A Handbook of Methods. CAB International. 221 p.
- Castellanos, O.F., A.P. Sinitsyn, and E.Y. Vlasenko. 1995. Evaluation of Hydrolysis Conditions of Cellulosic Materials by *Penicillium Cellulase*. *Biores. Technol.* 52: 109–17.
- Chantigny, M.H., D.A. Angers, D. Prevost, R.R. Simard, and F.P. Chalifour. 1999. Dynamics of Soluble Organic C and C Mineralization in Cultivated Soils with Varying N Fertilization. *Soil Biology and Biochemistry* 31(4): 543–550.
- Chuzaemi, S. 1994. Potensi Jerami Padi sebagai Pakan Ternak Ditinjau dari Kinetika Degradasi dan Resistensi Jerami di Dalam Rumen. Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Faison, B.D. and T.K. Kirk. 1985. Factors Involved in the Regulation of Ligninnase Activity in *Phanerochaete Chrysosporium*. *Appl. Environ. Microbial.* 49: 299–304.
- Jung, H.G. 1989. Forage Lignins and Their Effects on Fiber Digestibility. *Agron. J.* 81: 33–38.
- Kaal, E.E.J., J.A. Field, and T.W. Joyce. 1995. Increasing Lignolytic Enzyme Activities in Several White-rot Basidiomycetes by Nitrogen-sufficient Medium. *Biores. Technol.* 53: 133–139.
- Kuwatsuko, S. and H. Shindo. 1973. Behavior of Phenolic Substances in the Decaying Process of Plants I. Identification and Quantitative Determination of Phenolic Acids in Rice Straw and Its Decayed Product by Gas Chromatography. *Soil Sci. Plant Nutr.* 19: 219–227.
- Liljeroth, E., J.A. van Veen, and H.J. Miller. 1990. Assimilate Translocation to the Rhizosphere of Two Wheat Lines and Subsequent Utilization by Rhizosphere Microorganisms at Two Soil Nitrogen Concentrations. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 1015–1021.
- Linch, J.M., S.H.T. Harper, S.J. Champan, and D.A. Veal. 1984. Biodegradation of Lignocelluloses in Agricultural Waste. Pp. 126–145. In: G.L. Ferrero, M.P. Ferranti, and H. Naveau (Eds.), *Anaerobic Digestion and Carbohydrate Hydrolysis of Waste*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Mulongoy, K., E.B. Ibewiro, O. Oseni, N. Kilumba, A.O. Oparanadi, and O. Osonubi. 1993. Effect of Management Practices on Alley-Cropped Maize Utilization of Nitrogen Derived from Prunings on a Degraded Alfisol in South-Western Nigeria. Pp. 233–230. In: K. Mulongoy and R. Merckx (Eds.), *Soil Organic Matter Dynamic and Sustainability of Tropical Agriculture*. II TA/K.U. Leuven A Wiley-Sayce Co-Publication.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Acad. Press Inc., Toronto. 273 p.
- Pirt, S.J. 1985. *Principles of Microbe and Cell Cultivation*. Blackwell Scientific Publications, London. 273 p.

- Sidhi, P.P. 1993. Pengaruh Dekomposisi Mulsa Biomas Segar (Hasil Pangkasan dan Sisa Panen Budidaya Lorong) dengan Kantong Seresah (Litter Bags) Baku TSBF (Tropical Soil Biology Fertility) terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Kandiudult. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Program PKK Universitas Brawijaya, Malang.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. Mc.Graw-Hill Book Co., New York. 748 p.
- Stegman, W.H.C., P. Rapp, and F. Wagner. 1981. Formation, Localization and Regulation of 1,4 β -glucanases and 1,4 β -glucosidases from *Cellulomonas* sp. Advances in Biotechnology II: 27-32.
- Subba Rao, N.S. 1994. Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. UI-Press, Jakarta. 348 hal.
- Thambirajah, J.J., M.D. Zulkali, and M. A. Hashim. 1995. Microbiological and Biochemical Changes during the Composting of Oil Palm Empty-fruit-bunches. Effect of Nitrogen Supplementation on the Substrate. *Biores. Technol.* 52: 166-144.
- Tian, G., B.T. Kang, and L. Brussaard. 1992. Effect of Chemical Composition on N, Ca, and Mg Release During Incubation of Leaves from Selected Agroforestry and Follow Plant Species. Pp. 1-24. In: G. Tian (Ed.), *Biological Effect of Plants Residues With Contrasting Condition*. Kluwer Academic Publisher Pergamon Press. Ltd., Den Haag. 24 p.
- Toharisman, A. dan G.F. Hutasoit. 1991. Pengomposan Limbah Industri Gula secara Aerobik dengan Menggunakan Mikroba Selulolisis. Makalah Seminar Nasional Teknologi Industri V. Fakultas Teknologi Industri - ITS, Surabaya. 12 hal.
- Wedderburn, M.E. and J. Carter. 1999. Litter Decomposition by Four Functional Tree Types for Use in Silvopastoral Systems. *Soil Biology and Biochemistry* 31(3): 455-461.
- Yitnosumarto, S. 1990. Percobaan, Perancangan Analisis dan Interpretasinya. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Brawijaya Program