

PENGARUH BAHAN ORGANIK TERHADAP KADAR AIR TANAH DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG DI LAHAN KERING

Eko Murniyanto

Kopertis VI Jawa Tengah

Abstract

Effects of low quality organic matter application at rates of 5, 10, and 15 t/ha on soil water content and yield of maize have been studied on a dry land area of Wonogiri. The organic matters used for this study were *Acasia auriculiformis*, *Gigantochloa apus* and *Sacharum officinarum* litters. Results of the study showed that application of organic matter at all rates significantly increased water content and decreased C/N ratio of the soil, but did not affect water holding capacity of the soil. These changes have in turn significantly affected leaf area index, growth rate, number seed per pod, weight of 100 seeds and maize harvesting index.

Key words: low quality organic matter, soil water, maize yield

Pendahuluan

Lahan kering di Indonesia seluas 123 juta hektar (62% dari luas daratan), 88 juta diantaranya di wilayah kemiringan diatas 15%, bersuhu tinggi dengan intensitas curah hujan tinggi dan distribusi yang tidak merata, merupakan penyebab rendahnya produktivitas lahan (Sutedjo, 1992). Lebih khusus, di beberapa wilayah sering terjadi masa tidak hujan pada musin penghujan. Pada tahun 1990, Badan Meteorologi dan Geofisika melaporkan selama kurun waktu 30 tahun terakhir, terjadi penurunan intensitas curah hujan menjadi 397 mm selama 5,1 bulan, lebih rendah dari rata-rata 402 mm selama 4,8 bulan dimusim kemarau. Keadaan ini akan terus berlanjut sejalan pemanasan global (Martopo, 1991).

Di sisi lain, kebutuhan jagung tahun 2000, meningkat menjadi 7,48

juta ton, terdiri untuk pakan dan industri 4,62 juta, benih dan susut 0,9 juta dan konsumsi manusia 1,96 juta ton. Angka BPS pada tahun 1997 produksi yang dicapai 3,84 juta ton dari luas panen 3,84 juta hektar. Oleh karena itu pengembangannya diarahkan pada lahan kering.

Tanaman jagung memiliki sifat yang peka terhadap rendahnya kesuburan tanah dan ketersediaan air. Kebutuhan air selama pertumbuhannya minimal 364 mm. Kekurangan air selama pertumbuhan menurunkan hasil sampai 50%, pada saat penyerbukan menurunkan jumlah biji dan berat biji sampai 30% (Abrecht dan Carberry, 1994).

Secara fisiologi, bagi tanaman jagung, air berfungsi sebagai (i) bahan baku proses fotosintesis melalui hidrolisa menghasilkan $2H^+$ sebagai sumber energi untuk mereduksi CO_2

menjadi karbohidrat, (ii) penyusun protoplasma dengan cara menjaga turgor sehingga metabolisme tetap berlangsung, (iii) bahan dalam proses transpirasi, agar suhu tanaman dapat terjaga dan penyerapan air tanah tetap berlangsung, serta (iv) pelarut dan transpor unsur hara (Barajas *et al.*, 1992). Toleransi tanaman terhadap kekurangan air pada awalnya ditunjukkan dengan penutupan stomata, selanjutnya mempunyai kosekuensi yang kompleks terhadap metabolisme terutama fotosintesis dan respirasi (Barajas *et al.*, 1992), kebutuhan nutrisi (Hartermink, 1996), retranslokasi C/N dan akhirnya produksi yang dicapai (Zinselmeire, 1995).

Di dalam tanah, status air disuatu tempat berbeda dengan tempat lain tergantung potensial matrik dalam tanah, sistem tanaman dan atmosfer, yang akhirnya mempengaruhi status air tanaman (Huck, 1986). Tindakan meningkatkan efisiensi penggunaan air hujan bagi tanaman jagung sekaligus memelihara kesuburan lahan kering melalui penggunaan dan pengolahan bahan organik sangat diperlukan (Jo, 1990; Hsieh, 1990; Subha Rao, 1994).

Telah banyak dilakukan penelitian bahan organik bersumber dari pupuk kandang dan mulsa, umumnya menunjukkan pengaruh yang baik terhadap tanah dan tanaman (Barros dan Hanks, 1993; Chen dan Yung, 1990; Karama *et al.*, 1990; Priyono *et al.*, 1996). Bahkan di Bulgaria, penggunaan bahan organik dapat menekan pupuk kimia (Sugito, 1997).

Pemanfaatan bahan organik dalam suatu sistem dipusatkan pada pengkajian potensi bahan organik dalam menjediakan unsur hara, melalui proses dekomposisi dan mineralisasi. Sehingga bagi tanaman, umumnya dipilih bahan organik mudah lapuk artinya mudah

mengalami dekomposisi karena memiliki sifat rasio C/N, kandungan polifenol dan lignin yang rendah. Namun demikian bahan organik mudah lapuk tersebut tidak memberikan kontribusi terhadap kandungan bahan organik tanah akibatnya kemampuan tanah untuk menahan lebih banyak air hujan tidak meningkat. Sebaliknya bahan organik sukar lapuk, mempunyai sifat rasio C/N, kandungan polifenol dan lignin yang tinggi, umumnya lambat menyediakan unsur hara bagi tanaman, tetapi memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap kandungan bahan organik tanah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan kadar air tanah akibat penambahan bahan organik lambat lapuk dari beberapa sumber dan takaran, pengaruhnya terhadap laju pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman jagung di lahan kering.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di lahan kering tegal Desa Pondok, Kecamatan Ngadirejo, Kabupaten Wonogiri pada musim penghujan tahun 2003. Curah hujan selama penelitian, pada bulan November sebanyak 112 mm, Desember 132 mm, Januari 60mm dan Pebruari sampai Maret tidak terjadi hujan. Jagung CPI-1 ditanam secara tunggal sedalam ± 5 cm dengan jarak 75 x 25 cm. Pemupukan dasar menggunakan 180 kg urea, 100 kg TSP dan 100 kg KCI, empat minggu kemudian 120 kg Urea. Panen dilakukan 101 hari sesudah tanam tanpa di-defoliiasi. Penelitian terdiri atas dua seri yang dilakukan secara serentak. Seri pertama, untuk mempelajari bahan organik terhadap perubahan kadar air,

pertumbuhan dan produksi jagung. Faktor pertama, bahan organik bersumber dari daun *Acasia auriculiformis*, *Gigantochloa apus* dan *Sacharum officinarum*, faktor kedua, takaran sebanyak 5, 10 dan 15 t/ha, dicacah 3-4 cm dan ditanam dalam tanah. Seri kedua, untuk mempelajari perombakan bahan organik dimana bahan organik yang sama dimasukkan dalam *litter bag* yang terbuat dari tabung PVC berdiameter 10 cm, panjang 10 cm, kedua ujungnya ditutup dengan jala

polivynil dan ditempatkan secara acak \pm 1 cm dibawah permukaan tanah pada petak perlakuan berukuran 8 x 3,75 m, percobaan dari pertama. Masing-masing faktor disusun secara faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok, ditanam satu perlakuan tanpa bahan organik sebagai kontrol, sehingga diperoleh 10 kombinasi dan diulang sebanyak tiga kali. Pengamatan awal dilakukan terhadap sifat-sifat tanah dan bahan organik (Tabel 1)

Tabel 1. Karakteristik tanah penelitian dan bahan organik

Komponen	Kedalaman Tanah (cm)		Komponen	Bahan organik*)		
	0-15	15-30		Aa	Ga	So
PH H ₂ O	6,12	6,09	Kadar air (%)	8,51	9,31	9,18
PH KCI	4,74	4,96	C (%)	58,44	77,92	68,18
Kadar air maksimum (%)	61,41	58,66	N (%)	1,56	1,01	1,12
Kadar air kapasitas lpngn (%)	30,90	28,27	C/N (%)	37,46	77,15	60,86
Kadar air massa (%)	5,48	9,66	Polifenol (%)	1,05	3,54	4,42
Berat jenis (g/cm ³)	2,17	2,10	Lignin (%)	50,79	10,12	6,62
Berat volume (g/cm ³)	1,33	1,32	Cellulosa (%)	20,81	42,58	44,28
Porositas (%)	38,40	37,14	Abu (%)	0,16	15,28	10,22
C (%)	10,95	1,17				
N (%)	0,18	0,13				
C/N	10,49	9,00				
Tekstur	Liat	Liat				

*) Aa=*Acasia auriculiformis*, Ga = *Gigantochloa apus*, So= *Sacharum officinarum*

Pengamatan berikutnya dilakukan secara destruktif terhadap tiga tanaman contoh dan contoh tanah pada minggu 2, 4, 6, 8 dan 12. Parameter yang diamati, meliputi kandungan air tanaman, kandungan air tanah, indek luas daun, laju tumbuh tanaman, efesien penggunaan air, dan komponen hasil saat panen. Disamping itu juga terhadap C, N, rasio C/N sisa bahan organik dan N total tanah, tanaman serta N mineral tanah pada minggu 2, 4, 8 dan 12. Analisa data pengamatan menggunakan anova, model persamaanya:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + V_j + SV_{ij} + \epsilon_{k(ij)}$$

dimana:

- Y_{ijk} = pengamatan kelompok k yang ada dalam bahan organik (S) ke-i dan takaran (V) ke-j
 S_i = efek sumber pada taraf kualitatif ke-i
 V_j = efek takaran pada taraf kuantitatif ke-j
 S_{vij} = efek interaksi dikarenakan taraf ke-i sumber bahan organik (S) dan taraf ke-j dari takaran (V)
 ε_{k(ij)} = efek unit eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan taraf (ij)
 μ_s = nilai rata-rata sesungguhnya

Uji purata menggunakan Duncan *Multiple Range Test* pada Taraf 0.05 dilanjutkan analisis regresi.

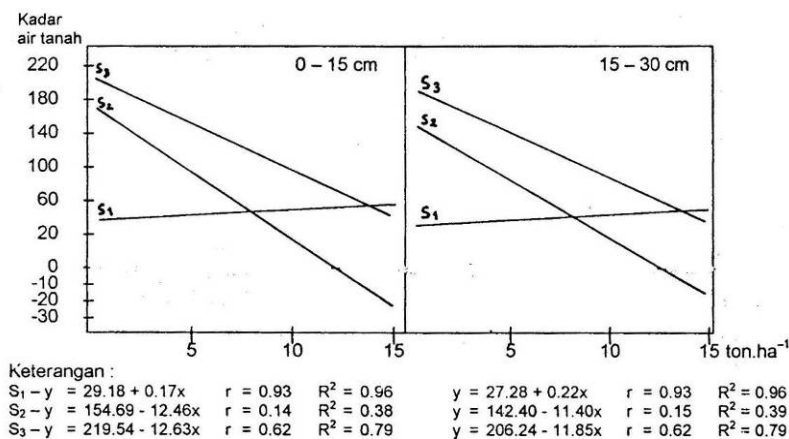
Hasil dan Pembahasan

Kadar air tanah

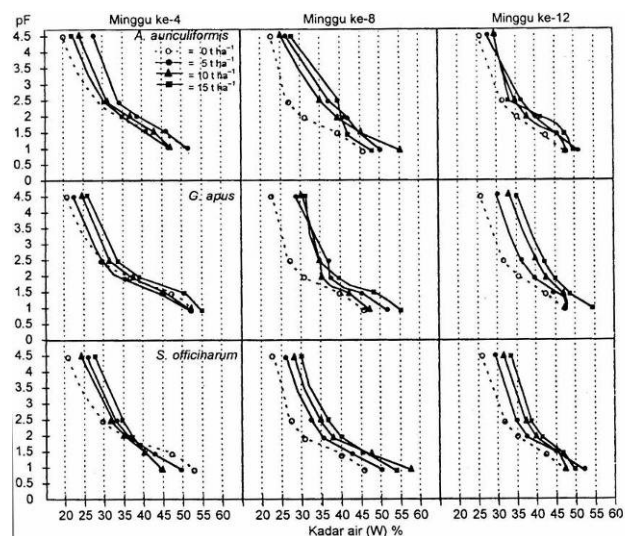
Kadar air massa pada kedalaman 0-15 cm dan 15-30 cm setiap minggu berfluktuasi, namun terjadi kecenderungan meningkat sampai 34,6% sejalan penambahan waktu dan takaran bahan organik, dibanding kontrol (29,5%) perlakuan bahan organik berbeda nyata pada $p \leq 0,05$. Interaksi sumber dan takaran bersifat

linier terjadi pada minggu 5 (Gambar 1). Peningkatan kadar air ini, disebabkan ikatan fisika bahan organik dan peningkatan laju infiltrasi. Namun sepanjang bahan organik belum terdekomposisi secara keseluruhan, belum tentu selamanya menjamin peningkatan air yang tersimpan dalam tanah (Gambar 2).

Banyaknya air yang tersimpan dalam tanah berkaitan dengan bobot isi (BI) tanah, dan BI dipengaruhi banyaknya bahan organik tanah. Dalam penelitian ini, perubahan C organik tanah belum nyata diikuti perubahan BI (Tabel 2)



Gambar 1. Hubungan kadar air tanah dengan takaran bahan organik pada minggu ke 5.



Gambar 2. Karakteristik air tanah akibat penambahan bahan organik

Tabel 2. Perubahan bobot isi tanah pada 0, 4, 8 dan 12 minggu setelah tanam

Perlakuan (t /ha)	Bobot Isi (g/cm ³)			
	0	4	8	12
<i>A. auricauliformis</i>				
5	1.33	1.11	1.08	1.07
10	1.33	1.04	1.03	1.07
15	1.33	1.03	1.06	1.11
<i>G. apus</i>				
5	1.33	1.00	1.05	1.08
10	1.33	1.05	1.12	1.15
15	1.33	1.04	1.12	1.17
<i>S. officinarum</i>				
5	1.33	1.03	0.94	1.05
10	1.33	1.04	1.07	1.09
15	1.33	1.06	1.12	1.13
Tanpa bahan organik	1.33	1.01	1.00	1.02

Penurunan BI yang tajam dari 0 sampai 4, 8, 12 minggu bukan akibat perlakuan tetapi dipengaruhi tempat analisa yang berbeda dan BO yang digunakan bersifat lambat lapuk, apabila terjadi perubahan, lebih banyak disebabkan dinamika C perombakan lanjut BO yang telah ada sebelumnya. Sejalan dengan penelitian Hun (*dalam* Jo, 1990) menunjukkan bahwa pemberian kompos pada tanah liat yang baru dibuka setelah satu musim dipupuk menurunkan kepadatan tanah menjadi 1,16 g/cm³ pada tanah atas dan 1.44 g.cm-3 pada tanah bawah, sedangkan daya pegang air menjadi 32,0% dan 26,8% dibandingkan kontrol sebesar 30,7% dan 24,2% pada lapisan yang sama.

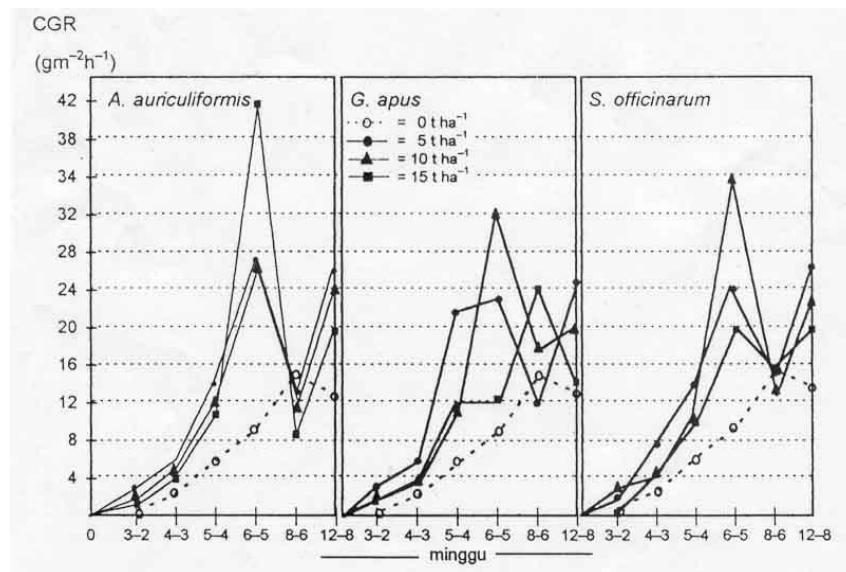
Pertumbuhan tanaman

Peningkatan kadar air ditanah diikuti peningkatan kadar air daun relatif (RWC) dan evapotranspirasi (ETa), besarnya lebih rendah dibandingkan kadar air tanah. Absorpsi air oleh tanaman dilakukan secara relatif dan pasif, banyaknya ditentukan gradien

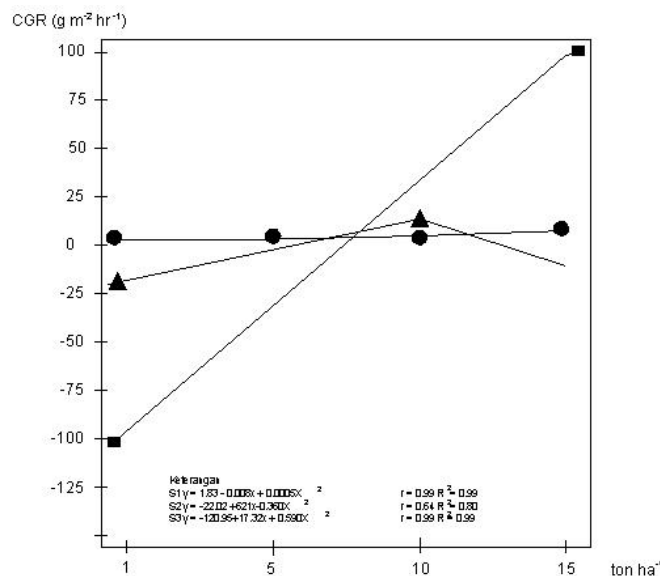
konsentrasi larutan. Air akan "mengalir" dari konsentrasi larutan yang tinggi menuju rendah (Huck, 1986). Tetapi mulai minggu 6, untuk bambu dan tebu pada takaran 10 dan 15 ton RWC menurun karena banyaknya volume bahan pada takaran yang sama, mempengaruhi sistem perakaran dengan tanah dan indek luas daun (LAI) serta laju tumbuh pertanaman (CGR) (Tabel 3). Hasil uji regresi bersifat kuadratik (Gambar 3 dan 4). Radiasi juga menentukan besarnya Eta, peningkatan kadar air tanah dan sistem perakaran tanah yang kurang, meningkatkan laju Eta, sehingga laju pertumbuhan tanaman rendah pada akhirnya efisiensi Penggunaan air (WUE) menjadi rendah. Sumber bahan organik dengan berbagai takaran tidak menunjukkan pengaruh pada banyak biji tiap tongkol, bobot 100 biji, indek panen tetapi berpengaruh nyata pada bobot biji per tanaman, hasil hektarnya dibanding tanpa penambahan bahan organik. Jika hasil ubinan dikonversikan dalam hektar maka hasil tertinggi sebanyak 5.377,97 kg dicapai dengan perlakuan *G. apus* 10 t, kemudian 5.320,22 kg dengan perlakuan

S. officinarum 5 t, 5.296,11 kg dengan perlakuan *A. auriculiformis* 5 t, sedangkan lainnya berkisar 4.500 kg dan terendah 3.145,67 kg tanpa penambahan bahan organik. Peningkatan kadar air tanah meningkatkan banyak biji setiap tongkol tetapi menurunkan bobot 100 biji, tetapi kadar air tanah yang terlalu rendah menurunkan jumlah biji dan bobot 100

biji (Tabel 3). Penggunaan air oleh tanaman meningkatkan sejalan peningkatan takaran BO pada *A. auriculiformis*, kemudian menurun pada *G. apus* dan *S. officinarum*, namun ketiganya masih lebih tinggi dibanding tanpa penambahan BO (Tabel 4).



Gambar 3. Kurva rata-rata laju pertumbuhan tanaman jagung akibat penambahan bahan organik (g/m²/hari)



Gambar 4. Hubungan CGR 6-5 minggu dengan takaran pada 3 (tiga) sumber bahan organik

Tabel 4. Total penggunaan air hujan dan efesiensinya oleh tanaman jagung di lahan kering

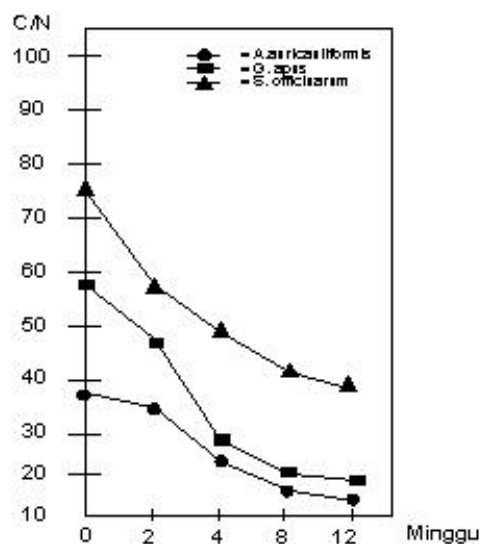
Perlakuan (t/ha)	Total penggunaan air	Bobot Isi (g/cm ³)	
		Biji (ka 6%)	Berat kering brangkas
<i>A. auriculiformis</i>			
5	451,308	24,38	52,89
10	426,509	24,53	59,35
15	376,011	24,76	62,56
<i>G. apus</i>			
5	466,669	20,74	49,36
10	383,982	30,47	60,38
15	425,252	22,14	46,87
<i>S. officinarum</i>			
5	426,508	30,94	74,84
10	397,309	25,69	63,08
15	433,502	22,26	53,29
Tanpa bahan organik	768,798	10,55	27,67

Penggunaan bahan organik menekan kehilangan air, melalui total penggunaan air oleh tanaman lebih rendah dibanding tanpa penggunaan bahan organik. Hal ini sejalan penelitian Barros dan Hanks (1993) pada *Phaseolus vulgaris* melalui sistem mulsa.

Perubahan bahan organik

Telah terjadi perombakan bahan organik yang diberikan, kandungan C, N dan rasio C/N berubah sejalan dengan penambahan waktu (Gambar 5). Peningkatan kadar air tanah meningkatkan kelembaban tanah, akibatnya mendorong laju perombakan bahan organik (Tian *et al.*, 1992). Menurut Swift *et al.* (1979), meskipun curah hujan rendah, namun jika suhu rendah (yang berarti kelembaban tinggi) maka dekomposisi bahan organik juga berlangsung dengan cepat, karena kecepatan mineralisasi N dipengaruhi kelembaban dan suhu tanah. Dalam penelitian ini, penurunan rasio C/N yang disajikan dalam gambar 6, sejalan dengan pernyataan tersebut, ketajaman

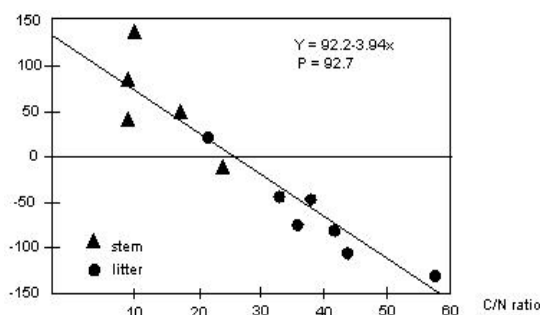
penurunan yang terjadi didekati melalui presentase, namun jika dihitung atas dasar bobot penurunannya relatif kecil, meskipun sudah diupayakan merubah konfigurasi fisik menjadi 3-4 cm.



Gambar 5. Kurva perubahan C/N sisa bahan organik dalam litter bag sampai 12 minggu

Sesungguhnya dekomposisi bahan organik tidak saja didekati melalui rasio C/N (Frankenberger dan Abdelmagid,

1985), tetapi juga kandungan N, lignin dan polifenol (Fox *et al.*, 1990; Palm dan Sanchez, 1991) kapasitas pengikatan protein dan rasio lignin/N (Handayanto *et al.* 1994; 1995). Namun demikian sebagai penelitian penunjang, mengetahui penurunan rasio C/n dapat dipakai sebagai informasi terjadinya dekomposisi bahan organik, sebagaimana yang pernah dilakukan oleh Handayanto *et al.* (1992) pada tanaman legume melalui inkubasi yang hasilnya ditunjukkan pada persamaan garis berikut:



Gambar 6. Hubungan antara jumlah C/N pada batang dan daun mineralisasi bersih per unit N selama 60 hari (Handayanto *et al.*, 1992)

Meskipun terjadi perombakan bahan organik, N mineral tanah tidak dipengaruhi oleh penambahan bahan organik baik mengenai sumbernya maupun takarannya. N yang diserap tanaman diduga berasal dari tambahan pupuk N maupun N mineralisasi lanjut atas bahan organik yang telah ada sebelumnya (Cadisch *et al.*, 1998).

Neraca N total yang disusun secara sederhana, dapat menjelaskan bahwa terjadi peningkatan serapan N oleh tanaman sejalan dengan pertambahan umur, N sisa bahan organik dalam litter bag meningkat, sedangkan jumlah N pada minggu kedua belas, jika dibanding N pada awal lebih rendah. Perubahan N sehingga 12 minggu untuk *A.*

auriculiformis berkisar 52,7-66,9%, yang diserap tanaman antara 2,7-5,7%, dibanding jumlah N awalnya, pada *G. apus* perubahannya mencapai 26,4-40,7% yang diserap tanaman 3,2-3,8%, sedangkan pada *S. officinarum* perubahan ini mencapai 31,1-39,6% dan yang diserap tanaman 3,1-3,9%. Tanpa penambahan bahan organik, perubahan N mencapai 32,1% dan 2,2% diantaranya diserap tanaman, sehingga dibanding dengan penambahan bahan organik, perubahan N sampai umur dua belas minggu relatif sama, namun penyerapan N oleh tanaman masih lebih tinggi. Diketahui bahwa salah satu cara penyerapan unsur oleh tanaman mengikuti pola serapan air. Peningkatan kadar air tanah umumnya diikuti kandungan N mineral dan meingkarkan serapan N, meskipun peristiwa ini tidak selamanya. Perubahan N selama dua belas minggu, yang tidak maksimal ini diduga masih terakumulasinya sebagian N dalam kompleks bahan organik tanah terjadi pencucian dan atau sumber energi bagi mikroorganisme perombak (Subha Rao, 1994).

Kesimpulan

Penambahan bahan organik lambat lapuk sampai 15 t/ha meningkatkan kadar air massa tanah hingga 43.2% dari daun *S. officinarum* serta berbeda nyata untuk tanah tanpa pemberian bahan organik mampu mengikat air sebesar 34.7%.

Laju pertumbuhan tanaman mengikuti pola eksponensial tetapi bobot setiap mingguanya menurun sejalan peningkatan takaran BO. Indeks luas daun meningkat sejalan peningkatan takaran bahan organik untuk akasia, tyetapi menurun untuk bambu dan tebu pada takaran 15 t/ha. Produksi jagung tertinggi sebesar 5.296

kg dicapai dari penambahan bahan organik yang bersumber dari *A. auriculiformis* 5 t/ha. 5377.98 dari *G. apus* dan 5332.02 kg dari *S. officinarum*, sedangkan tanpa bahan organik menghasilkan 3245.67 kg/ha. Penurunan rasio C/N minimal merupakan variabel terjadinya perombakan bahan organik yang diberikan, manun kandungan N yang diserap tanaman diduga berasal dari pupuk ke hasil perombakan bahan organik sebelumnya, karena N mineral tidak nyata.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Desa Pondok, Kecamatan Ngadirejo, Kabupaten Wonogiri atas bantuan penyediaan lahan percobaan.

Daftar Pustaka

- Abrecht, D.G and Carberry, P.S. 1994 The influence of Water Deficit Prior to Tassel Initiation on Maize Growth, Development and Yield. *Field Crop Research* 31:55-69.
- Barajas E.M., Verduzco, S.V., Galan, J.M., Tavera. H. L. and De-Jimenez, E.S. 1992. Relation of Rubisco to Maize Grain Yield improvement: Effect of Water Restriction. *Corp Sci.* 32:718-722.
- Barros, L.C.G and Hanks, R.J. 1993. Evapotranspiration and Yield of Beans as Affected by Mulch and Irrigation. *Agron*,J.85:692-697.
- Cadisch, G., Handayanto, E., Malama, C., Seyni, F. and Giller, K.E. 1998. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. *Plant and Soil* 205, 125-134.
- Chen, S.S. and Yung, T.C. 1990. The Effects of Organic Matter on Soil Physical Properties. Paper presented at Seminar on The Use of Organic Fertilizers in Crop Production, at Suweon, South Korea. 18-24 June 1990
- Fox, R. H., Yer, R.J.K. and Vallis. I. 1990. The Nitrogen Mineralization Rate of Legume Residues Soil as Influences by Their Polyphenolic, Lignin and Nitrogen Contents. *Plant and Soil* 129:125-259.
- Frankenberger, W.T. and Abdelmagid, H.M. 1985. Kinetic Parameter of Nitrogen Mineralization rates of Leguminosae Crops Intercorporated Into Soil. *Plant and Soil* 87.
- Handayanto, E. 1995. Peranan Polifenol dalam Mineralisasi Pangkasan Pohon Legume dan Serapan oleh Tanaman Jagung. *Agrivita* 18: 176-182.
- Handayanto, E., Cadish, G. and Giller, K.E. 1994. Nitrogen Release from Prunings of Legume Hedgerow Trees in Relation to Quality of The Prunings and Incubation Method. *Plant and Soil* 160:237-248
- Handayanto, E., Cadish, G. and Giller, K.E. 1995. Manipulation of Quality and Mineralization of Tropical Legume Three Prunings by Varying Nitrogen Supply. *Plant and Soil* 176:149-160.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Purnomosidi, P., Hanegraf, M., Agterberg, G., Hassink, J. and Van Noordwijk, M. 1992. Decomposition Rate of Legume Residues and N Mineralization in An Ultisol in Lampung. *Agrivita* 15 (1):75-86.
- Hsieh, S.C. and Hsieh, C.F. 1990. The User of Organic Matter in Crop Production. Paper Presented at Seminar on The Use of Organic Fertilizers in Crop Productions, at Suweon, South Korea, 18-24 June 1990.
- Huck, M.G. 1986. Water Flux in The Soil-Root Continuum, 47-64 p. in Barber, S.A. and Bouldin, D.R. (ed). *Proc. Roots, Nutrient and Water in Flux, and Plant Growth. Soil and Crop Science of America, Medison.*
- Jo, I.S. 1990. Effect of Organic Fertilizer on Soil Physical Properties and Plant Growth. Paper Presented at Seminar on The Use of Organic Fertilizers in Crop

- Production, at Suweon, South Korea. 18-24 June 1990.
- Karama, A. S., Marzuki, A.R. dan Manwan, I. 1990. Penggunaan Pupuk Organik pada Tanaman Pangan. Hal 395-425 dalam Effendi, S. (Ed). Proc. Lokakarya Efisiensi Penggunaan Pupuk V. Balitan-Deptan.
- Martopo, S. 1991. Perubahan Iklim dan Pertanian di Asia Tenggara. Makalah Seminar Regional. Unisri Surakarta.
- Palm, C. A. and Sanchez, P. A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 83-88.
- Priyono S., Listyarini, E., Dawam dan Setiyadi. 1996. Soil Physical Properties and Soil Moisture Retention Related to Organic Matter Input. Risalah Seminar Nasional Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi. Unibraw. June, 13, 1996.
- Subha Rao, N.S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. UI Prees Jakarta.
- Sugito, Y. 1997. Kebijakan Energi di Bidang Pertanian Menuju Era Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Ilmu Ekologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya 44 hal.
- Sutedjo. 1992. Intensifikasi Lahan Kering dengan Pola Usaha Tani Konservasi. Makalah Seminar Regional. Unisri Surakarta.
- Swift, M. J., Heal, O.W. and Anderson, J. M. 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *Studies in ecology* vol 5. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 372 p.
- Tian, G., Brussaard, L. and Kang, B.T. 1992. Earthworm and Millipedenhanced Degradation of Plant Residues in Relation to Their Chemical Compositions, Incubation Temperature and Soil Moisture. In: *Biological Effect of Plant Residues With Confronting Chemical Compositions on Plant and Soil Under Humid Tropical Conditions*. Grafisch Service Centrum of Landbourn Unverciteit Wageningen. Netherland.
- Zinselmeier, C., Westgate, M.E and Jones, R.J. 1995. Kernel Set at Low Water Potential Does Not Vary With Source/Sink Ratio in Maize. *Crop Sci.* 35: 158-163.