

**PENGUNAAN BAHAN ORGANIK UNTUK PERBAIKAN PRODUKTIVITAS
LAHAN BEKAS TAMBANG KAPUR*)**
(The Use of Organic Matter to Improve Productivity of Post Lime Mining Land)

Oleh/By :

Tyas M.Basuki, Dewi R. Indrawati dan/and Beny Haryadi

Balai Penelitian Kehutanan Solo

Jl. Jend. A. Yani-Pabelan, Kartasura Po Box 295 Surakarta 57102; Telp./Fax (0271) 716709, 716959;

e-mail : bp2tpdas@indo.net.id

*) Diterima : 11 Oktober 2004; Disetujui : 03 Januari 2007

ABSTRACT

Soil organic matter is one of determinant factors of soil fertility. The existence of soil organic matter will influence physical soil condition, nutrients availability and microorganism activities. In post lime mining land, organic matter is very low due to top soil loss. Furthermore, post lime mining land should be added with organic matter to improve soil properties and its productivity. In this research, several types of organic matter were used as treatments. The aim of the research was to evaluate effects of organic matters on soil microorganism, Zea mays Linn and Vigna sesquipedalis (L.) yield on post lime mining land. Randomized complete block design with five treatments and three replications were applied. The treatments were : rice husk charcoal 5 ton/ha/year + biomass residue of Zea mays + biomass of Mucuna sp. (ARS); charcoal of coconut palm sawdust 5 ton/ha/year + biomass residue of Zea mays + biomass of Mucuna sp. (ABK); manure 5 ton/ha/year + biomass residue of Zea mays + biomass Mucuna sp. (PKD); biomass residue of Zea mays + biomass of Mucuna sp. (MCN) and control (C). Zea mays was planted with spacing of 75 cm x 50 cm and two months later, Vigna sesquipedalis was planted in between of Zea mays. In this research, biomass residue of Zea mays and biomass of Mucuna sp. from previous harvest were return into the soil. Soil microorganism analysis showed that phospor solvent bacteria in all treatments were less than 30 colonies per gram soil. For all treatments, the highest nitrogen fixation bacteria was found at the third block. Meanwhile among the treatments, the highest N fixation bacteria was found at ABK treatment. Among the three blocks, the highest fungi population was found in the first block. The yield of dry corn grain for treatments ARS, ABK, PKD, MCN, and C were 5,533.3; 6,866.7; 6,066.7; 5,266.7; and 3,166.7 kg/ha, respectively. Meanwhile, the yield of Vigna sesquipedalis were 616.7; 1,066.9; 859.3; 700; and 324.6 kg/ha for treatments ARS, AK, PKD, MCN and C.

Key words : Organic matter, productivity, lime mining

ABSTRAK

Bahan organik merupakan salah satu faktor yang menentukan kesuburan tanah. Kandungan bahan organik akan mempengaruhi sifat fisik tanah, ketersediaan unsur hara, dan aktivitas mikroorganisme. Pada lahan bekas tambang, kandungan bahan organik sangat rendah sebagai akibat hilangnya lapisan atas tanah. Oleh karena itu, untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan produktivitas lahan bekas tambang perlu dilakukan penambahan bahan organik. Pada penelitian ini beberapa macam bahan organik digunakan sebagai perlakuan untuk memperbaiki sifat tanah dan meningkatkan produktivitas lahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh dari bahan organik pada mikroorganisme tanah serta produksi jagung (*Zea mays* Linn) dan kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* (L.) pada lahan bekas tambang kapur. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan lima perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang diterapkan adalah arang sekam 5 ton/ha/th + brangkas jagung + biomasa korobenguk (*Mucuna* sp.) (ARS); Arang gergaji glugu 5 ton/ha/th + brangkas jagung + biomasa korobenguk (ABK); Pupuk kandang 5 ton/ha/th + brangkas jagung + biomasa korobenguk (PKD); Brangkas jagung + biomasa korobenguk (MCN); dan kontrol (C). Jagung ditanam dengan jarak tanam 75 cm x 50 cm, dan dua bulan kemudian kacang panjang ditanam di antara tanaman jagung. Dalam penelitian, brangkas jagung dan korobenguk pada panen yang terdahulu dikembalikan ke dalam tanah. Analisis mikroorganisme tanah menunjukkan bahwa bakteri pelarut posfor pada semua perlakuan kurang dari 30 koloni/gr tanah. Untuk semua perlakuan, bakteri penambat nitrogen yang terbanyak terdapat pada blok III. Sedang antar perlakuan,

bakteri penambat nitrogen yang terbanyak ditemukan pada perlakuan ABK. Dari ketiga blok yang ada, populasi jamur terbanyak ditemukan pada blok I. Produksi jagung kering pipil pada perlakuan ARS, ABK, PKD, MCN, dan kontrol berturut-turut adalah 5.533,3 kg/ha; 6.866,7 kg/ha; 6.066,7 kg/ha; 5.266,7 kg/ha; dan 3.166,7 kg/ha. Sedang produksi kacang panjang adalah 616,7 kg/ha; 1.066,9 kg/ha; 859,3 kg/ha; 700 kg/ha; dan 324,6 kg/ha untuk perlakuan ARS, ABK, PKD, MCN, dan kontrol

Kata kunci : Bahan organik, produktivitas, tambang kapur

I. PENDAHULUAN

Kandungan bahan organik tanah merupakan salah satu cermin tingkat kesuburan tanah. Bahan organik berperan penting dalam menciptakan kondisi sifat-sifat fisik dan ketersediaan hara serta aktivitas mikroba tanah. Sifat fisik yang dipengaruhi oleh bahan organik adalah agregasi tanah yang berpengaruh terhadap struktur tanah, kapasitas tanah memegang air, dan aerasi tanah. Jika struktur tanah baik, maka kapasitas tanah memegang air akan meningkat, demikian juga aerasi tanahnya akan baik. Kandungan bahan organik berpengaruh terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK), karbon, dan nitrogen tanah. Peningkatan KTK berarti juga perbaikan ketersediaan hara dalam tanah. Kandungan bahan organik lahan-lahan pertanian di Indonesia umumnya rendah, terlebih pada lahan bekas tambang kapur yang dijadikan areal pertanian. Lahan bekas tambang kapur yang sudah hilang lapisan tanahnya dan dijadikan lahan pertanian dengan *input* hara yang minim akan semakin rusak kondisinya. Sementara aktivitas mikroorganisme berpengaruh terhadap kesuburan tanah karena memegang peranan penting dalam pengaktifan siklus hara (Munawar, 1998). Keberadaan mikroorganisme tanah sangat menentukan tingkat adaptabilitas dan daya hidup bagi pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang, serta kemantapannya dalam ekosistem secara ilmiah (Marpaung *et al. dalam* Darwo, 2003).

Lahan-lahan bekas tambang kapur yang digunakan penduduk untuk budidaya tanaman semusim banyak dijumpai di Desa Krakitan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Di lokasi tersebut

masyarakat setempat memanfaatkan lahan bekas tambang kapur untuk usaha penanaman singkong (*Manihot utilissima* Pohl), jagung (*Zea mays* Linn), dan kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* (L.) dengan *input* bahan organik yang berupa pupuk kandang dengan dosis seadanya sesuai kemampuan mereka. Hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan tenaga yang dikeluarkan untuk mencangkul lahan yang masih sangat keras, sementara kondisi tanahnya pun semakin kurus. Untuk memperbaiki kondisi lahan sekaligus membantu masyarakat memanfaatkan lahan yang ada, dilakukan penelitian dengan menggunakan beberapa jenis bahan organik. Hasil penelitian yang disajikan dalam jurnal ini merupakan hasil panen ketiga dari tiga kali penanaman yang telah dilakukan.

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh beberapa bahan organik terhadap populasi mikroorganisme, produksi jagung (*Zea mays* Linn), dan kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* (L.) pada lahan bekas tambang kapur.

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di bekas penambangan kapur yang dilakukan oleh masyarakat di wilayah Desa Krakitan. Dipilihnya lokasi ini sebagai tempat penelitian karena sebagian besar wilayah Desa Krakitan merupakan daerah perbukitan kapur di mana kegiatan penambangan kapur banyak dilakukan oleh masyarakat. Secara administratif Desa Krakitan termasuk ke dalam wilayah

Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Secara geografis lokasi tersebut terletak pada koordinat 110°36'48" BT, 7°44'27" LS sampai 110°38'44" BT, 7°45'51" LS.

B. Iklim, Geologi, dan Tanah

Curah hujan tahunan sebesar 1.577 mm, hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 336 mm, sedangkan hujan terendah terjadi pada bulan September 10 mm, bulan kering rata-rata berlangsung selama enam bulan.

Stratifikasi geologi daerah penelitian yang dikenal sebagai stratifikasi perbukitan Jiwo yang menjelaskan umur, formasi, tebal, dan jenis batuan yang terbentuk (Sutikno, 1978 dalam Purnomo, 1994). Jenis tanah pada plot penelitian adalah *Lithic ustorthents*.

C. Bahan dan Peralatan

Bahan organik yang digunakan meliputi pupuk kandang, arang sekam, arang limbah gergaji batang kelapa, dan biomasa korobenguk (*Mucuna sp.*) Selain bahan organik tersebut, juga digunakan pupuk anorganik sebagai pupuk dasar dan benih jagung. Sedang tanaman keras yang ditanam adalah jati (*Tectona grandis*) yang ditanam pada batas lahan de-

ngan jarak tanam sekitar 3 m x 3 m. Hal ini dilakukan karena kepemilikan lahan masyarakat sangat sempit dan bila tanaman keras ditanam pada seluruh lahan, masyarakat tidak mau melakukan karena tidak dapat menanam tanaman pangan.

D. Rancangan Penelitian

1. Rancangan dan Perlakuan

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok, lahan dikelompokkan menjadi tiga kelompok/blok. Perlakuan yang diterapkan disajikan dalam Tabel 1. Pemberian arang sekam, arang limbah gergaji batang kelapa, dan pupuk kandang dilakukan pada saat pengolahan tanah sehingga bahan-bahan tersebut tercampur dengan tanah. Bahan-bahan tersebut hanya diberikan satu kali dalam satu tahun, yaitu pada musim tanam I (November) 2002. Bahan organik lain yang ditambahkan dari hasil panen pada setiap plot sebelumnya adalah brangkas jagung dan biomas *Mucuna sp.* (Tabel 2).

Selain diberikan perlakuan, pada masing-masing petak coba diberikan pupuk dasar urea, SP36, dan KCl dengan dosis seperti yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel (Table) 1. Perlakuan pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*Treatment of organic fertilizer on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Kode perlakuan (Treatment code)	Perlakuan (Treatment)
ARS	Arang sekam 5 ton/ha/thn + <i>Mucuna sp.</i> + Pengembalian brangkas jagung
ABK	Arang gergaji glugu 5 ton/ha/thn + <i>Mucuna sp.</i> + Pengembalian brangkas jagung
PKD	Pupuk kandang 7,5 ton/ha/thn + <i>Mucuna sp.</i> + Pengembalian brangkas jagung
MCN	<i>Mucuna sp.</i> + Pengembalian brangkas jagung
C	Kontrol

Tabel (Table) 2. Penambahan limbah panen brangkas jagung dan biomasa *Mucuna sp.* pada perlakuan pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*The addition of Zea mays biomass residue and Mucuna sp. biomass to the organic fertilizer treatment on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Kode perlakuan (Treatment code)	Brangkas jagung (<i>Zea mays biomass residue</i>) (kg/ha)	Biomasa <i>Mucuna sp.</i> (<i>Mucuna sp. biomass</i>) (kg/ha)
ARS	9489,3	676,0
ABK	8446,7	341,6
PKD	8649,0	484,4
MCN	8370,8	321,9
C	Tidak ditambahkan	Tidak ditambahkan

Tabel (Table) 3. Pemberian pupuk dasar pada setiap perlakuan penanaman jagung di tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*The dosage of base fertilizer at Zea mays plantation treatment on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Jenis tanaman (Commodity)	Dosis pupuk (<i>Dosage of fertilizer</i>) (kg/ha)	Keterangan (Remarks)
Jagung	Urea 450 kg/ha	Dosis ini diberikan 3 kali, masing-masing sebanyak 150 kg pada saat tanam, tanaman berumur 3 dan 6 minggu
	SP36 150 kg/ha	Diberikan pada saat tanam
	KCl 150 kg/ha	Diberikan pada saat tanam

2. Pola Tanam

Penelitian ini merupakan penelitian berkesinambungan yang dilakukan sejak tahun 2001 dan direncanakan sampai dengan akhir musim penghujan tahun 2004. Penanaman jagung pertama dilakukan pada Oktober-Februari 2001, di mana pada waktu jagung berumur dua bulan, di antara tanaman jagung ditanami *Mucuna* sp., dan pada Pebruari-Mei 2002 ditanami jagung lagi.

Pada musim hujan berikutnya, yaitu bulan November 2002 ditanami jagung. Setelah jagung berumur dua bulan, di antara tanaman jagung ditanami kacang panjang yang hasilnya disajikan dalam tulisan ini. Jarak tanam jagung 75 cm x 25 cm dan kacang panjang ditanam di antara jagung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

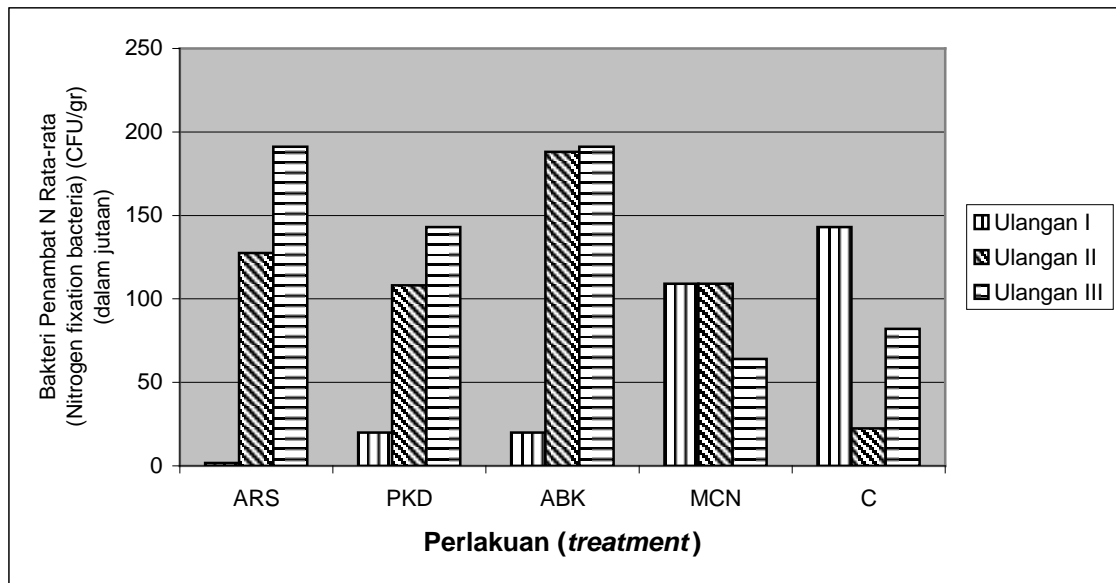
A. Populasi Mikroba dan Kandungan Hara Tanah

Dalam penelitian ini, perbaikan kondisi tanah diamati berdasarkan populasi beberapa mikroba tanah yang dikaitkan dengan kandungan haranya. Mikroba tanah yang dianalisis meliputi bakteri pelarut P, bakteri penambat nitrogen dan kandungan jamur secara keseluruhan. Pemilihan jenis mikroba yang dianalisis berdasarkan kontribusinya terhadap ketersediaan hara tanah maupun proses pembentukan tanah. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa jenis bakteri pelarut P jumlah sel kurang dari 30 koloni

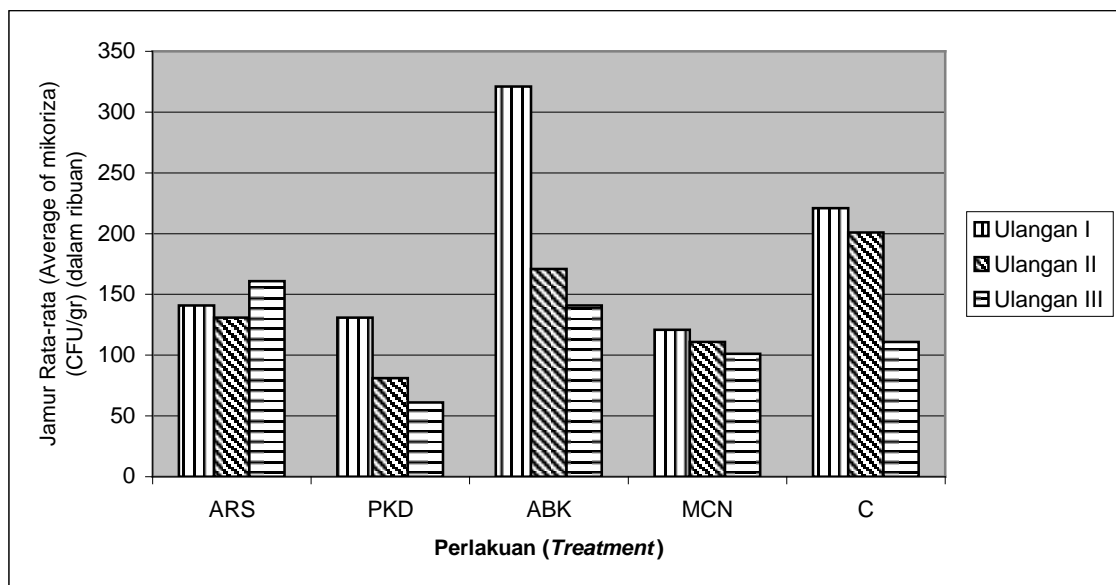
per gram. Walaupun jumlah bakteri pelarut P hanya sedikit, tetapi hasil analisis tanah menunjukkan adanya peningkatan persediaan P. Hal demikian memang sifat dari bakteri pelarut P, di mana jika tanah banyak mengandung P-tersedia maka jenis bakteri ini akan meninggalkan tanah tersebut. Bakteri pelarut P banyak dijumpai pada batuan-batuan yang mengandung mineral P yang masih dalam bentuk belum tersedia bagi tanaman.

Hasil analisis mikroba tanah pada setiap perlakuan pada masing-masing blok disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Gambar 1 menunjukkan bahwa pada blok I, kandungan bakteri penambat nitrogen kurang dibandingkan dengan blok II dan tertinggi dijumpai pada blok III. Jika dikaitkan dengan kandungan N total, terlihat bahwa pada blok III tersebut N-totalnya sedikit lebih tinggi daripada blok I dan II. Jika dibandingkan antar perlakuan, populasi bakteri penambat nitrogen tertinggi dijumpai pada perlakuan pemberian arang limbah gergajian batang kelapa + pengembalian brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp.

Populasi jamur tertinggi dijumpai pada perlakuan arang limbah gergajian batang kelapa + pengembalian brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp. Menurut Supriyo dan Yamato (2001) arang mempunyai peranan sebagai aktivator simbiose mikroorganisme, terutama bakteri nodul dan jamur mikoriza sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman. Jika dibandingkan antar blok, populasi jamur tertinggi dijumpai pada blok I, padahal pada blok I tersebut populasi bakteri penambat nitrogen justru paling rendah.



Gambar (Figure) 1. Populasi bakteri penambat nitrogen pada berbagai perlakuan pemberian pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*The population of nitrogen fixation bacteria at some organic fertilizer treatments on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)



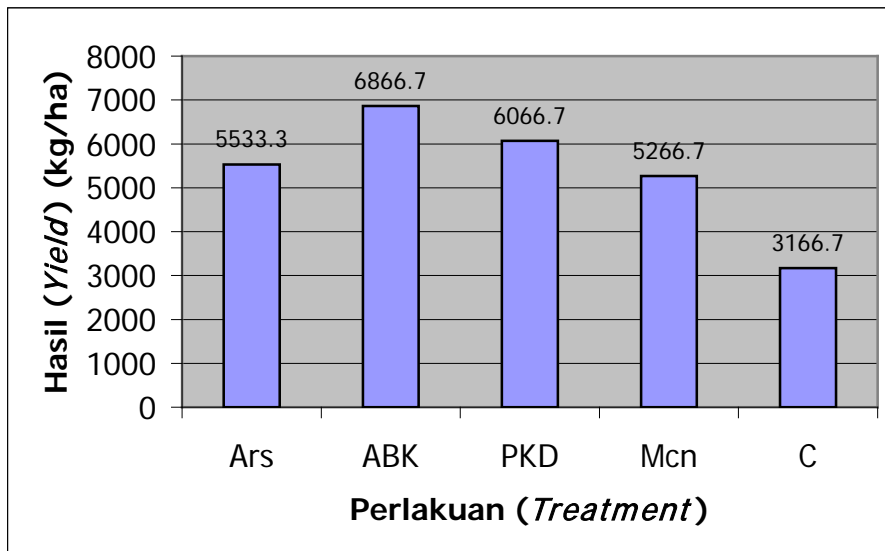
Gambar (Figure) 2. Populasi jamur pada berbagai perlakuan pemberian pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*The population of fungi at some organic fertilizer treatments on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

B. Produksi Tanaman Semusim

Produksi jagung kering pipil tertinggi diperoleh dari pemberian perlakuan arang limbah gergajian batang kelapa + pengembalian brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp. dan terendah dari petak kontrol (Gambar 3). Kenaikan produksi pada perlakuan tersebut lebih dari 50 % dibanding kontrol. Akan tetapi secara statistik perlakuan yang dicoba tidak berpe-

ngaruh nyata terhadap hasil yang diperoleh (Tabel 4).

Seperti halnya dengan produksi jagung kering pipil, produksi kacang panjang tertinggi juga diperoleh dari perlakuan arang limbah gergajian batang kelapa + arang limbah gergajian batang kelapa + pengembalian brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp. (Gambar 4), yang diikuti produksi pada perlakuan pupuk kandang + pengembalian brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp.



Gambar (Figure) 3. Produksi jagung kering pipil berbagai perlakuan pemberian pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Kaltan (*The dry corn yield at some organic fertilizer treatments on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Tabel (Table) 4. Sidk ragam produksi jagung kering pipil berbagai perlakuan pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*Analysis of variance dry corn yield at some organic fertilizer treatments on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Sumber keragaman (Source of variance)	Derajat bebas (Degree of freedom)	Jumlah kuadrat (Sum of square)	Kuadrat tengah (Mean square)	F-Hitung (F Value)	F –Tabel (F Table)	
					5 %	1 %
Blok	2	38.764.750	19.382.375	9,5	5,1	10,92
Perlakuan	3	22.850.666,7	7.616.889	3,7	4	
Error	6	12.197.333,3	2.032.889			

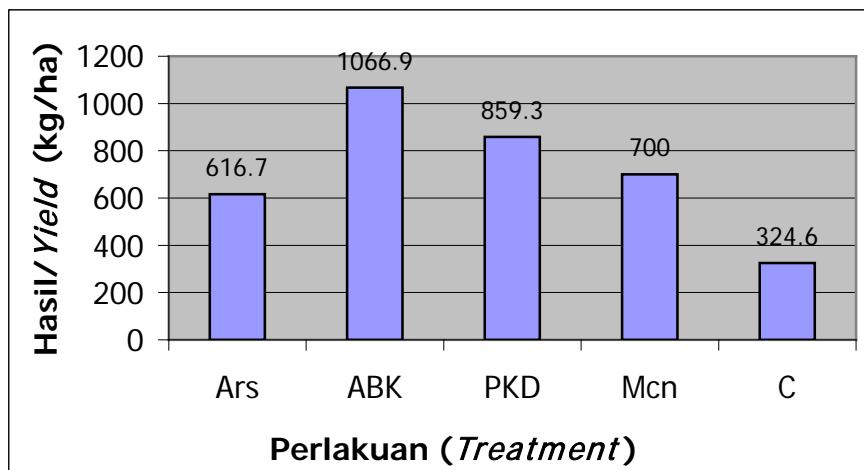
Jika dikaitkan antara produksi jagung dan kacang panjang dengan mikroba yang terdapat pada petak yang diberi perlakuan arang limbah gergajian batang kelapa, terlihat bahwa pada petak-petak tersebut populasi mikroba penambat N adalah yang tertinggi. Menurut Vogel (1987) dalam Darwo (2003) dalam mereklamasi tanah yang bersifat alkalin (pH tinggi) perlu dicari tanaman yang mampu bersimbiosis dengan mikroorganisme tanah yang mampu memfiksasi nitrogen, seperti tanaman yang termasuk dalam famili leguminosae, dalam penelitian ini adalah kacang panjang dan *Mucuna* sp.

Penggunaan arang untuk memacu pertumbuhan maupun produksi tanaman semusim belum banyak diteliti. Penelitian yang mulai banyak dilakukan adalah pengaruh arang terhadap anakan tanaman keputihan. Siregar *et al.* (2003) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa pem-

berian arang serbuk memberikan pengaruh yang lebih baik daripada arang kayu terhadap pertumbuhan *Shorea leprosula* dan *Pinus merkusii* umur enam bulan, tetapi pengaruh tersebut tidak berlaku untuk *Acacia mangium*.

C. Analisis Biaya-Pendapatan

Hasil penelitian ini sebenarnya diharapkan akan dapat digunakan untuk merehabilitasi lahan-lahan kritis bekas tambang kapur. Namun karena masyarakat pada umumnya menggunakan lahan tersebut untuk usahatani, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan hasil usahatannya, sehingga dapat memberikan keuntungan yang lebih tinggi. Untuk itu, perlu dilakukan analisis biaya-pendapatan dari setiap perlakuan yang diterapkan. Hasil analisis biaya-pendapatan disajikan dalam Tabel 5.



Gambar (Figure) 4. Produksi kacang panjang pada berbagai perlakuan pemberian pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*Vigna sesquipedalis yield at some organic fertilizer treatments on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Tabel (Table) 5. Analisis biaya-pendapatan seluas 1 hektar untuk setiap perlakuan pemberian pupuk organik pada tanah berkapur di Desa Krakitan, Klaten (*Benefit-cost analysis for each organic fertilizer treatment per hectare on lime soil in Krakitan Village, Klaten*)

Perlakuan (Treatment)	Biaya (Cost) (Rp)	Pendapatan (Income) (Rp)	Untung/Profit (+)/Rugi/Lost (-) (Rp)
ARS	7.362.000	6.458.350	-903.650
ABK	7.792.000	8.500.050	+708.050
PKD	5.737.000	7.355.650	+1.618.650
MCN	4.737.000	6.316.700	+1.579.700
C	4.557.000	3.680.600	-876.400

Hasil analisis biaya-pendapatan yang disajikan dalam Tabel 5 tersebut menunjukkan bahwa keuntungan tertinggi diperoleh dari perlakuan PKD (pupuk kandang 5 ton/ha/tahun + brangkas jagung + biomasa *Mucuna* sp.). Walaupun perlakuan pemberian arang limbah gergajian batang kelapa memberikan produksi kering pipil jagung dan kacang tanah tertinggi di antara perlakuan yang dicoba, namun oleh karena biaya pembuatannya lebih mahal daripada *input* pupuk kandang maka keuntungan yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pemberian pupuk kandang. Namun demikian dari sisi perbaikan kondisi lahan yang dilihat dari populasi mikroorganisme tanah, pada perlakuan pemberian arang limbah gergajian batang kelapa populasi bakteri penambat N dan jamur sedikit lebih tinggi daripada perlakuan pemberian pupuk kandang.

IV. KESIMPULAN

1. Semua perlakuan yang dicoba dapat meningkatkan produksi jagung kering pipil dan kacang panjang, akan tetapi hasil yang diperoleh ternyata secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.
2. Di antara perlakuan yang dicoba, pemberian arang limbah gergajian batang kelapa (*Cocos nucifera* Linn) + brangkas jagung (*Zea mays* Linn) + biomasa *Mucuna* sp. memberikan hasil jagung kering pipil dan kacang panjang tertinggi. Perlakuan tersebut juga menyebabkan kandungan populasi bakteri penambat N dan jamur tertinggi.
3. Keuntungan tertinggi dari perlakuan yang dicoba diperoleh dari perlakuan pemberian pupuk kandang + brangkas

jagung (*Zea mays* Linn) + biomasa *Mucuna* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwo. 2003. Respon Pertumbuhan *Khaya anotheca* Dx dan *Acacia crassiparpa* A.Cunn.ex.Benth terhadap Penggunaan Pupuk Endomikoriza, Pupuk Kompos dan Asam Humat pada Lahan Pasca Penambangan Semen. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Hal 80.
- Munawar, A. 1998. Coal-Mint Soil Reclamation and Its Possible Agricultural Uses in Bengkulu. Proceeding Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21 Century : 107-124. University of Lampung, Lampung.
- Purnomo, D.B., L.W. Santoso, dan H. Partono. 1994. Studi Air Tanah Asin dengan Pendekatan Keruangan. Tinjauan Geohidrologi Kasus Daerah Krakitan, Kec. Bayat, Kab. Klaten-Jawa Tengah. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Siregar, C.A., I. Heriansyah and M. Kiyoshi. 2003. Preliminary Study on The Effect of Charcoal Application on The Early Growth of *Acacia mangium*, *Pinus merkusii* and *Shorea leprosula*. Buletin Penelitian Hutan. Edisi Khusus 634:27-40. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Bogor.
- Supriyo, H. and M. Yamato. 2001. The Effect of Charcoal Application on The Growth of Dipterocarps Seedlings. Proceedings of The Seminar on Dipterocarps Reforestation to Restore Environment Through Carbon Sequestration. Yogyakarta, 26-27 September 2001. Page 146-152.