

## KEMAMPUAN *BIOCHAR* MEMEGANG AIR PADA TANAH BERTEKSTUR PASIR

S. Sutono dan N. L. Nurida

*Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar, Kampus Penelitian Pertanian, Cimanggu Bogor*

---

### Abstract

Traditionally biochar is already used for different kinds of people activities such for cooking, cloth ironing. However, utilization of biochar in agriculture is limited only for pot media. Application of biochar in agriculture land is a carbon conservation technology due the long standing capacity in the soil. A laboratory study was conducted at soil physics laboratory of Soil Research Institute, Bogor using sandy soil. A factorial experiment with three factors was applied. The first factor was soil consisting of 20, 30, 40, 50, 60 and 92 percent of sand. The Second factor was three kinds of biochar: rice husk, palm oil, and cocoa skin fruit. The third factor was concentrations of biochar: 0, 10, 20 and 40 t/ha. Water holding capacity was measured by pF ceramic plate (pF1, pF 2, pF 2.54 and pF 4.2). The results indicated that biochar made from cacao skin fruit gave high pore aeration and increased number of water availability followed by made rice husk biochar and palm oil biochar.

*Key words: biochar, soil water holding capacity, sandy soil*

---

### Pendahuluan

Secara tradisional arang (biochar) dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia untuk keperluan memasak dan menyeterika pakaian. Saat ini lebih banyak dimanfaatkan untuk memasak terutama masakan-masakan yang dibakar seperti sate, ikan bakar, ayam bakar, dan lain-lain. Penggunaan arang untuk bidang pertanian belum dikenal secara luas, masih terbatas untuk media tanam dalam pot.

Sejak diketemukan lahan pertanian peninggalan sebuah suku di Amazon Tengah, arang atau *terra preta* menjadi terkenal di kalangan peneliti sebagai salah satu bahan untuk pembenah tanah. Terra preta berarti tanah hitam karena arang dijumpai mencapai kedalaman 60 cm dan kebudayaan ini sudah ada sejak 450 tahun lalu. Arang yang ditanam sebagai

pembenah tanah (*soil amendment*) ke dalam bidang olah lahan pertanian merupakan salah satu teknik konservasi karbon, dan ternyata mampu bertahan tidak terdekomposisi selama 450 tahun.

Konservasi karbon di dalam tanah sangat diperlukan untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika tanah. Bahan-bahan untuk dijadikan arang pun melimpah di sekitar lokasi budidaya pertanian. Bahan tersebut dapat berupa sisa-sisa pertanian seperti batang dan tongkol jagung, ranting-ranting sisa pakan ternak, jerami dan sekam, kulit buah kakao, tempurung kelapa, bahkan batang-batang kayu dan kotoran hewan. Bahan-bahan yang sulit dan sangat sulit didekomposisi sangat cocok untuk dijadikan arang melalui proses pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) sehingga diperoleh arang yang

mengandung karbon untuk diaplikasikan ke dalam tanah. Keuntungan lain penggunaan bahan pembenah dalam bentuk arang adalah mengurangi laju emisi CO<sub>2</sub> dan meningkatkan karbon sink dalam tanah.

Penambahan arang ke lahan pertanian memberikan keuntungan karena (1) berpengaruh terhadap ketersediaan hara, retensi hara dan retensi air, sulit didegradasi mikroorganisme tanah (Glaser *et al.* 2002), menciptakan habitat yang baik bagi mikroorganisma simbiotik (Ogawa, 1994), memperbaiki pertumbuhan jagung dan kedelai (Igarashi, 2002), meningkatkan efisiensi N pada tanaman gandum (Steiner *et al.*, 2008).

Hasil penelitian Nurida *et al.* (2009) pembakaran tempurung kelapa, kulit buah kakao, tempurung kelapa sawit dan sekam padi untuk dijadikan arang berkualitas memerlukan lama pembakaran berbeda. Melalui proses pembakaran tidak sempurna (pirolisis) dengan lama pembakaran 1 jam (tempurung kelapa sawit) dan 3,5 jam (sekam padi, tempurung kelapa dan kulit buah kakao), jumlah arang yang dihasilkan sekitar 18,0-53,5%. Arang tempurung kelapa dan sawit hasil pembakaran selama 1 jam meretensi air paling tinggi. Berdasarkan sifat fisik dan kimia arang yang dihasilkan, kualitas arang terbaik diperoleh dari bahan kulit buah kakao, tempurung kelapa sawit, dan sekam padi dengan lama pembakaran 3.5 jam. Hasil ini belum diaplikasikan ke dalam tanah, sehingga perlu ditelaah lebih dalam pengaruhnya terhadap kemampuan memegang air pada tekstur dengan jumlah fraksi pasir berbeda.

Tujuan penelitian adalah (1) mencari jenis arang yang paling baik untuk tanah-tanah yang mempunyai fraksi pasir berbeda, (2) menetapkan dosis arang (*biochar*) yang paling mampu memegang air.

## Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Balai Penelitian Tanah, Jalan Raya Sindangbarang No. 62 Bogor pada bulan Maret dan April 2012. Alat yang digunakan untuk penelitian adalah *pF curve determination apparatus* untuk mendeterminasi kadar air pada pF tertentu, timbangan analitik untuk menentukan bobot basah dan kering contoh tanah, oven untuk mengeringkan contoh. Pasir talings bekas penambangan timah dicampur dengan liat lateritik berasal dari Bogor, tekstur dari kedua jenis bahan tersebut disajikan pada Tabel 1. Arang yang digunakan adalah arang sekam, arang tempurung sawit, dan arang kulit buah kakao.

Tabel 1. Tekstur pasir tailing dan liat lateritik untuk percobaan kemampuan tanah memegang air

	Pasir tailing	Liat lateritik
Fraksi pasir (sand)	92,0	1,0
Fraksi debu (silt)	5,5	48,0
Fraksi liat (clay)	2,5	51,0

### Metode penetapan pF, bobot isi dan berat jenis

Metode yang dipakai untuk menetapkan kapasitas memegang air dari tanah dengan fraksi pasir berbeda berdasarkan kepada hasil kerja *pF curve determination apparatus* pada pF 1, pF 2, pF 2,54 dan pF 4,2. Nilai pF adalah logaritma dari tinggi tekanan air, sehingga pF 1 setara dengan tekanan 10 cm air, pF 2 = tekanan 100 cm air, pF 3 = tekanan 1/3 atmosfer dan pF 4,2 = tekanan 15 atmosfer. Pemberian tekanan diarahkan untuk mengeluarkan air dari dalam matrik tanah. Setelah diberikan tekanan selama 48 jam kemudian ditetapkan kadar airnya. Penetapan kadar air menggunakan metode gravimetri, tanah basah ditimbang kemudian dioven pada suhu 105°C setelah

beratnya tetap ditimbang lagi untuk kemudian dihitung kadar airnya berdasarkan berat isi yang sudah ditetapkan.

Pasir *tailing* dan liat lateritik dicampur untuk memperoleh persen pasir yang telah ditetapkan, yaitu mengandung fraksi pasir 20%, 30%, 40%, 50%, 60% sedangkan media dengan 92% pasir adalah bahan alami. Pencampuran berdasarkan kepada bobot kering dari masing-masing bahan, sehingga diperoleh persen fraksi pasir yang diinginkan. Tekstur buatan inilah yang digunakan dalam penelitian.

Dalam menetapkan bobot isi (*bulk density*), campuran pasir dan liat lateritik dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian diketuk sampai volumenya tetap dan

ditimbang untuk mengetahui bobotnya. Setelah ditimbang ditetapkan kadar airnya, sehingga bobot isi dari campuran pasir dan liat lateritik dapat dihitung. Jadi nilai bobot isinya merupakan bobot isi campuran pasir dan liat saja belum ditambahkan arang. Penetapan berat jenis (*particle density*) dilakukan setelah campuran pasir dan liat lateritik ditambah arang sesuai dengan perlakuan yang dicobakan.

#### *Perlakuan*

Perlakuan yang dicobakan terdiri atas persen fraksi pasir, jenis dan dosis arang disajikan pada Tabel 2. Perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 540 media yang ditetapkan kapasitas memegang air.

Tabel 2. Perlakuan yang dicobakan untuk analisis kadar air dan pF

Fraksi pasir	Jenis arang	Dosis arang (t/ha)		
P20 = 20% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
P30 = 30% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
P40 = 40% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
P50 = 50% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
P60 = 60% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
P92 = 92% fraksi pasir	TA = Tanpa arang	D0 = 0		
	AS = Arang sekam	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AT = Arang tempurung sawit	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40
	AK = Arang kulit buah kakao	D10 = 10	D20 = 20	D40 = 40

## Hasil dan Pembahasan

### *Berat isi, berat jenis dan ruang pori total*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi pasir berbanding lurus dengan peningkatan bobot isi dan berat jenis, tetapi berbanding terbalik dengan ruang pori total. Fraksi pasir merupakan butiran masif dan padat mempunyai

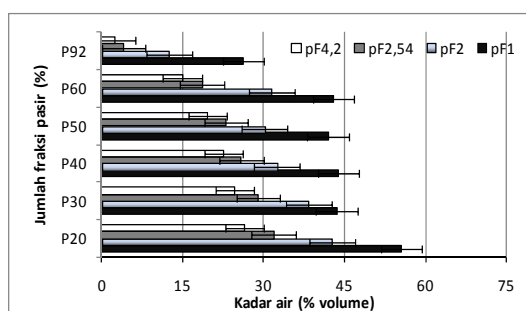
jumlah ruang pori sedikit, demikian halnya ruang pori yang dapat diisi air pun jumlahnya sedikit. Hal inilah yang menyebabkan bobot isi menjadi lebih berat, sehingga makin banyak fraksi pasirnya makin tinggi bobot isi dan berat jenisnya (Tabel 3).

Tabel 3. Rataan bobot isi, berat jenis dan ruang pori total pada tanah dengan jumlah fraksi pasir berbeda.

Fraksi pasir	Bobot isi (g/cc)	Berat jenis (g/cc)	Ruang pori total (% vol)
P20	1,03	2,39	56,80
P30	1,10	2,42	54,37
P40	1,12	2,43	53,79
P50	1,16	2,48	53,18
P60	1,22	2,50	51,21
P92	1,71	2,55	32,85

### *Kemampuan menyimpan air*

Tanah dengan fraksi pasir 20% mampu menyerap air dan sekaligus menyimpannya lebih baik dibandingkan dengan tanah fraksi pasirnya lebih banyak. Tanah dengan fraksi pasir 92% paling rendah kemampuannya menyerap dan menyimpan air (Gambar 1 dan Tabel 4).



Gambar 1. Kadar air tanah bertekstur pasir pada pF, pF 2, pF 2,54 dan pF 4,2

Pasir merupakan butiran yang masif dan padat sulit ditembus oleh air, sehingga air menempati rongga-rongga diantara butiran pasir. Menurunkan jumlah pasir dengan meningkatkan kadar liat mengubah kemampuan tanah menyerap dan menyimpan air.

Arang tempurung kelapa lebih mampu menyerap air dibandingkan dengan arang dari kulit kakao, sekam dan tanpa arang (Gambar 2). Tanah dengan fraksi pasir sampai dengan 92% hanya mampu menyerap air sampai dengan 30% volume sedangkan arang sekam 35% volume, arang kakao 45% vol dan arang tempurung mencapai 55% vol.

Kemampuan menyerap air ini tidak diimbangi dengan kemampuan menyimpannya, karena arang tempurung kelapa cepat sekali kehilangan air.

Tabel 4. Kadar air tanah pF 1, pF 2, pF 2,54 dan pF 4,2 pada tanah pasir yang diberi dosis arang berbeda

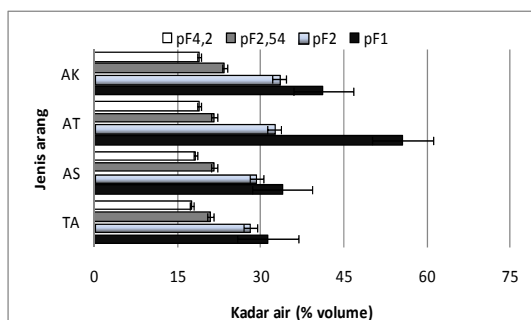
Dosis arang	pF 1	pF 2	pF 2,54	pF 4,2	pF 1	pF 2	pF 2,54	pF 4,2
	% volume							
	20% pasir				50% pasir			
TA	39,81	35,30	31,44	24,56	27,26	25,05	22,16	19,27
AS D10	41,40	35,92	32,03	26,15	27,73	24,95	22,48	20,20
AS D20	39,78	35,18	31,09	26,48	26,91	23,03	22,04	18,73
AS D40	40,31	34,93	31,09	25,83	45,49	42,22	21,06	17,95
AT D10	61,25	49,56	32,04	27,35	60,67	28,44	22,92	21,28
AT D20	58,32	49,66	31,79	26,37	59,95	29,04	22,70	19,79
AT D40	57,29	46,18	31,92	27,35	55,79	28,58	22,27	19,78
AK D10	69,07	43,75	32,27	26,37	37,06	30,90	24,16	20,42
AK D20	71,02	46,42	32,27	27,02	38,02	35,34	24,37	20,31
AK D40	76,47	49,39	33,34	27,80	40,82	34,57	25,97	18,63
30% pasir				60% pasir				
TA	32,35	29,21	26,79	22,62	43,95	37,72	17,11	14,73
AS D10	31,86	27,93	25,44	21,96	38,48	34,20	21,57	17,58
AS D20	33,21	31,61	28,28	24,67	39,78	34,84	17,32	13,92
AS D40	35,38	32,72	29,21	25,22	40,54	36,90	18,71	14,53
AT D10	54,20	44,20	28,51	25,67	55,85	27,88	17,02	14,73
AT D20	56,17	44,24	28,86	23,68	54,14	29,27	17,53	14,33
AT D40	52,89	44,93	29,45	24,67	53,96	24,59	17,22	14,83
AK D10	45,12	42,23	30,06	24,67	33,12	26,70	19,69	14,32
AK D20	46,10	42,37	30,65	26,11	36,81	33,04	19,03	15,03
AK D40	48,20	43,81	32,96	27,14	32,93	29,18	21,24	15,75
40% pasir				92% pasir				
TA	30,91	26,90	24,75	21,60	13,29	13,96	3,38	1,84
AS D10	31,39	27,94	25,31	23,00	25,01	14,50	3,73	2,31
AS D20	29,95	26,80	24,86	22,35	24,44	16,41	4,45	3,02
AS D40	29,71	27,13	24,64	20,88	28,33	17,70	4,33	2,32
AT D10	65,44	38,06	25,77	23,66	42,39	8,89	3,73	2,55
AT D20	63,96	33,39	25,44	24,00	41,36	11,58	3,61	2,55
AT D40	63,23	34,27	24,98	23,11	43,47	10,28	3,61	2,31
AK D10	38,19	35,68	26,67	21,72	13,70	10,58	4,45	3,37
AK D20	42,61	36,22	27,25	21,83	15,41	11,59	3,73	2,43
AK D40	43,40	38,89	28,88	23,21	14,49	9,38	5,29	2,66

Keterangan: TA = tanpa arang, AS = arang sekam, AT = arang tempurung kelapa, AK = arang kulit buah kakao, D10 = 10 t/ha, D20 = 20 t/ha dan D40 = 40 t/ha

Kadar air 55% volume pada pF1 turun menjadi 32% volume pada pF 2. Arang sekam dan arang kakao lebih lama dalam menyimpan air, ia mampu menyimpan air lebih banyak walaupun telah ditekan pada pF 2. Arang kulit buah kakao lebih mampu menyimpan air dibandingkan dengan arang sekam dan arang tempurung kelapa

(Gambar 2). Arang tempurung sawit mampu menyerap air sampai > 50% volume, tetapi kemampuannya mempertahankan air tetap berada pada pori-pori arang lebih rendah dibandingkan dengan arang kulit buah kakao. Dalam gambar dapat dilihat bahwa kadar air pada pF 2, 2,54 dan 4,2 lebih rendah

dibandingkan dengan pada arang kulit buah kakao.



Gambar 2. Kadar air tanah berpasir diberi arang pada pF, pF 2, pF 2,54 dan pF 4,2

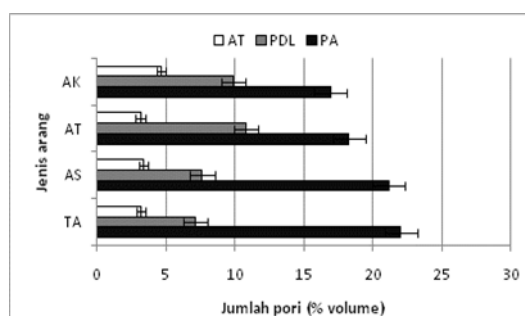
#### Distribusi pori

Ukuran pori tanah dapat diduga menggunakan kadar air dan kurva pF, berdasarkan nilai pF maka diameter pori pada pF 1 adalah  $28,6\mu$ - $296\mu$ , pada pF 2 ( $8,6\mu$ - $28,6\mu$ ), pada pF 2,54 ( $0,2\mu$ - $8,6\mu$ ), dan pada pF 4,2 berukuran  $\leq 0,2\mu$ . Air yang berada pada pori-pori berukuran  $0,2\mu$ - $8,6\mu$  adalah kadar air terpenting karena air inilah yang berperan dalam menumbuhkembangkan tanaman. Kadar air tersebut dikenal sebagai air tersedia bagi tanaman. Air yang mengisi pori air tersedia disuplai oleh air yang berasal dari pori drainase lambat, sedangkan air yang berada pada pori aerasi lebih untuk memenuhi evaporasi.

Berdasarkan jenis arang yang diberikan ke dalam tanah bertekstur pasir, maka tanah yang tidak diberi arang mempunyai pori aerasi atau pori drainase cepat paling tinggi (22% volume) diikuti oleh tanah yang diberi arang sekam (21% volume), diberi arang tempurung kelapa sawit (18% volume) dan arang kulit buah kakao (17% volume) (Gambar 3).

Jumlah pori aerasi yang tinggi tidak diiukti oleh jumlah air tersedia yang tinggi, tetapi terjadi sebaliknya makin tinggi pori aerasi makin rendah pori air tersedia. Bagi lahan pertanian jenis pori yang berperan

penting selain pori air tersedia adalah pori drainase cepat atau pori aerasi. Pertukaran air dengan udara terjadi pada pori aerasi, makin tinggi jumlah pori aerasi makin besar peluang untuk kehilangan air melalui evaporasi. Arang terbaik untuk menurunkan jumlah pori aerasi adalah arang kulit buah kakao dan arang tempurung kelapa sawit, sedangkan arang sekam tidak nyata menurunkan pori aerasi. Jumlah pori pori drainase cepat dan pori air tersedia pada tanah tanpa diberi arang, dengan kandungan pasir 92% paling rendah dibandingkan dengan tanah pasir yang diberi arang sekam < arang tempurung kelapa sawit < arang kulit buah kakao. Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kadar air tanah pada tanah bertekstur pasir dapat digunakan arang kulit buah kakao dan arang tempurung kelapa sawit.



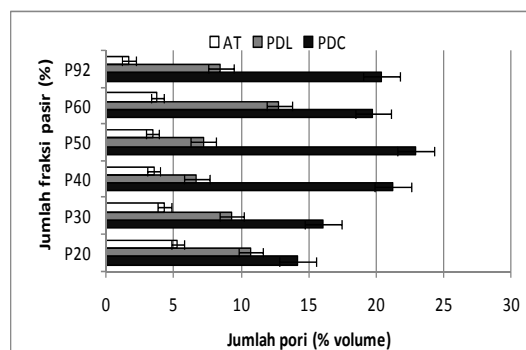
Gambar 3. Distribusi ruang pori pada tanah yang mendapat perlakuan jenis arang berbeda.

Dosis arang yang digunakan pun berpengaruh terhadap jumlah pori pada tanah bertekstur pasir. Penggunaan dosis 40 t arang/ha pada tanah dengan tekstur pasir 20-40% tidak menyebabkan perbedaan jumlah pori air tersedia, tetapi pada tanah dengan tekstur pasir 50% penggunaan arang kulit buah kakao sangat nyata meningkatkan pori air tersedia. Pori air tersedia pada tanah berpasir 50% dengan dosis 10 t arang kulit buah kakao/ha adalah 3,7% vol, pada 20 t/ha = 4,0% dan pada 40 t/ha = 7,3%.

Memperhatikan angka tersebut maka arang kulit buah kakao lebih mampu menyerap dan menyimpan air di dalam bidang olah tanah. Penggunaan arang kulit buah kakao meningkatkan pori aerasi pada tanah bertekstur pasir 92% dan arang tempurung kelapa sawit pada tanah bertekstur pasir 60%.

Untuk meningkatkan jumlah pori air tersedia sebaiknya digunakan arang kulit buah kakao, dengan dosis 20 t/ha atau lebih karena mampu meningkatkan pori air tersedia. Semua jenis arang pada dosis 10, 20, 40 t/ha tidak mampu meningkatkan jumlah pori air tersedia pada tanah dengan tekstur pasir 92%. Tanah dengan tekstur pasir 30% merupakan tanah yang ideal karena mempunyai jumlah pori aerasi, drainase cepat, dan air tersedia yang paling

seimbang dibandingkan dengan tanah yang mempunyai fraksi pasir lebih rendah atau lebih tinggi (Gambar 4 dan Tabel 5).



Gambar 4. Distribusi ruang pori pada tanah yang mempunyai tekstur pasir berbeda

Tabel 5. Distribusi pori pada tanah bertekstur pasir yang diberi dosis arang berbeda

Dosis arang	PA	PDL	AT	PA	PDL	AT	PA	PDL	AT
	% volume								
	20% pasir			50% pasir			30% pasir		
TA	20,38	3,86	5,64	29,75	2,89	2,89	26,34	2,42	3,51
AS D10	18,80	3,89	5,88	30,65	2,48	2,28	20,03	2,49	3,47
AS D20	22,33	4,08	4,61	31,25	1,00	3,31	23,96	3,33	3,61
AS D40	20,96	3,84	5,26	8,45	21,16	3,11	21,28	3,50	3,99
AT D10	8,94	17,53	4,68	19,81	5,52	1,98	9,93	15,69	2,84
AT D20	8,11	17,87	5,43	25,11	6,35	3,24	11,26	15,37	5,18
AT D40	11,03	14,26	4,56	25,16	6,31	2,48	9,59	15,48	4,78
AK D10	13,43	11,48	5,90	22,58	6,74	3,74	12,89	12,17	5,39
AK D20	12,01	14,15	5,25	18,65	10,97	4,06	14,11	11,72	4,54
AK D40	5,77	16,04	5,55	18,29	8,59	7,34	11,04	10,85	5,82
	60% pasir			40% pasir			92% pasir		
TA	7,26	20,61	2,38	28,09	2,15	3,15	20,38	10,59	1,53
AS D10	19,43	12,63	3,99	28,00	2,63	2,31	20,64	10,77	1,42
AS D20	18,32	17,52	3,40	26,76	1,94	2,51	9,52	11,96	1,43
AS D40	15,95	18,19	4,18	26,96	2,49	3,76	17,29	13,37	2,01
AT D10	24,98	10,86	2,95	18,74	12,29	2,44	18,71	5,16	1,85
AT D20	22,87	11,74	3,20	22,50	7,95	2,44	23,02	7,97	1,73
AT D40	28,20	7,37	2,72	17,27	9,29	2,53	23,19	6,67	1,63
AK D10	25,52	7,01	5,37	20,44	9,01	4,95	23,31	6,13	1,07
AK D20	19,10	14,00	4,00	15,31	8,97	5,42	22,31	7,86	1,29
AK D40	16,20	7,94	5,49	8,56	10,01	5,66	25,25	4,09	2,63

Keterangan: TA = tanpa arang, AS = arang sekam, AT = arang tempurung kelapa, AK = arang kulit buah kakao, D10 = 10 t/ha, D20 = 20 t/ha dan D40 = 40 t/ha

### **Kesimpulan**

Arang yang dibuat dari kulit buah kakao lebih mampu mempertahankan kandungan air di dalam tanah bertekstur pasir dibandingkan dengan arang tempurung kelapa sawit dan arang sekam. Jumlah pori aerasi pada tanah bertekstur pasir yang diberi arang kulit buah kakao paling tinggi diikuti oleh arang tempurung kelapa sawit dan arang sekam. Arang kulit buah kakao sangat nyata meningkatkan pori air tersedia pada tanah bertekstur pasir 50% sampai 92%. Tanah yang mempunyai keseimbangan jumlah pori aerasi dengan pori drainase cepat dan pori air tersedia adalah tanah dengan tekstur pasir 30%.

### **Daftar Pustaka**

- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils* 35:219-230,
- Igarashi, T. 2002. Handbook for soil amendment of tropical soil, Association for International Cooperation of Agriculture and Forestry p 127-134.
- Nurida, N.L., Dariah, A. dan Rachman, A.. 2008. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. Prosiding Seminar Nasional dan dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Tahun 2008. Hal 209-215.
- Ogawa M. 1994. Symbiosis of people and nature in the tropics. III. Tropical agriculture using charcoal. *Farming Japan* 28: 21-35.
- Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Blum, W.E.H. and Zech, W. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 893-899.