

Teknologi Biopori Berkompos Guna Memperbaiki Kualitas Tanah di Kebun Kopi

Atiqah Aulia Hanuf*, Soemarno

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: atiqahaulia6@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi biopori berkompos merupakan lubang resapan air yang diharapkan juga dapat memperbaiki kualitas tanah bagi pertumbuhan akar tanaman. Teknologi ini mempunyai potensi yang besar untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menerapkan teknologi biopori berkompos yang sesuai untuk kualitas tanah di kebun kopi. Aplikasi biopori berkompos ini dibuat menggunakan pipa PVC dengan diameter 10-15 cm dengan kedalaman 30, 60 dan kombinasi 30 dan 60 cm di sekitar pohon kopi produktif. Kompos dimasukkan ke dalam biopori dengan dosis 6,8 kg.pohon⁻¹ untuk kompos kulit kopi dan 6,1 kg.pohon⁻¹ untuk kompos kotoran kambing. Rancangan penelitian berupa Rancangan Acak Kelompok terdiri dari tujuh perlakuan dan empat ulangan. Dalam setiap petak penelitian terdapat 15 pohon kopi produktif, tiga pohon ditetapkan sebagai sampel. Pengamatan tanah dan tanaman dilakukan setiap bulan hingga masa panen. Penerapan teknologi biopori berkompos mampu meningkatkan kapasitas air tersedia (KAT) tanah pada kedalaman 0-60 cm, terjadi peningkatan kandungan bahan organik tanah (BOT) dan meningkatkan ketersediaan unsur hara. Dengan adanya perbaikan karakteristik tanah tersebut diharapkan jangka panjangnya dapat memperbaiki pertumbuhan akar kopi, pertumbuhan tajuk kopi, dan akhirnya hasil buah dan biji kopi.

Kata kunci : Teknologi Biopori Berkompos, Kualitas Tanah

PENDAHULUAN

Kopi merupakan komoditas penting perkebunan yang memiliki potensi pasar besar baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Menurut *International Coffee Organization* (ICO) konsumsi kopi meningkat dari tahun ke tahun sehingga peningkatan produksi kopi di Indonesia memiliki peluang besar untuk mengeksport kopi ke negara-negara pengonsumsi kopi utama dunia seperti Uni Eropa, Amerika Serikat dan Jepang. Produksi total kopi di Indonesia sebesar 713,93 ribu ton cenderung turun 7,1% dari tahun 2017. Jumlah ekspor kopi tahun 2017 sebesar 467,80 ribu ton, namun pada tahun 2018 turun menjadi 279,96 ribu ton dengan total nilai US\$ 815,93 juta (BPS, 2018).

Rendahnya kesuburan tanah, perubahan iklim dan pengelolaan menjadi alasan terkendalanya peningkatan produksi kopi. Perubahan iklim dapat mempengaruhi lebih dari 80% penurunan produksi kopi (Nur, 2000; DaMatta dan Ramalho, 2006; Chemura *et al.*, 2017). Pengelolaan yang cenderung intensif dengan mengandalkan bahan-bahan anorganik menjadikan bahan organik tanah menurun. Bahan organik berpengaruh pada ketersediaan hara dan air sehingga akan berpengaruh langsung pada produktivitas kopi (Prasad dan Power, 1997; Hartemink, 2003; Pujiyanto, 2011; Lazcano *et al.*, 2012).

Bahan organik mampu meningkatkan total porositas, meningkatkan kemampuan hidrolik tanah, mengurangi erosi dan menurunkan berat isi tanah (Khaleel *et al.*, 1981; Tester, 1990; Felton, 1995; Aggelides dan Londra, 2000; Bazzoffi *et al.*, 1998). Kulit kopi, produk sampingan dari pemrosesan kopi, adalah salah satu residu organik yang dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman kopi. Mengubah produk sampingan ini menjadi pupuk organik yang dapat digunakan membutuhkan penguraian melalui pengomposan yang terbukti berhasil dalam berbagai penelitian. Tanaman kopi yang kebutuhan air dan hara tersedia optimal dapat meningkatkan produksinya dan kualitas kopi (Bierhuizen *et al.*, 1969; DaMatta dan Ramalho, 2006; Dias *et al.*, 2007; Masarirambi *et al.*, 2009; Kutywayo *et al.*, 2010; Chemura *et al.*, 2014; Tesfaye *et al.*, 2015; Bote, dan Vos, 2017; Solomon, 2006, dalam Dawid, 2018).

Teknologi biopori berkompos memiliki potensi besar sebagai salah satu teknologi pengelolaan tanah untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air dan kesuburan tanah di lahan-lahan pertanian dan

perkebunan (Volkmar, 1996; Wuest, 2001; Hirth *et al.*, 2005; Gląb *et al.*, 2009; Athmann *et al.*, 2013; Gaiser *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2015; Kautz, 2015). Biopori dapat memasukkan lebih banyak air hujan (Widiya, 2017), dapat meningkatkan resapan air hujan (Anggraeni *et al.*, 2013; Permatasari, 2015) dan infiltrasi air hujan (Léonard *et al.*, 2004; Dohnal *et al.*, 2009; Widiya, 2017; Santosa, 2018). Fungsi-fungsi biopori berkompos yang lain seperti pengontrol kebutuhan air tanaman, memperbaiki karakteristik tanah dan kualitas tanah bagi tanaman perkebunan masih belum banyak diteliti. Sehingga perlu adanya penelitian lanjutan agar didapatkan desain yang optimal biopori-berkompos di kebun kopi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PTPN XII Kebun Bangelan, Kabupaten Malang pada September-Desember 2019. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia dan Fisika tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan tersebut meliputi P1 (Tanpa Biopori), P2 (Biopori kedalaman 30 cm + kompos pupuk kambing), P3 (Biopori kedalaman 30 cm + kompos kulit kopi), P4 (Biopori kedalaman 60 cm + kompos pupuk kambing), P5 (Biopori kedalaman 60 cm + kompos kulit kopi), P6 (Biopori kedalaman 30 cm dan 60 cm + kompos pupuk kambing) dan P7 (Biopori kedalaman 30 dan 60 cm + kompos kulit kopi).

Pembuatan biopori dilakukan dengan menggunakan bor biopori diameter 10-15 cm. Selanjutnya menyiapkan pipa PVC dengan diameter 10-15 cm. Kemudian, dilubangi pinggirnya secara zigzag agar perakaran tanaman dapat masuk kedalamnya. Paralon dimasukkan kedalam lubang biopori yang sudah disiapkan sebelumnya. Bahan-bahan masukan untuk biopori yaitu kompos limbah kulit kopi dan kompos pupuk kandang kambing dimasukkan dalam lubang biopori sesuai dosis. Dosis untuk kompos kotoran kambing 6,1 kg/pohon; dan untuk kulit kopi sebesar 6,8 kg/pohon. Pupuk ditanamkan ke biopori dan diberikan 1x selama tahap pertama penelitian. Pengamatan dilakukan setiap 1 bulan sekali selama 3 bulan. Pengamatan dilakukan pada 3 kedalaman yaitu 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm.

HASIL

Berat Isi dan Porositas

Berat isi adalah perbandingan berat tanah kering dengan satuan volume tanah yang termasuk volume pori-pori tanah. Berdasarkan hasil analisis awal didapatkan berat isi tanah dengan kategori mampat hingga sangat mampat (Hillel, 1998; Widiyanto, 2006). Hasil analisis awal dan akhir ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Berat Isi dan Porositas

P	K (cm)	BI (g.cm ⁻³)	Awal(*)	Akhir(*)	Porositas (%)	Awal (*)	Akhir (*)
P1	0-20	1,47	ST	R	34,21	B	P
	20-40	1,34	T	R	45,89	S	P
	40-60	1,33	T	R	46,02	S	P
P2	0-20	1,39	T	R	40,24	S	P
	20-40	1,41	ST	R	40,30	S	P
	40-60	1,35	T	R	47,48	S	P
P3	0-20	1,42	ST	R	41,91	S	P
	20-40	1,42	ST	R	42,24	S	P
	40-60	1,37	T	R	40,63	S	P
P4	0-20	1,38	T	R	41,87	S	P
	20-40	1,34	T	R	45,14	S	P
	40-60	1,36	T	R	42,37	S	P
P5	0-20	1,41	ST	R	42,43	S	P
	20-40	1,35	T	R	42,86	S	P
	40-60	1,37	T	R	43,21	S	P
P6	0-20	1,39	T	R	46,04	S	P
	20-40	1,45	ST	R	40,40	S	P
	40-60	1,32	T	R	48,23	S	P
P7	0-20	1,41	ST	R	42,10	S	P
	20-40	1,34	T	R	48,84	S	P
	40-60	1,29	T	R	45,90	S	P

Ket: S: sedang; T: tinggi; ST: sangat tinggi; B: buruk; P: porus

(*) : berdasarkan Sutanto (2005) dan Widiyanto (2006)

Kadar Air Tersedia

Kadar air tanah menunjukkan jumlah air yang terkandung di dalam tanah yang biasanya dinyatakan sebagai perbandingan massa air terhadap massa tanah kering atau perbandingan volume air terhadap volume tanah total. Dimensi kadar air tanah dapat dinyatakan persentase dari massa tanah (basis kering) atau persentase volume (volumetrik) (Hillel, 1998). Hasil analisis terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis pF dan Kadar Air Tersedia

P	K (cm)	pF 2,5 (cm ³ .cm ⁻³)	pF 4,2 (cm ³ .cm ⁻³)	KAT Awal	KAT Akhir (*)
P1	0-20	51,34	26,85	24,49	24,49
	20-40	51,62	23,97	27,65	27,65
	40-60	56,45	31,29	25,16	25,16
P2	0-20	49,32	28,09	21,23	27,60
	20-40	51,54	27,24	24,30	31,59
	40-60	53,29	26,84	26,44	34,38
P3	0-20	51,07	25,04	26,03	33,84
	20-40	54,91	30,45	24,46	31,80
	40-60	52,84	31,42	21,42	27,85
P4	0-20	50,51	27,86	22,65	29,44
	20-40	53,79	26,92	26,87	34,94
	40-60	52,98	31,68	21,30	27,69

P5	0-20	49,85	29,15	20,70	26,91
	20-40	55,39	27,49	27,90	36,27
	40-60	55,74	34,82	20,92	27,19
P6	0-20	48,29	32,35	15,93	25,49
	20-40	61,50	32,35	29,15	46,63
	40-60	53,69	33,18	20,51	32,81
P7	0-20	50,36	29,54	20,82	33,31
	20-40	56,27	26,89	29,38	47,01
	40-60	51,85	32,10	19,74	31,59

Ket: KAT: Kapasitas Air Tersedia

Bahan Organik dan pH

Bahan organik merupakan suatu bahan yang mampu memperbaiki status hara, meningkatkan retensi air, memperbaiki kesehatan tanah dan meningkatkan aktivitas organisme tanah sehingga dapat memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah (Lazcano *et al.*, 2012). Hasil analisis bahan organik dan pH disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Bahan Organik Tanah dan pH

P	K (cm)	C-org	Awal(*)	Akhir(*)	pH	Awal(*)	Akhir(*)
P1	0-20	1,73	R	T	5,26	M	AM-N
	20-40	1,67	R	T	5,25	M	AM-N
	40-60	1,67	R	T	5,24	M	AM-N
P2	0-20	1,80	R	T	4,98	M	AM-N
	20-40	1,08	R	T	5,03	M	AM-N
	40-60	1,25	R	T	5,15	M	AM-N
P3	0-20	1,89	R	T	5,03	M	AM-N
	20-40	1,22	R	T	5,09	M	AM-N
	40-60	0,97	SR	T	5,25	M	AM-N
P4	0-20	1,92	R	T	5,08	M	AM-N
	20-40	1,22	R	T	5,19	M	AM-N
	40-60	0,75	SR	T	5,24	M	AM-N
P5	0-20	1,67	R	T	5,11	M	AM-N
	20-40	1,04	R	T	5,22	M	AM-N
	40-60	1,22	R	T	5,26	M	AM-N
P6	0-20	1,62	R	T	5,10	M	AM-N
	20-40	1,25	R	T	5,16	M	AM-N
	40-60	1,17	R	T	5,14	M	AM-N
P7	0-20	1,84	R	T	5,05	M	AM-N
	20-40	1,29	R	T	5,13	M	AM-N
	40-60	1,39	R	T	5,18	M	AM-N

Ket: SR: Sangat Rendah; R: Rendah; T: Tinggi; M: Masam; AM: Agak Masam; N: Netral
 (*): Balittanah (2009)

PEMBAHASAN

Kualitas Tanah

Kualitas tanah merupakan satu dari tiga komponen kualitas lingkungan selain air dan udara (Andrews *et al.*, 2002). Kualitas tanah didefinisikan sebagai kapasitas tanah dalam mendukung fungsi-fungsi dalam ekosistem guna keberlanjutan lingkungan, produktivitas biologi, meningkatkan kesehatan tanaman dan hewan (Doran dan Parkin, 1996). Secara spesifik guna melindungi daerah aliran sungai dengan cara meningkatkan infiltrasi, melindungi agar tidak terjadi pencemaran baik dari bahan industri ataupun limbah pertanian.

Tantangan dalam pertanian saat ini dapat berupa erosi, pemadatan tanah, kehilangan biodiversitas dan menurunnya bahan organik. Hal ini terjadi karena *soil-based ecosystem services* atau manfaat yang manusia dapatkan dari ekosistem cenderung menurun sehingga tanah tidak bisa melakukan fungsinya dengan optimal. Misalnya menurunnya kandungan C-organik terjadi karena jumlah organisme tanah menurun sehingga proses dekomposisi terhambat (Kibblewhite *et al.*, 2008). Penelitian kualitas tanah banyak dipusatkan pada penurunan bahan organik, pH, peningkatan berat isi, kapasitas penyimpanan air, kerapatan cacing tanah (Bunemann *et al.*, 2018).

Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas

Berdasarkan hasil analisis awal didapat bahwa berat isi tanah tergolong dari tinggi hingga sangat tinggi. Menurut Negroet *et al.*, (2018) berat isi mempengaruhi pengelolaan tanahnya. Tanah yang ideal merupakan tanah yang mampu menyediakan air dan menahan air untuk kebutuhan tanaman, menyediakan pori yang cukup untuk penetrasi akar, unsur hara tanah yang cukup (Chaudhari *et al.*, 2013). Berat isi menjadi indikator penting yang mempengaruhi kondisi fisika tanah dan kimia tanah. Besar kecilnya berat isi dipengaruhi oleh bahan organik, porositas dan tekstur tanah. Adanya intensifikasi pertanian seperti penggunaan pupuk anorganik menjadikan berat isi meningkat (Negroet *et al.*, 2018). Berat isi merupakan petunjuk kepadatan tanah dimana semakin padat suatu tanah, maka makin tinggi berat isinya sehingga aerasi dan persebaran air terhambat (Chaudhari *et al.*, 2013). Hardjowigeno (2007) pun menyatakan hal yang sama yaitu berat isi dapat cepat berubah karena pengolahan tanah dan praktek budidaya. Berat isi berdampak langsung pada porositas.

Berdasarkan hasil analisis awal, porositas di lokasi penelitian menunjukkan hasil sedang hingga buruk. Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang dapat ditempati oleh udara dan air, serta merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah. Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi jika kandungan bahan organik tinggi (Hardjowigeno 2007). Hal ini dikarenakan ruang pori total yang mungkin rendah tetapi mempunyai proporsi yang besar dimana disusun oleh komposisi pori-pori yang besar dan efisien dalam pergerakan udara dan air. Selanjutnya proporsi volume yang terisi pada tanah menyebabkan kapasitas menahan air menjadi rendah, dimana kandungan tekstur halus memiliki ruang pori lebih banyak dan disusun oleh pori-pori kecil karena proporsinya relatif besar (Hanafiah 2005).

Pada penelitian ini, pengelolaan tanah dengan biopori menunjukkan ada perbaikan berat isi tanah dan porositas. Biopori berkompos memberikan dampak penambahan bahan organik tanah sehingga aktivitas organisme tanah meningkat. Bahan organik tanah berkorelasi kuat dengan penurunan bobot isi tanah (Morisada *et al.*, 2004; Leifeld *et al.*, 2005; Chaudhari *et al.*, 2013). Perbaikan pada bobot isi dan porositas tanah dapat meningkatkan fungsi tanah lainnya, seperti kapasitas tanah mengalirkan air, aerasi dan unsur hara tanah.

Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis awal menunjukkan hasil kadar air yang cenderung rendah. Ketersediaan air secara langsung mempengaruhi kondisi tanaman (Sutor *et al.*, 2002) seperti proses fotosintesis dan produktivitas. Kadar air mempengaruhi berbagai sifat tanah seperti kepadatan tanah, porositas, konsistensi (Hillel, 1998), infiltrasi, dan aktivitas organisme (Korenkova dan Urik, 2012).

Setelah dilakukan perlakuan biopori berkompos didapatkan kadar air meningkat sekitar 40-60%. Pada P6 dan P7 yaitu biopori kedalaman gabungan (30 dan 60cm) didapatkan hasil paling tinggi. Penggunaan biopori gabungan diharapkan dapat memperbaiki ketersediaan lengas tanah (air tanah) di zone *topsoil* dan *subsoil*. Hasil-hasil penelitian membuktikan bahwa kandungan bahan organik tanah berkaitan erat dengan air tersedia dalam tanah (Hudson, 1994; Ouattara *et al.*, 2006; Mulumba dan Lal, 2008; Ankenbauer dan Loheide, 2017; Eden *et al.*, 2017; Minasny dan McBratney, 2018).

Bahan Organik dan pH

Berdasarkan hasil pengukuran bahan organik menunjukkan hasil pada kategori sangat rendah hingga rendah pada keseluruhan plot penelitian. Pengukuran awal pH menunjukkan hasil masam pada keseluruhan plot penelitian. Hal ini dipengaruhi oleh manajemen di lahan kebun kopi yang sangat sedikit memasukkan bahan organik ke dalam tanah di kebun kopi dan masih mengandalkan aplikasi pupuk anorganik.

Perlakuan biopori-berkompos, pada jangka panjang diharapkan dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan lebih menyeimbangkan pH tanah. Hasil-hasil penelitian yang dilakukan di berbagai lokasi membuktikan bahwa aplikasi bahan organik ke dalam tanah berpengaruh langsung pada penurunan bobot isi tanah, meningkatnya porositas tanah, penyediaan unsur hara tersedia dan peningkatan air tersedia dalam tanah (Metzger dan Yaron, 1987; Barral *et al.*, 1998; Franzluebbers, 2002; Dexter *et al.*, 2008; Głęb dan Kulig, 2008; Zhuang *et al.*, 2008; Papadopoulos *et al.*, 2009; Chaudhari *et al.*, 2013).

SIMPULAN

Penerapan teknologi biopori berkompos mampu menurunkan berat isi, meningkatkan porositas tanah, meningkatkan kapasitas air tersedia (KAT) tanah pada kedalaman 0-60 cm, terjadi peningkatan kandungan bahan organik tanah (BOT) dan meningkatkan ketersediaan unsur hara. Perbaikan sifat-sifat tanah meliputi sifat fisika dan kimia tanah tersebut diharapkan dapat memperbaiki pertumbuhan akar kopi, pertumbuhan tajuk kopi, dan hasil buah dan biji kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada pihak-pihak di dalam Hibah Profesor dan Doktor Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya sehingga penelitian ini bisa terlaksana dengan baik dan menghasilkan teknologi yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggelides S.M. and Londra P.A., 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Biores.Technol.*, 71(3): 253-259
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. and Mitchell, J.P. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90: 25–45.
- Anggraeni, M., Gunawan, P., Septiana, H., & Ayu, W. (2013). The Effectiveness of Bio-pore as an Alternative Eco drainage Technology to Control Flooding in Malang City (Case Study: Metro Sub-Watershed). *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 3(2) 23-28.
- Ankenbauer, K.J. and Loheide, S.P. 2017. The effects of soil organic matter on soil water retention and plant water use in a meadow of the Sierra Nevada, CA. *Hydrological processes*, 31(4): 891-901.
- Athmann, M., Kautz, T., Pude, R. and Köpke, U. 2013. Root growth in biopores—evaluation with in situ endoscopy. *Plant and soil*, 371(1-2): 179-190.
- Barral, M. T., Arias, M., and Guerif, J. 1998. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. *Soil and Tillage Research*, 46(3-4): 261-272.
- Bazzoffi B., Pellegrini S., Rocchini A., Morandi M., and Grasselli O., 1998. Effect of urban refuse compost and different tractor tires on soil physical properties, soil erosion and maize yield. *Soil Till. Res.*, 48(4): 275-286
- Bierhuizen, J. F., Nunes, M. A., and Ploegman, C. 1969. Studies On Productivity Of Coffee: II—Effect Of Soil Moisture On Photosynthesis And Transpiration Of *Coffea Arabica*. *Acta Botanica Neerlandica*, 18(2): 367-374.
- Bote, A.D. and Vos, J. 2017. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 83: 39-46.
- BPS. 2018. Statistik Kopi Indonesia. Katalog 5504006. Badan Pusat Statistika.
- Bunemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Rachel, E., Gerlinde, D., Ron, D., Luuk, F., Violette, G., Thom, W., Paul, M., Mirjam, P., Wijnand, S., Jan, W., Lijbert, B. 2018. Soil Quality – A Critical Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105-125.
- Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., and Maity, S. 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2): 1-8.
- Chaudhari, P.R., Ahire, D.V., Vidya, D.A., Manab, C., Saroj, M. 2013. Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil. *International Journal of Scientific and Research Publications* 3(2): 1-8.
- Chemura, A., Mahoya, C., Chidoko, P., and Kutwayo, D. 2014. Effect of soil moisture deficit stress on biomass accumulation of four coffee (*Coffea arabica*) varieties in Zimbabwe. *ISRN Agronomy*, Vol. 2014, Article ID 767312, 10 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/767312>
- Chemura, A., Mutanga, O. and Dube, T. 2017. Remote sensing leaf water stress in coffee (*Coffea arabica*) using secondary effects of water absorption and random forests. *Phys. Chem. Earth*, 100: 317–324.

-
- DaMatta, F.M. and Ramalho, J.D.C. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1): 55-81.
- David, J. 2018. Organic Fertilizers Requirement of Coffee (*Coffea Arabica* L) Review. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 4(7): 11-18.
- Dexter, A. R., Richard, G., Arrouays, D., Czyż, E. A., Jolivet, C., and Duval, O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma*, 144(3-4): 620-627.
- Dias, P.C., Araujo, W.L., Moraes, G.A.B.K., Barros, R.S. and DaMatta, F.M. 2007. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. *Journal of Plant Physiology*, 164(12): 1639–1647.
- Dohnal, M., Dušek, J., Vogel, T., Císlerová, M., Lichner, Ľ., and Štekauerová, V. 2009. Pondered infiltration into soil with biopores—field experiment and modeling. *Biologia*, 64(3): 580-584.
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America*, 25–37.
- Eden, M., Gerke, H. H., and Houot, S. 2017. Organic waste recycling in agriculture and related effects on soil water retention and plant available water: a review. *Agronomy for sustainable development*, 37(2): 11-19
- Felton G.K., 1995. Temporal variation of soil hydraulic properties on municipal solid waste amended mine soils. *Trans. ASAE*, 38: 775-782.
- Franzluebbers, A. J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66(2): 197-205
- Gaiser, T., Perkons, U., Küpper P.M. and Kautz, T. 2013. Modeling biopore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced sub-soil clay accumulation. *Ecol. Model*, 256: 6–15.
- Głąb, T., and Kulig, B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil and Tillage Research*, 99(2): 169-178.
- Głąb, T., Kacorzyk, P., and Zaleski, T. 2009. Effect of land management in mountainous regions on physical quality of sandy loam Haplic Cambisol soil. *Geoderma*, 149(3-4): 298-304.
- Han, E., Kautz, T., Perkons, U., Uteau, D., Peth, S., Huang, N., Horn, R. and Köpke, U. 2015. Root growth dynamics inside and outside of soil biopores as affected by crop sequence determined with the profile wall method. *Biology and fertility of soils*, 51(7): 847-856.
- Hardjowigeno, S. 2007. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Hartemink, A.E. 2003. *Soil Fertility Decline in the Tropics—With Case Studies on Plantations*. ISRIC-CABI Publishing, Wallingford.
- Hillel D. 1998. *Environmental Soil Physics*, 771 pp. Academic Press, London.

-
- Hirth, J.R., McKenzie B.M., and Tisdall J.M. 2005. Ability of seedling roots of *Lolium perenne* L. to penetrate soil from artificial biopores is modified by soil bulk density, biopore angle and biopore relief. *Plant Soil*, 272:327–336.
- Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(2): 189-194.
- Kautz, T. 2015. Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(4): 318-327.
- Khaleel R., Reddy K.R., and Overcash M.R., 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: A review. *J. Environ. Qual.*, (10): 133-141.
- Kibblewhite, M.G., Ritz, K. and Swift, M.J. 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: biological Sciences*, 363: 685–701.
- Korenkova, L. and Urik, M. 2012. Soil moisture and its effect on bulk density and porosity of intact aggregates of three Mollic soils. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 82 (2): 172–176
- Kutywayo, D., Chingwara, V., Mahoya, C., Chemura, A., and Masaka, J. 2010. The effect of different levels of irrigation water and nitrogen fertilizer on vegetative growth components and yield of coffee in Zimbabwe. *Journal of Science and Technology MSU*, 2: 45-54.
- Lazcano, C., Gomez-Brandon, M., Revilla, P. and Dominguez, J. 2012. Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function: A field study with sweet corn. *Biol Fertil Soils*, 49. <http://doi.org/10.1007/s00374-012-0761-7>.
- Leifeld, J., Bassin, S. and Fuhrer, J. 2005. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agr. Ecosyst. Environ* 105, 255–266.
- Léonard, J., Perrier, E., and Rajot, J. L. 2004. Biological macropores effect on runoff and infiltration: a combined experimental and modelling approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(2): 277-285.
- Masarirambi, M. T., Chingwara, V., and Shongwe, V. D. 2009. The effect of irrigation on synchronization of coffee (*Coffea arabica* L.) flowering and berry ripening at Chipinge, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34(13-16): 786-789.
- Metzger, L., and Yaron, B. 1987. Influence of sludge organic matter on soil physical properties. In *Advances in soil science* (pp. 141-163). Springer, New York, NY.
- Minasny, B. and McBratney, A.B. 2018. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European journal of soil science*, 69(1): 39-47.
- Morisada, K., Ono, K. and Kanomata, H. 2004. Organic carbon stock in forest soils in Japan. *Geoderma*, 119: 21-32.
- Mulumba, L. N., and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 98(1): 106-111.
- Negro, S.R.L., Pereira, D.S., Rafael, M., Flavio, C.D., Christiane, F.O. 2018 Correlations of soybean yield with soil porosity and bulk density of an Oxisol. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, 48(4): 476-485

-
- Nur, A.M. 2000. Dampak La Nina terhadap produksi kopi Robusta.Studi kasus tahun basah Studi kasus tahun basah 1998. *WartaPuslitkoka*, 16(1): 50–58.
- Ouattara, K., Ouattara, B., Assa, A., and Sédogo, P.M. 2006. Long-term effect of ploughing, and organic matter input on soil moisture characteristics of a Ferric Lixisol in Burkina Faso. *Soil and Tillage Research*, 88(1-2): 217-224.
- Papadopoulos, A., Bird, N. R. A., Whitmore, A. P. and Mooney, S.J. 2009. Investigating the effects of organic and conventional management on soil aggregate stability using X-ray computed tomography. *European Journal of Soil Science*, 60(3): 360-368.
- Permatasari, L. 2015. Biopore Infiltration Hole: "One Day For Biopore" As An Alternative Prevent Flood. *International Journal of Advances In Science Engineering and Technology*, 3(2): 6-9.
- Prasad, R. and Power, J.F. 1997. *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. New York: John Wiley dan Sons.384 hal.
- Pujiyanto, P. 2011. Use of sub-surface soil water in Robusta coffee field through organic matter wicks. *Pelita Perkebunan*, 27(3): 191–203.
- Santosa, S. 2018. Effect of Fruits Waste in Biopore Infiltration Hole Toward The Effectiveness of Water Infiltration Rate on Baraya Campus Land of Hasanuddin University. The 2nd International Conference on Science (ICOS): *Journal of Physics: Conf. Series*, 979: 1-5.
- Šútor J, Štekauerová V and Majerèák J. 2002. Climate changes andwater regime of soil aeration zone in Slovakia lowlands. *ActaHydrologica Slovaca* 3: 145–54.
- Tesfaye, S. G., Ismail, M. R., Ramlan, M. F., Marziah, M., Kausar, H., and Hakim, M. A. 2015. Effect of water deficiency on growth and dry matter yield of selected in Robusta coffee (*Coffea canephora*) clones in Malaysia. *Journal of Environmental Biology*, 36(5): 1239.
- Tester C.F., 1990. Organic amendment effects on physical andchemical properties of a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 827-832.
- Volkmar,K.M. 1996. Effects of biopores on the growth and N-uptake of wheat at three levels of soil moisture. *Can. J. Soil Sci.*, 76:453–458.
- Widianto, 2006. *Panduan Praktikum Pengantar Fisika Tanah Jurusan Tanah FPUB*. Universeitas Brawijaya.
- Widiya, M. and Krisnawati,Y. 2017. Perbandingan Efektifitas Laju Resapan Air berdasarkan Variasi dan Umur Sampah dalam Teknologi Resapan Biopori. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal “Pengembangan Ilmu dan Teknologi Pertanian Bersama Petani Lokal untuk Optimalisasi Lahan Suboptimal”: p.489-496.
- Wuest S.B. 2001. Soil biopore estimation: effects of tillage, nitrogen, and photographic resolution. *Soil Tillage Res.*, 62: 111–116.
- Zhuang, J., McCarthy, J. F., Perfect, E., Mayer, L. M., and Jastrow, J. D. 2008. Soil water hysteresis in water-stable microaggregates as affected by organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 72(1): 212-220